

Научные школы
Института ВЛ
психологии /J
РАН



Российская академия наук
Институт психологии

Математическая психология: Школа В. Ю. Крылова

Под редакцией

*А. Л. Журавлева, Т. Н.
Савченко, Г. М.
Головиной*



Издательство
«Институт психологии РАН»
Москва – 2010

УДК 159.9
ББК 88 М
34

Ответственные редакторы:

член-корр. РАН *А. Л. Журавлев*, кандидат
психологических наук, доцент *Т. Н. Савченко*, кандидат
психологических наук, доцент *Г. М. Головина*

М 34 Математическая психология: Школа В. Ю. Крылова / Под ред. А. Л. Журавлева, Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010. – 512 с. (Научные школы Института психологии РАН)

ISBN 978-5-9270-0154-5
159.9

УДК

ББК 88

Предлагаемая коллективная монография продолжает серию, посвященную научным школам, сложившимся в Институте психологии РАН.

Она посвящена истории, современному состоянию и перспективам развития математической психологии.

Каждый раздел монографии начинается с главы В. Ю. Крылова, описывающей результаты, ранее опубликованные в различных научных журналах или сборниках, последующие главы посвящены методологии современных исследований, подходам, моделям и методам математической психологии. Тем самым мы хотели показать преемственность развития математической психологии в России.

Книга является не только научным исследованием, но и дает представление об истории развития математической психологии.

Книга предназначена для методологов науки, психологов, педагогов, специалистов, работающих в области инженерной и математической психологии.

*Издание подготовлено при финансовой поддержке РГНФ,
грант № 08-06-14053г*

© Учреждение Российской академии наук Институт психологии РАН, 2010

ISBN 978-5-9270-0154-5

Содержание

Содержание	5
Предисловие	9
<i>В. А. Барабанчиков.</i> Введение. Психология и математика	11

РАЗДЕЛ I МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ

<i>В. Ю. Крылов.</i> Психосинергетика как возможная новая парадигма психологической науки	17
<i>Т. Н. Савченко.</i> История развития российской математической психологии и перспективы ее развития	25
<i>Г. Г. Малинецкий.</i> Самоорганизация, психология, искусственный интеллект. Открытые проблемы	51
<i>Н. Н. Нечаев.</i> Моделирование и творчество: Методологические аспекты психологического исследования проектной деятельности	79
<i>В. Г. Редько.</i> О моделировании эволюционного происхождения способностей к научному познанию	97
<i>В. Б. Тарасов.</i> Развитие синергетического подхода в психологии и искусственном интеллекте: новые горизонты математической психологии	117
<i>В. Н. Носуленко.</i> О проблеме моделирования в психологическом исследовании	157

РАЗДЕЛ II ИЗМЕРЕНИЯ В ПСИХОЛОГИИ

<i>В. Ю. Крылов, Т. В. Острякова.</i> Математические методы обработки данных в психологических исследованиях: новые методы кластерного анализа на основе психологической теории развития понятий Л. С. Выготского	179
<i>Г. М. Голвина.</i> Мягкие вычисления и нечеткие шкалы	188
<i>И. С. Кострикина.</i> Методы нечеткой логики и кластерного анализа как основа прогностического моделирования в когнитивных исследованиях	195
<i>И. В. Блиникова.</i> Методы прямого и непрямого шкалирования в исследованиях пространственных представлений	210
<i>В. Б. Рябов.</i> Гуманитарный подход к измерению и анализу информации в психологическом исследовании как направление исследований в математической психологии	224
<i>В. А. Толочек, В. Г. Денисова.</i> Квазиизмерения в психологии: содержание, потенциал, перспективы	234
<i>В. А. Толочек, А. В. Толочек, Н. И. Журавлева.</i> Квазиизмерения как инструмент оценки профессионализма субъекта	242
<i>В. Е. Дубровский, О. В. Лови.</i> Оценка достоверности психофизических измерений	249

<i>А. П. Калуцкая, В. Б. Тарасов.</i> Теория лингвистических переменных, нечеткая логика, гранулированные и мягкие вычисления: шаги на пути к психологической математике	261
<i>Е. О. Лазебная, М. Е. Зеленова.</i> Субъективная оценка посттравматических стрессовых нарушений у лиц опасных профессий	279
<i>Н. Б. Горюнова.</i> Источники дисперсии, лежащие в основе взаимосвязей между интеллектуальными и личностными конструктами	289
<i>А. Н. Лебедев, Э. Г. Мартиросов, Д. А. Абрамов, Ю. В. Бусова, Т. И. Литвинова, Т. Ф. Романова, М. М. Семенов.</i> Личностные предикторы профессиональной направленности	296
<i>В. П. Морозов.</i> Применение методов математической психологии в исследовании вокального искусства	311

РАЗДЕЛ III МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПСИХИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

<i>В. Ю. Крылов, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий.</i> Психология и синергетика 323 <i>О. В. Митина.</i> Информационное общество как самоорганизующаяся система: Анализ медийно-коммуникативного взаимодействия методами синергетики	342
<i>А. В. Жегалло.</i> Синергетический компьютер Хакена как способ формального описания динамики восприятия экспрессий лица	362
<i>Б. Б. Величковский.</i> Исследование устойчивости к стрессу методами конфирматорного факторного анализа	373
<i>Ч. А. Измайлов, И. В. Едренкин.</i> Различение бимодальных стимулов зрительной системой человека	390
<i>Д. В. Сочивко.</i> Психодинамическая модель «эмоционально-волевого двигателя» в человеческом поведении	408
<i>А. С. Баканов.</i> Учет «человеческого фактора» при моделировании состязаний	420

РАЗДЕЛ IV МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

<i>В. Ю. Крылов, А. В. Дрынков, Т. Н. Савченко.</i> Математические модели принятия решений	427
<i>В. Ю. Крылов, А. Ю. Казанцева.</i> Модель рефлексивного поведения В. А. Лефевра: частные случаи, варианты аксиоматики, возможные обобщения	437
<i>Г. М. Головина.</i> Автомат Крылова и модели игр в размещении	449
<i>Л. В. Иванова, Т. Н. Савченко, Д. В. Сочивко.</i> Моделирование функциональной структуры личности в ситуации принятия решения	456
<i>В. М. Шендяпин.</i> Использование теории обнаружения сигнала для разработки модели уверенности при решении сенсорных задач 471 <i>В. М. Русалов.</i> О надежности метода парных сравнений при имплицитной самоидентификации личностных свойств	482

**РАЗДЕЛ V ВОСПОМИНАНИЯ О
ВЛАДИМИРЕ ЮРЬЕВИЧЕ КРЫЛОВЕ**

<i>А. Л. Журавлев.</i> Истоки авторитета В. Ю. Крылова в научном коллективе	493
<i>Т. Н. Савченко.</i> Крылов – основатель российской школы математической психологии	499
<i>А. В. Брушлинский, С. С. Бубнова.</i> Человек и мастер	502
<i>Г. М. Головина.</i> Мой руководитель	506
<i>А. Н. Лукьянов.</i> Что помнится о былом	508

«Научный коллектив, лаборатория, отдел, школа должны быть семьей, только тогда что-нибудь получится»

В. Ю. Крылов

Предисловие

Эта книга является достойным продолжением серии монографических изданий «Научные школы Института психологии РАН» и посвящена развитию естественнонаучного направления психологической науки – математической психологии.

Основателем математической психологии как отрасли психологической науки в России является один из наиболее ярких исследователей Института психологии РАН – Владимир Юрьевич Крылов. Всю свою жизнь, связанную с наукой, он руководствовался принципом, что «лучший подарок исследователю – поставить перед ним глубокую, интересную задачу». В. Ю. Крылов начал работать над квантово-полевой проблематикой и теорией конечных автоматов в Институте прикладной математики АН СССР в составе научной школы И. М. Гельфанда, традиции которой были положены в основу отечественной научной школы математической психологии. Основная цель его прихода в Институт психологии АН СССР (РАН) – формирование математической психологии: вначале как самостоятельного научного направления в Институте, а затем – как специальной отрасли в структуре отечественной психологической науки. Научная школа В. Ю. Крылова не ограничивалась рамками лаборатории, созданной им в Институте психологии РАН. Многочисленные междисциплинарные научные семинары, конференции, проводившиеся в разные периоды лабораторией математической психологии, сформировали широкий круг последователей и теперь уже представителей школы в различных смежных областях научного знания.

Ярким свидетельством междисциплинарного мышления В. Ю. Крылова может служить то, что он был инициатором работ, в которых намечались контуры синергетической парадигмы в психологии. Это направление впоследствии объединило умы психологов, математиков, физиков, философов, в результате чего появилось множество работ, воплотивших и развивших идеи В. Ю. Крылова.

В данной коллективной монографии предпринята попытка представить научные направления, разработанные В. Ю. Крыловым, и их современное состояние и развитие в трудах его учеников и последователей. Книга состоит из разделов, соответствующих основным направлениям математической психологии: методологии, теории измерения, математическим моделям, моделированию принятия

Предисловие

решения. Отдельный раздел посвящен воспоминаниям о В. Ю. Крылове как ученом, организаторе науки, педагоге и человеке.

Каждый раздел начинается с главы В. Ю. Крылова, описывающей результаты, опубликованные им или в соавторстве в различных научных журналах или сборниках научных трудов. Последующие главы посвящены методологии современных исследований, подходам, моделям и методам математической психологии, разрабатываемым его последователями, учениками или коллегами.

Коллективный труд также знакомит читателя с современным состоянием математической психологии, тенденциями ее развития, новыми эмпирическими и теоретическими методами, результатами, путями практической реализации полученного знания. Книга предназначена для психологов, педагогов, тех, кто работает в области инженерной психологии, психологии труда, математической психологии.

В разделе I – «Методологические основы математической психологии» – рассматриваются основные подходы, методы и понятия современной математической психологии. Показано, что методологической основой современных исследований в математической психологии станет интеграция системного, синергетического подходов и парадигмы активности.

Раздел II – «Измерения в психологии» – посвящен обсуждению тенденций использования новых подходов к психологическому измерению с учетом индивидуальности, личности, конкретной ситуации. Для исследователей становятся важными критерии испытуемого, предложенные им характеристики, самооценка, истинная индивидуальность и т. п.

В разделе III – «Математические модели психической реальности» – предлагаются методы и модели, обеспечивающие реализацию главных принципов, выдвигаемых в разделе I: синергетического подхода, целостности, соответствия и эволюции.

Одной из основных сложностей развития математической психологии как целостного раздела психологической науки является «мозаичность» разрабатываемых моделей.

В этом разделе книги представлены работы различного уровня: методологические, описывающие конкретные модели, а также постановочные, дискуссионные.

Раздел IV – «Математические модели принятия решений». Задаче изучения и моделирования принятия решения при вероятностном выборе было суждено стать одной из тех, с которых начала свое развитие математическая психология. Первые работы были посвящены построению нормативных моделей принятия решения в ситуации вероятностного выбора и других задач. В новых работах представлено множество дескриптивных моделей.

Раздел V – «Воспоминания о Владимире Юрьевиче Крылове».

Представленная книга является наиболее крупным коллективным изданием по математической психологии в России.

*А. Л. Журавлев
Т. Н. Савченко
Г. М. Головина*

Введение Психология и математика

В. А. Барabanщиков

С большим сожалением приходится констатировать, что социальный статус математической психологии в России (в отличие от западных стран и США) остается очень низким. Бурные споры о роли математики в психологии, характерные для 70-х годов, давно сменились индифферентностью, безразличием «по умолчанию». На официальном теоретико-методологическом уровне «царицу наук» вроде бы признают и, по крайней мере, не ругают, на уровне эмпирических исследований – машинально пользуются ее методами, на уровне практической работы с людьми – стараются не замечать. В течение десятилетий (не без влияния педагогов) математика воспринимается студентами-психологами как не очень нужный и нелюбимый предмет. Доля работ по математической психологии в России неуклонно снижается. Кандидатские диссертации можно пересчитать по пальцам, а докторская диссертация В. Ю. Крылова, защищенная им 18 лет назад, остается чуть ли не единственным прорывом в данной области. Показательно, что математическая психология, хорошо развитая за рубежом, не входит в перечень отраслей психологической науки, публикуемых в российских справочных изданиях, включая весьма авторитетный «Большой психологический словарь».

Справедливости ради надо признать, что подобное отношение, пусть и в меньшей степени, сохраняется ко всем психологическим дисциплинам естественнонаучного профиля: к психофизике, к психофизиологии, к экспериментальной психологии познавательных процессов и др. Объем и качество фундаментальных психологических исследований снижается, а отставание российской науки от западной, прежде всего американской, становится все более внушительным.

Причины сложившегося положения известны и лежат не только в экономической плоскости. Принципиально важным событием последних 15–20 лет является изменение места психологии в структуре российского общества и квалификация ее как преимущественно гуманитарной области знания. И в общественном сознании, и в высшей школе психология представляется как наука, которая имеет дело с уникальным опытом жизни человека, требующим не столько объяснений, сколько понимания и, при необходимости, модификации. Поиск закономерностей заменяется описанием проявлений внутреннего мира и его интерпретациями. На подобных представлениях строится собственная практика психологии: психоте-11

рапия, психоанализ, психосинтез, психокоррекция и т. п. В рамках утверждаемого подхода оправданный интерес к личности человека ограничивается ее познанием как целого, преимущественно неэкспериментальными средствами.

Между тем, психология в равной мере опирается как на гуманитарные, так и на естественные науки, а синтез социокультурной и естественнонаучной парадигм признается актуальной, хотя и очень трудной задачей. Математика входит в состав *ключевых средств познания* психики и поведения, раскрывая их с количественной стороны: вводя число и меру. На основе этого знания выстроены современные представления о восприятии, памяти, мышлении, активности человека и организации его внутреннего мира. Вне математики решение ключевых проблем психологии, в том числе и проблем ее социокультурной составляющей, остается принципиально неполным, а в ряде случаев невозможным. Не только общая психология, но и специальные отрасли науки (психофизика, инженерная психология, дифференциальная психология, психогенетика и т. п.) конституируются на основе математизированного знания.

Как показывает история, превращение психологии в научную дисциплину состоялось тогда, когда исследователи научились измерять и оценивать сенсорную чувствительность, объем памяти, время и интенсивность реакций, дозировать величину внешних воздействий и т. п. Грамотное использование процедур обработки данных стало необходимым компонентом экспериментальной работы психолога, условием получения достоверных и надежных фактов о психических явлениях.

Привлечение математики серьезно усиливает теоретический план психологии и ведет к фундаментальным обобщениям. В этой связи нелишне напомнить, что наряду с часто называемой датой рождения научной психологии – 1879 г. (дата открытия экспериментально-психологической лаборатории В. Вундтом), существует и другая, более ранняя: 1860 г., в котором Г. Фехнер опубликовал основной психофизический закон, выведенный им дедуктивным путем на основе эмпирически полученных отношений. И тогда, и сегодня математика оказывается средством построения психологической теории. Имея дело с идеальными моделями психического и опираясь на очень ограниченное число оснований, она позволяет находить объяснение разнокачественным феноменам, а возможно, как в физике, опережать их открытие.

По своей природе математическая психология относится к комплексным образованиям, через которые в психологию проникают количественные методы, модели, оригинальные идеи. Ассимилируя математическое знание, психология теснее связывается с комплексом естественных и технических наук. Это открывает возможность обратного влияния психологии (ее представлений, фактов, зависимостей) на смежные дисциплины. Подобно другим пограничным областям, математическая психология представляет собой узел разнородного знания, который развивается гетерохронно и в разное время оказывает разное влияние на развитие, как самой психологии, так и смежных с ней дисциплин.

Математизация психологической науки проходит три основные этапа. Первый характеризуется применением в психологии стандартных математических методов, которые используются в основном для обработки данных; в результате исследований устанавливаются сравнительно простые количественные зависимости. Второй этап

отличается построением моделей отдельных явлений (например, памяти или обучения) на основе методов и моделей, разработанных в смежных науках. Наконец, третий этап предполагает создание специализированного математического аппарата самой психологии и разработку моделей, учитывающих всю сложность психики: ее многомерность, иерархичность, динамику и развитие. Каждый из этапов опирается на определенный тип знания, выработанного психологической наукой. Если первый тип знания складывается в житейском опыте и описывается поверхностью психических явлений, второй – фиксирует способы практического воздействия исследователя на объект, в результате которого обнаруживается эмпирическая многоаспектность изучаемых явлений, то третий – действенно-преобразующий тип знания (пока лишь намеченный) – позволяет раскрыть внутренние связи и отношения между различными планами и измерениями психического.

Безусловное достоинство математического подхода в психологии состоит в том, что он не ограничивается рамками академических исследований. Универсальность математических методов и моделей содействует реализации психологического знания в общественной практике, а разрабатываемые методы становятся основой процедур диагностики либо воздействия. К числу наиболее значимых сфер приложения математической психологии на сегодняшний день относятся: научение, искусственный интеллект, инженерно-психологическое проектирование, поведение людей в различных обстоятельствах, оценка воспринимаемого качества предметов и событий и др. Существенно, что эта сфера постоянно расширяется, а сама математическая психология приобретает черты профессиональной практической деятельности.

Наконец, нельзя недооценивать культурную и образовательную роль математики. Она воспроизводит нормы и идеалы современной естествознания. Предъявляет жесткие требования к организации эмпирических исследований и построению теорий. Поддерживает и развивает стиль современного научного мышления. Так или иначе, эти предикторы существенны для всей психологии в целом.

Нетрудно заключить, что в структуре научного знания математическая психология объективно занимает уникальное ничем не заменимое место. Ее состояние зависит от уровня развития как психологии, так и математики, а содержание тесно связано с запросами практики.

В силу своего происхождения математическая психология несет в себе междисциплинарное противоречие, которое на отдельных этапах развития науки принимает острые формы. Познавательный крен в сторону математики может вести к гиперболизации ее роли в психологии. При акцентуации уникальности психологического познания значение и возможности математики неоправданно принижаются. Желательный компромисс достигается лишь в совместной работе психологов и математиков, учитывающий специфику каждой из наук. В этом контексте призыв Б. Ф. Ломова к психологам и математикам сохраняет свою актуальность: «Психологам еще нужно научиться ставить задачи перед математикой, а математикам еще предстоит развернуть разработку новых методов, адекватных психологической проблематике».

РАЗДЕЛ I

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ

Психосинергетика как возможная новая парадигма психологической науки

В. Ю. Крылов

Психология и синергетика. Общие свойства нелинейных систем

Развивая системный подход в психологии, Б. Ф. Ломов неоднократно отмечал такие свойства системы психических явлений, как многомерность, нелинейность, иерархическое строение (Ломов, 1975, 1979, 1984).

Многомерность психических явлений в настоящее время достаточно полно может быть изучена методами современного многомерного анализа, включающего, в частности, методы многомерной статистики, кластерный анализ и анализ латентных структур, многомерное шкалирование и другие методы.

Нелинейность психических явлений (и тесно связанная с ней иерархичность строения системы психических явлений) представляет собой гораздо более глубокое свойство психического, которое в настоящее время изучено явно недостаточно. А между тем, если многомерные системы от одномерных или, скажем, двумерных отличаются количественным показателем (размерностью), то нелинейные системы качественно отличны от линейных.

Особенности нелинейных систем, их строения и функционирования изучаются сравнительно молодой наукой – синергетикой. Термин синергетика (дословно – теория совместного действия) введен Г. Хакеном. Он поясняет этот термин следующим образом: «Я назвал новую дисциплину синергетикой. В ней исследуется совместное действие многих подсистем, в результате которого на макроскопическом уровне возникает структура и соответствующее функционирование» (Хакен, 1980, с. 15). Возникновение у целостной системы свойств, которыми не обладает ни одна из ее подсистем, мы будем называть самоорганизацией системы. Таким образом, синергетика – это наука о самоорганизации. Само же явление самоорганизации является характерной чертой развития нелинейных систем.

Выше уже было отмечено качественное отличие линейных и нелинейных систем. Опишем некоторые характерные свойства нелинейных систем, которые качественно отличают их от линейных. Но сначала напомним характерные свойства линейных систем.

Статья напечатана в: Психологический журнал. 1998. № 3.

Во-первых, для линейных систем сила реакции системы пропорциональна силе внешнего воздействия на нее, т. е. если какое-либо воздействие приводит к некоторой реакции системы, то воздействие в несколько раз более сильное приведет к возрастанию реакции во столько же раз.

Во-вторых, реакция на одновременное применение к системе нескольких воздействий равна сумме реакций системы на каждое из этих воздействий. Эти два свойства являются характерными для линейных систем. В сущности, наличие указанных двух свойств и является определением линейности системы. Часто оба эти свойства объединяют вместе. Тогда такое общее свойство линейных систем описывается так: для линейных систем линейной комбинации (суперпозиции) воздействий соответствует линейная комбинация реакций. Линейной комбинацией каких-либо величин называется сумма произведений этих величин на какие-либо числа (коэффициенты линейной комбинации).

Эволюция линейных динамических систем характеризуется тем, что состояние, в котором линейная система находится в настоящий момент, полностью определяет ее будущее. Нелинейные системы по своим свойствам радикально отличаются от линейных. К настоящему времени синергетика накопила большое число моделей нелинейных физических, химических, биологических систем. Изучение этих моделей позволяет перечислить ряд характерных свойств нелинейных систем. Сразу же отметим, что мир нелинейных систем настолько богаче мира линейных систем, что любое перечисление свойств нелинейных систем никогда не будет полным, исчерпывающим. Однако некоторые характерные свойства нелинейных систем, отличающие их от линейных, можно описать уже сейчас.

Одним из главных свойств нелинейных систем является необратимость и многовариантность возможных путей развития нелинейных систем. Типичная ситуация для нелинейных систем выглядит следующим образом. У системы имеется некоторое количество возможных для нее путей развития. Система может развиваться лишь по одному из этих путей. Никакими сколько угодно сильными воздействиями на систему нельзя заставить ее развиваться по каким-либо другим, не свойственным ей путям. С другой стороны, в ходе развития системы имеются такие моменты (ситуации неустойчивости), в которые сколько угодно слабое воздействие на систему может радикально изменить путь ее развития, сменив один возможный для системы путь развития на другой, также возможный для нее. Вблизи такого момента развития системы (так называемой точки бифуркации) похожим состояниям системы могут отвечать совершенно различные пути дальнейшего развития. В этом смысле будущее развитие нелинейной системы вблизи таких точек определяется не предысторией, а тем, на какой путь развития попадет система в ближайшем будущем. Другими словами, дальнейшая эволюция (развитие) системы определяется тем, куда ведет ее тот путь, на который она попадет, т. е. эволюция системы определяется ее будущим, а не прошлым.

Различные возможные для нелинейной системы варианты будущего называются в синергетике аттракторами (притягивающими множествами траекторий развития данной системы). Наличие аттракторов делает развитие системы предсказуемым. Если мы знаем, что система находится на пути развития, притягивающемся к данному аттрактору, то мы можем предсказать ее будущее. Естественно,

что такой тип развития системы носит принципиально необратимый характер. С другой стороны, такой тип развития нелинейных систем допускает следующую возможность управления развитием, не имеющую аналога в случае управления линейными системами: а именно из сказанного выше об эволюции нелинейных систем следует, что под управлением нелинейной системой следует понимать ее перевод с одного возможного для нее пути развития на другой. Для этого нужно воздействовать на систему в момент, когда она находится в состоянии неустойчивости (вблизи точки бифуркации), причем организовать воздействие топологически очень точное, а именно такое, которое переведет систему на желаемый путь, возможный для нее. При этом такое воздействие может быть чрезвычайно слабым, но, будучи очень точным, приведет к радикальному изменению всей эволюции системы, так как после этого воздействия развитие системы пойдет по другому пути, приводящему к качественно иному будущему состоянию системы, определяемому другим аттрактором.

Базовые модели самоорганизации и психология

Как уже было отмечено, свойства нелинейных систем изучались, в основном, на примере нелинейных физических, химических, биологических систем. Говоря о психологических нелинейных системах, можно предположить, что некоторые из них могут иметь более или менее точные аналоги среди более простых физических, химических или биологических систем. С другой стороны, возможно существование таких особенностей психологических нелинейных систем, которых нет и принципиально не может быть у систем более простой природы.

Из этого замечания следует методический прием изучения нелинейных психологических систем.

Сначала выбирается какая-либо базовая модель синергетики, описывающая эволюцию физической, химической или биологической системы. На основе изучения модели выявляются качественные особенности эволюции данной системы. Далее находится психологическая система, эволюция которой имеет аналогичные особенности. Тогда можно предположить, что исходная базовая модель описывает также и эту психологическую систему, достаточно только интерпретировать переменные величины, входящие в модель, в терминах этой психологической системы.

Проиллюстрируем возможности такого подхода на примерах.

Рассмотрим основные модели динамики популяций, описывающие, в частности, экологическую эволюцию (Николис, Пригожин, 1979).

Рассмотрим сначала простейший случай одного вида в системе.

Пусть $x = x(t)$ – число особей этого вида в момент времени t . Число $x = x(t)$ увеличивается за счет размножения и уменьшается за счет гибели особей, так что скорость изменения числа особей $x = x(t)$ будет равна:

$$\dot{x} = kAx - dx.$$

Здесь k и d – положительные коэффициенты, характеризующие интенсивность размножения и гибели соответственно. Величина A характеризует наличие пищи, являющейся условием процесса размножения. В экологической нише количество пищи A ограничено и можно предположить, что $A + x = N$ является величиной постоянной. Это будет в том случае, когда возвращение пищи в систему происходит

в количестве, равном численности погибших особей. В этом случае мы получаем так называемое уравнение Фергюльста:

$$x = kx(N - x) - dx.$$

Это уравнение описывает логистическую кривую, показывая, что в этом случае в экологической нише устанавливается со временем конечное (ограниченное) количество особей рассматриваемого вида. Если предположить, что количество пищи неограничено, то получается экспоненциальный рост числа особей до бесконечности. Если же пищи не хватает, то численность популяции со временем стремится к нулю, популяция вымирает.

Рассмотрим теперь более сложную задачу существования двух видов в одной экологической нише с ограниченными источниками средств существования. Пусть численность первого вида в момент времени t равна $x_1 = x_1(t)$, а второго $x_2 = x_2(t)$.

Напишем для x_1 и x_2 систему уравнений Фергюльста: $x_1 =$

$$f_1 x_1 [J_1 V_1 - (x_1 + x_2)] - d_1 x_1,$$

$$x_2 = k_2 x_2 [N_2 - (x_1 + x_2)] - d_2 x_2.$$

Заметим, что в этих уравнениях в скобках из N вычитается сумма $(x_1 + x_2)$, что

указывает на тот факт, что оба вида имеют один и тот же источник питания и оба занимают одну и ту же экологическую нишу. Можно показать, что при условии:

$$\frac{f_1}{d_1} > \frac{f_2}{d_2} \quad \frac{N_1}{N_2} > \frac{V_1}{V_2}$$

второй вид, вытесняет полностью первый, при этом $x_1(t)$ стремится к нулю, а $x_2(t)$ - к конечной величине:

$$N = N_2$$

даже если в начальный момент x_1 было близко к нулю (мутант только появился). Заметим, что если $J_1 V_1 = N_2$, то приведенное выше условие вытеснения вторым видом первого приобретает вид:

$$\frac{d_1}{f_1} > \frac{d_2}{f_2}.$$

Это условие содержательно означает, что отношение скорости гибели « d » к скорости рождения « f » у второго вида меньше, что и дает ему преимущество перед первым видом.

Как было сказано, в ряде случаев существуют психологические системы, эволюция которых имеет такой же характер, как систем более простой природы. В этом случае математические модели динамики таких систем будут совпадать. В данном случае с моделью экологической системы, описывающей вытеснение одного вида другим, совпадает модель обучения сложному навыку, в процессе которого происходит последовательная смена стратегий на все более эффективную (Крылов, Курдюмов, Малинецкий, 1975).

Проблема обучения является одной из центральных в психологической науке. Изучение и моделирование процесса обучения было начато в 1885 г. Эббингаузом, впервые описавшим кривую обучения. Именно решение задачи теоретического

вывода кривой обучения явилось первым успехом математической психологии (Аткинсон, Бауэр, Кротерс, 1960). Позднее при исследовании процесса обучения операторов сложным навыкам была отмечена более сложная зависимость эффективности обучения от времени, связанная со сменой стратегий обучения на все более эффективные (Венда, 1980).

Пример кривой обучения сложному навыку компенсаторного слежения приведен в книге В. Ф. Венды (1980). Он показывает, что для каждой последовательно осваиваемой стратегии (способа слежения) можно проследить такие фазы, как начало освоения новой стратегии, быстрое увеличение показателя эффективности слежения, выход на плато и, наконец, переход к последующей стратегии.

Таким образом, в данном случае имеется настолько полная аналогия эволюции рассматриваемых двух систем (экологической и психологической), что они описываются одной и той же математической моделью – системой уравнений Фергюльста.

В качестве второго примера рассмотрим широко известную модель экологической системы, состоящей из хищника и жертвы. Если предположить, что жертва (например, караси) имеет практически неограниченный источник питания (планктон), а хищник (например, щуки) питается только за счет своей жертвы, которая может погибнуть вследствие нападения хищника, то такая система описывается известной системой уравнений Лоттки–Вольтерра:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= kx - sxy, \\ \dot{y} &= sx y - dy. \end{aligned}$$

Здесь $x = x(t)$ – число жертв в момент времени t , а $y = y(t)$ число хищников. Из теории известно, что система уравнений Лоттки–Вольтерра может иметь в качестве решений периодические незатухающие колебания численности $x(t)$ и $y(t)$.

Важно отметить, что нелинейные эффекты в системе хищник–жертва обеспечиваются наличием в каждом уравнении слагаемого, пропорционального произведению $x \cdot y$. Это слагаемое содержит описание результата «взаимодействия» хищника и жертвы. Этот факт наводит на мысль, что подобными уравнениями может в социальной психологии описываться динамика взаимодействующих социальных (или каких-либо других) групп.

Рассмотрим, например, модель миграции населения под влиянием психологических факторов.

Пусть в каком-либо регионе существует тенденция к миграции из этого региона. Обозначим через $y(t)$ число лиц, решивших к моменту времени t покинуть данный регион. Предположим, что эти лица ведут агитацию среди остального населения, убеждая их покинуть регион. Пусть $x(t)$ – число лиц, подвергающихся агитации со стороны y . Предполагая, что как x , так и y составляют малую часть населения региона, легко получить уравнения баланса для x и y , которые будут совпадать с системой уравнений Лоттки–Вольтерра.

В этих уравнениях слагаемые sxy соответствуют акту взаимодействия индивида из y с индивидом из x , приводящему к тому, что доля s индивидов из x в результате такого взаимодействия переходит в категорию y , т. е. принимает решение о миграции. Слагаемое dy во втором уравнении соответствует миграции доли d индивидов из y . Наконец, слагаемое kx отражает вовлечение новых жителей региона в процесс взаимодействия с индивидами из y .

Таким образом, динамика миграции под влиянием психологических факторов описывается системой уравнений Лоттки–Вольтерра, являющейся одной из основных математических моделей синергетики, а значит, решение этой системы должно описывать миграционные эффекты (в частности, наличие так называемых волн миграции).

Приведенные примеры показывают, что нелинейные эффекты в психологических системах, имеющих аналогии в других дисциплинах, в точности описываются соответствующими моделями, взятыми из физики, химии, биологии и др.

Конечно, важнейшей задачей является выявление таких специфических нелинейных психологических систем, которые не имеют (и не могут иметь) аналогов среди систем более простой природы. Изучение таких систем, пожалуй, и должно составить наиболее важную часть нелинейной психологии. Сейчас же отметим только, что примером таких систем являются системы, обладающие развитыми языковыми средствами.

Такие системы сначала строят на своем языке план поведения, а затем уже выполняют его. Такие системы могут обладать развитыми механизмами рефлексии (Прикладная эргономика, 1994).

На пути к новой парадигме психологической науки

Так как большинство психологических систем является нелинейными самоорганизующимися, то целесообразно рассмотреть специальную методологию изучения психологических систем как специфически нелинейных.

Отметим основные особенности нелинейной психологии – нового подхода к изучению психических явлений, ставящего своей главной задачей изучение специфических нелинейных свойств психических явлений.

С самого начала любые психологические системы должны рассматриваться как развивающиеся. Это, в частности, означает, что, изучая состояние системы в какой-либо момент, необходимо фиксировать не только ту часть предыстории развития системы, которая в данный момент оказывает влияние на ее будущее, но также и то, как в настоящем состоянии системы представлено его будущее (ценностные ориентации, идеалы, стремления, интересы, цели и т. д.). Это необходимо иметь в виду, так как выше было отмечено, что одной из особенностей нелинейных систем является тот факт, что будущее может определять поведение системы в настоящем. В отличие от нелинейных систем, в линейных системах будущее состояние полностью определяется предысторией системы и настоящим ее состоянием. Такой линейной парадигме полностью соответствует известная формула бихевиоризма, что стимул полностью определяет реакцию системы (конечно, с учетом настоящего состояния системы).

Далее, изучая развитие психологической системы, необходимо фиксировать моменты времени, в которые она обнаруживает неустойчивость. В такие моменты может происходить и реально происходит радикальная смена системой ее пути развития. В эти моменты даже самые незначительные внешние влияния на систему могут определять дальнейшую ее эволюцию. Так, например, основной постулат астрологической науки, что положение светил в момент рождения человека в зна-22

чительной мере определяет многие его индивидуальные качества, находит в нелинейной парадигме косвенное подтверждение.

Конечно, момент рождения человека – это момент высшей степени неустойчивости всех систем. Поэтому в этот момент даже слабые влияния (в частности, астрологического происхождения) могут сильно влиять на развитие человека в дальнейшем.

Конечно, все сказанное о смене путей развития в точках неустойчивости предполагает многовариантность путей развития системы. В связи с этим важнейшей задачей нелинейного подхода в изучении развития психологических систем является выявление различных возможных для системы путей развития в данных внешних условиях. Метод такого изучения должен радикально отличаться от метода «стимул–реакция», а именно систему необходимо помещать в те или иные естественные для нее внешние условия и наблюдать и фиксировать ее спонтанное поведение в данных условиях. Для изучения возможности управления состояниями системы необходимо научиться создавать состояния неустойчивости (например, типичным состоянием неустойчивости психологической системы является стресс), а затем малыми, но точными воздействиями стараться перевести систему с одного возможного для нее пути развития на другой. Примером таких воздействий, по-видимому, является акупунктура.

Не следует думать, что все, что здесь говорится о принципах изучения нелинейных систем, абсолютно ново для психологической науки. Так, например, в теории жизненного пространства К. Левина был сформулирован ряд положений, перекликающихся с методологией изучения нелинейных систем, развиваемой современной синергетикой. Так, К. Левин писал, что «психологическое прошлое, настоящее и будущее являются частями психологического поля в настоящем. Временная перспектива – это и есть включение будущего и прошлого, реального и идеального плана жизни в план данного момента» (по: Зейгарник, 1981, с. 58).

Изучая специфическое поведение людей, названные им полевым, К. Левин писал, что «у взрослых людей может наступить ситуация, когда возникает „полевое поведение“, когда предметы незначимые, не играющие никакой роли, приобретают побудительный характер. Но для этого должна быть ситуация аффективного напряжения» (по: Зейгарник, 1981, с. 73). Очевидно, что ситуация аффективного напряжения – это один из возможных типов психологической неустойчивости.

Литература

Аткинсон Р., Бауэр Г., Кротерс Э. Введение в математическую теорию обучения.

М., 1960. Ахромеева Т. С, Курдюмов С.П., Малинецкий Г. Г., Самарский А. А.

Нестационарные

структуры и диффузионный хаос. М.: Наука, 1992. Венда В. Ф. Перспективы развития психологической теории обучения операторов //

Психологический журнал. 1980. Т. 1. № 4. С. 48–63. Зейгарник Б. В. Теория личности К. Левина. М.: Изд-во МГУ, 1981. Крылов В. Ю., Курдюмов С.П., Малинецкий Г. Г.

Психология и синергетика. Препринт

№ 41 Института прикладной математики им. М. В. Келдыша. М., 1990.

В. Ю. Крылов

Ломов Б. Ф. О системном подходе в психологии // Вопросы психологии. 1975. № 2. С. 31–45.

Ломов Б. Ф. Системность как принцип математического моделирования и психологии // Вопросы кибернетики. М., 1979. Вып. 50. С. 3–18.

Ломов Б. Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984.

Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация и неравновесных системах. М.: Мир, 1979.

Прикладная эргономика. Специальный выпуск: Рефлексивные процессы. М., 1994. № 1.

Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980.

История российской математической психологии и перспективы ее развития

Т. Н. Савченко

Этапы развития математической психологии

Математическая психология – это научная дисциплина, находящаяся на стыке психологии и математики и направленная на: 1) исследование теоретических вопросов применения математического аппарата в психологии; 2) математическое моделирование сложных систем, обладающих «психическими свойствами»; 3) разработку и применение математических методов.

Впервые термин «математическая психология» был предложен И. Гербартом в 1822 г., позже его ученик М. Дробиш написал книгу «Первоосновы учения о математической психологии». Однако дальнейшее развитие математической психологии получила лишь в 1963 г. уже в США, где появился учебник по математической психологии. Там же была организована первая лаборатория по математической психологии, и стал издаваться журнал «Математическая психология», который является единственным и в настоящее время. В России математическая психология начала развиваться в 1970-х годах, и одним из ее основателей был В. Ю. Крылов (Савченко, Головина, 1999).

В XX в. зарождающаяся неклассическая наука уже не отождествлялась с определенностью и детерминированностью. Это привело к интенсивному развитию новых разделов математики, которые могли описывать различные классы неопределенностей. Применение системного подхода к исследованиям сделало возможным изучение сложных, открытых, динамических, самоорганизующихся систем в рамках синергетической парадигмы: изменения и преобразования различных систем первичны, а структуры, порождаемые ими, носят вторичный характер. Это позволило подойти к моделированию неопределенных, неустойчивых, нелинейных систем – именно к ним и относятся психические системы.

Как и в случае других наук, этот процесс проходил ряд стадий.

Процесс математизации психологии начался практически с момента выделения ее как экспериментальной дисциплины. Применение математических моделей уже на ранних этапах становления психологии неслучайно и является следствием общей тенденции математизации наук.

Первая стадия характеризовалась применением математических методов анализа результатов экспериментального исследования, а также выведением простых

законов (период с конца XIX до начала XX в.); в это время начал использоваться метод факторного анализа, были разработаны различные модификации метода кластерного анализа, был предложен психофизический закон, построена кривая научения, разработаны различные модели поведения с использованием теории автоматов и теории игр и др.

Вторая стадия (период 1940–1950-х годов) была связана с разработкой множества моделей психических процессов и поведения человека с использованием уже известного математического аппарата.

Третий этап (с 1960-х годов по настоящее время) характеризуется выделением математической психологии как отдельной психологической дисциплины, основной целью которой является разработка математического аппарата для моделирования психических процессов и анализа данных психологического эксперимента.

Четвертый этап (еще не наступил), возможно, будет характеризоваться становлением теоретической и отмиранием математической психологии (Леонтьев, 1974).

Часто математическую психологию отождествляют с математическими методами, что является ошибочным. Можно сказать, что математическая психология и математические методы соотносятся друг с другом так же, как психология теоретическая и экспериментальная.

В основе любого математического метода анализа данных лежит теоретическая модель изучаемого процесса или явления (Савченко, 2002).

Проблема математизации психологии широко обсуждалась в 1970-х годах (Крылов, 1999). В частности, в работах того времени, посвященных этой проблеме, высказывалось мнение, что математизация психологии часто является данью моде и что любой результат, формализованный с помощью математического языка, можно изложить на обыкновенном языке без употребления математических терминов и формул. Другая, противоположная точка зрения, заключалась в том, что язык математики – это специфический формализованный язык, что это «язык и логика вместе» и что представление результатов исследования в форме математической модели позволяет легче анализировать проблему, получая возможные следствия из сформулированных утверждений автоматически за счет развитого математического формализма (Крылов, 1989; Савченко, Головина, 1995).

Многие исследователи-психологи, в общем далекие от применения в своей работе математики, тем не менее часто используют некоторые математические термины, такие, как непрерывность, случайность, дискретность, линейность, многомерность, бесконечность, информация и т. д. Хотя в этом случае математические термины применяются на интуитивном уровне, часто соответствующий термин применяется адекватно точному его значению, определенному в математике (Крылов, 1999; Савченко, 2002). В этом случае применение соответствующей математической теории может привести к разработке формализованного метода исследования соответствующей психической реальности. Так, идея многомерного пространства лежит в основе метода многомерного шкалирования, применяющегося для изучения семантических пространств, идея случайности лежит в основе разработки математических моделей обучения, идея сочетания непрерывности и дискретности лежит в основе описания многих психических процессов, например процесса мышления и т. д.

Под математизацией (в узком смысле) психологической науки будем понимать применение формального математического языка для описания психических явлений и процессов. Но возможно и более широкое толкование математизации: как проникновение в психологию естественнонаучных традиций логической строгости, научности мышления исследователя. Психология включает в себя очень большое количество различных специальных психологических дисциплин – от практических методик в психокоррекции до тонких количественных методов исследования в психофизике; от, скажем, методов психоанализа до математических моделей восприятия, на которых основывается конструирование технических устройств распознавания в рамках проблематики построения систем искусственного интеллекта и т. д.

Таким образом, в психологии объективные методы переплетаются с субъективными. И, естественно, там, где преобладают научные методы, с большей пользой применяются точные математические методы. Хотя возможно применение математического моделирования не только для анализа результатов работы, например психоаналитика, но и для прогнозирования (Головина, Крылов, Савченко, 1995).

Так или иначе, если сфера интересов специалиста-психолога не ограничивается частной практикой, и он не собирается сводить свою деятельность исключительно к консультированию или другим видами психологической практики, ему необходимо обладать хотя бы базовым представлением о том, как:

- 1) организовать исследование таким образом, чтобы его результаты были доступны обработке в соответствии с целью исследования;
- 2) правильно выбрать метод исследования;
- 3) содержательно интерпретировать результаты обработки полученных данных (Головина, Савченко, 1984).

Типология математических моделей в психологии

Можно предложить различные основания классификации математических моделей психической реальности. Нас в данном случае интересует классификация по типу используемой математической теории.

Математические модели в психологии, аналогично методам исследования операций, в основном можно разделить на:

- а) детерминированные, в которых используются:
 - теория графов,
 - геометрическое моделирование,
 - логико-математические модели;
- б) стохастические, в которых используются:
 - теория вероятности,
 - теории игр,
 - теории полезности,
 - динамическое программирование (Савченко, Головина, 2003);
- в) синергетические (Handbook, 1973; Арнольд, 1958).

Аналогичное основание можно использовать и для классификации методов анализа данных (как было отмечено выше, в основе любого метода лежит математическая модель изучаемого процесса).

Детерминированные модели в психологии в основном используются при разработке методов анализа данных, для разработки моделей – реже, так как психологическая реальность очень редко может быть описана детерминированными процессами.

В качестве примера детерминированных моделей можно рассмотреть модели Лефевра и их развитие.

Одной из немногих в настоящее время удачной попыткой создания общей модели рефлексивного поведения является формула человека В. А. Лефевра (Лефевр, 1991).

В теории рефлексивных процессов В. А. Лефевра предполагается, что субъект живет в мире, в котором существуют два полюса: позитивный и негативный. Субъекту соответствуют четыре переменные: мера давления мира, склоняющего субъекта выбрать положительный полюс; субъективная оценка давления мира в сторону позитивного полюса; мера интенции субъекта выбрать положительный полюс; мера готовности субъекта выбрать положительный полюс. Теоретической моделью с субъекта является форма линейный оператор $X_1 = f(x_1, x_2, x_3)$. Чтобы определить конкретный вид функции, В. А. Лефевр формулирует три аксиомы.

- 1 Аксиома свободы воли.
- 2 Аксиома незлонамеренности.
- 3 Аксиома доверчивости.

Если функция $f(x_1, x_2, x_3)$ линейна по каждой из переменных и выполнены все аксиомы, то:

$$X_1 = f(x_1, x_2, x_3) = x_1 + x_3 - x_1x_3 - x_2x_3 + x_1x_2x_3.$$

Далее Лефевром были введены различные типы рефлексивных замыканий, которые позволили моделировать с помощью алгебраического аппарата различные ситуации взаимодействия субъекта с миром и субъекта с субъектом. Им было введены понятия рефлексивного управления и управления рефлексивным управлением, т. е. его модель предполагает рефлексю различного уровня. Таким образом, модели, созданные В. А. Лефевром, соответствуют всем требованиям, предъявляемым к развивающимся структурам.

С помощью модели В. А. Лефевра удастся выявить роль золотого сечения в задачах выбора, объяснить различие в результатах психофизических опытов с категориальной и магнитудной стимуляцией. Модели, разрабатываемые Лефевром, вызывали и вызывают большой интерес у многих исследователей, работающих на стыке математики и психологии, однако являются слишком общими и слабо пригодны для решения реальных задач, также Лефевром не проведена работа по соотношению понятийного и категориального аппарата своей теории с соответствующим ему аппаратом в психологической науке.

В. Ю. Крылов (Крылов, 1994) формулирует некоторые аксиомы, приводящие к другим моделям рефлексивного поведения человека, позволяющими моделировать феномены, описанные Э. Берном: исключительность родителя, взрослого, или ребенка, предрассудки, бредовые идеи и т. д.

Моделирование психологических структур и процессов с помощью теории графов и геометрического моделирования также можно отнести к детерминированным моделям. Например, процесс восприятия можно моделировать с помощью субъективных пространств; при разработке теории личности используются модели классификации и пространственные модели на основе реконструирования семантических пространств и т. д. Эти модели строятся с помощью методов многомерного шкалирования и кластерного анализа. Динамика изменения пространств моделируется с помощью регрессионных функций. В этом случае можно сказать, что необходим системный подход к использованию математического аппарата, так как сложность объекта моделирования требует применения методов различного типа в определенном соотношении и взаимосвязи.

Стохастическое моделирование является в психологии основным, так как большинство разработанных моделей основано на понятии случайной величины. Среди методов анализа данных большинство также статистические.

Важным классом стохастических вероятностных моделей являются модели с латентными переменными. Цель их создания состояла в объяснении наблюдаемых переменных и взаимосвязей между ними с помощью латентных переменных.

Эти модели основаны на предположении, что наблюдаемые, измеряемые тестами переменные могут быть объяснены с помощью так называемых латентных, более глубинных переменных, которые мы не можем измерить непосредственно, однако возможно оценить значение латентной переменной с помощью наблюдаемых (косвенно). К методам с использованием латентных переменных относятся конфирматорный и эксплораторный факторный анализ, регрессионный анализ, однофакторный дисперсионный анализ, методы латентных структур, методы кластерного анализа. Н. Макдональдом была выведена обобщенная модель латентных структур, которая объединяет факторный, однофакторный дисперсионный метод, метод многомерного шкалирования, метод латентных классов и др.

При заданном значении наблюдаемых переменных требуется сконструировать множество латентных переменных и подходящую функцию, которая достаточно хорошо аппроксимировала бы наблюдаемые переменные, а в конечном счете – плотность вероятности наблюдаемой переменной.

В основе многих моделей с латентными переменными лежит формула Байеса, которая связывает априорную вероятность с апостериорной.

Общая методология сводится к введению априорной плотности распределения параметров и последующему нахождению их апостериорной плотности распределения по формуле Байеса с учетом экспериментальных данных.

Как уже было отмечено, вероятностные модели составляют самый широкий класс моделей в психологии. Модели такого типа существуют почти во всех ее разделах. Например, в моделях научения есть класс вероятностных моделей, который обобщает общая вероятностная модель процесса научения, имеющая два подмножества гипотез (Chow, Cotton, 1983; Brainerd, 1982). Согласно этой модели, испытуемый выдвигает гипотезу из одного подмножества, и в случае верного решения в следующем испытании гипотеза выдвигается из этого же множества, а в случае неудачи – с вероятностью p происходит выбор одного из двух подмножеств. Эти методы также предполагают анализ процесса в динамике, однако в случае, если

важно состояние системы до и после эксперимента (или взаимодействия), динамика самого процесса изменения не изучается.

Одними из самых первых для описания процесса научения были применены модели, представляющие кривую научения в виде зависимости между качеством решения задачи и количеством повторений. Теория Э. Торндайка трактует процесс научения как дифференциальное подкрепление существующих связей между раздражителями и ответами. Для Т. Халла научение состоит в образовании связей, но эти связи понимаются как устойчивые состояния. Для моделирования состояния были применены конечные автоматы. Под воздействием стимула подкрепления происходит смена состояний, определяющих связи между раздражителями и ответами. Для описания такой структуры были использованы автоматы подкрепления, которые являются частным случаем автоматов состояния. Эти автоматы могут моделировать процесс научения.

Многие исследователи для описания процесса научения используют понятие выдвижения гипотез. Эти модели сходны с моделями, основанными на автоматах подкреплений. Термины «множество состояний» и «множество гипотез» эквивалентны. Для описания процесса перехода из состояния в состояние или смены гипотез часто применяется аппарат Марковских цепей. Существенным недостатком моделей этого класса является то, что они не отражают структуру связей между ситуациями и реакциями на них в процессе научения, не описывают процессов формирования и модификации гипотез.

При моделировании интеллекта в психологии можно выделить следующие подходы: аппарат распознавания образов, который основан на байесовской процедуре, классическом статистическом подходе и новых математических теориях, таких как размытые множества и синергетика.

Теория принятия решений представляет собой набор понятий и семантических методов, позволяющих всесторонне анализировать проблемы принятия решений в условиях неопределенности (более подробно моделирование принятия решений будет рассмотрено в соответствующем разделе).

Можно выделить три основных подхода к построению моделей процесса принятия решения: теорию статистических решений, теорию полезности и теорию игр. Эти теории разрабатывались не для психологии, однако нашли применение в психологической практике. Теория принятия решений моделирует поведение людей, которые, принимая решение, действуют в соответствии с некоторыми аксиомами. В основе теории принятия решений лежит предположение о том, что выбор альтернатив должен определяться двумя факторами:

- 1) представлениями лица, принимающего решение, о вероятностях различных возможных исходов, которые могут иметь место при выборе того или иного варианта решения;
- 2) предпочтениями, отдаваемыми им различным исходам. Первое – субъективная вероятность, второе – ожидаемая полезность.

Основы современной теории полезности были заложены А. Крамером и В. Бернул-ли (1738), которые предположили, что для многих людей полезность богатства

растет с убывающей скоростью по мере его роста. Лишь в 1931 году философ и математик Ф. Рамсей (1964) построил систему аксиом для субъективной ожидаемой полезности.

Модель Л. Сэвиджа для субъективно ожидаемой полезности в настоящее время получила наибольшее признание среди теорий принятия решений.

В теории максимизации принимаются аксиомы, комбинирующие субъективную вероятность и полезность.

Поэтому актуальной задачей математической психологии в данном направлении является создание формальных математических моделей поведения человека в зависимости от его субъективного опыта, личностных характеристик и мотивации. (Савченко, 1990). Важным приложением аппарата теории игр является использование его в экспериментальной психологии в качестве экспериментальной методики изучения поведения в ситуации с непротивоположными интересами (А. Раппопорт, К. Терхън, М. Пилмак, А. Лебедев, Т. Савченко).

Г. В. Корневым (Крылов, 1997; Придворов, 1990) предложена схема выработки решения и приведения его в действие. Решение человека реализуется в выполнении движения, результатом которого является достижение конечной цели. Модель включает в себя классифицирование обстановки, сопоставление ее с определенным психомоторным актом и принятие решения о выполнении движения, которое обеспечивает предвидимое будущее. Принятое решение реализуется через команды, приводящие в действие мышечный аппарат, и формирование акцептора результатов действия для сравнения настоящего с предвидимым будущим. Модель психомоторного акта связывает с каждым классом обстановки свою программу движения, выражающего волю человека. В качестве базисной модели используется система дифференциальных уравнений классической динамики, в которую добавляются программные и корректирующие силы. Влияние обстановки задается классификационными уравнениями. Решение систем уравнений достаточно сложно – система обладает большим числом степеней свободы, так как при совершении психомоторного акта задействовано большое количество мышц.

Альтернативой традиционному математическому аппарату является синергетический подход. В нем математическая идеализация чувствительна к начальным условиям и непредсказуемости исхода для системы. Поведение можно описать с помощью апериодических и поэтому непредсказуемых временных рядов, не ограничиваясь при моделировании стохастическими процессами. Беспорядок в индивидууме или обществе может предшествовать появлению новой структуры, в то время как стохастические системы имеют низкую вероятность прихода к интересным структурам. Именно апериодические решения детерминированных уравнений, описывающих самоорганизующиеся структуры, помогут прийти к пониманию психологических механизмов самоорганизации (Крылов, 1998)

Синергетический подход позволил подойти к моделированию динамических процессов в психологии, а также перейти от анализа микродинамических процессов к макро моделированию и использовать математическое моделирование в таких «нестандартных» для математики сферах, как, например, работа психолога-консультанта (Савченко, 2007).

Основные направления и тенденции развития математической психологии, выделенные В. Ю. Крыловым

В январе 1973 г. в Институте психологии была организована лаборатория математических моделей поведения, и ее заведующим стал В. Ю. Крылов. С тех пор название менялось, что не влияло на суть проблем, которыми занималась лаборатория. Направления работы еще в 1980-е годы определил В. Ю. Крылов:

- моделирование принятия решений в различных условиях;
- теория измерений в психологии;
- развитие нетрадиционных математических методов;
- моделирование процессов обучения и памяти;
- моделирование социального и группового поведения.

Проведенный в те годы лабораторией математической психологии анализ работ позволил выделить основные тенденции развития математической психологии: развитие взаимосвязи математической психологии с системным подходом, использование новейших разделов математики для моделирования психических явлений; развитие теории измерений в психологии и математических моделей представления и анализа данных. Разработка новых математических методов, более адекватно описывающих психическую реальность; все более широкое использование компьютерного моделирования, систем искусственного интеллекта для изучения механизмов психических процессов; применение синергетического подхода к моделированию психологических систем.

Можно заметить, что большинство направлений математической психологии было связано с изучением и моделированием различных информационных процессов в психологических и социальных системах. Пример взаимного влияния психологии и математики дает цикл работ, проводившихся с 1960-х годов в Институте прикладной математики АН СССР под руководством И. М. Гельфанда. В их основе лежат идеи гештальтпсихологии – подхода, анализирующего восприятие целостного образа, возникновение «целого» в восприятии после анализа ряда частей. Осмысление закономерностей, замеченных психологами, привело к построению эффективных методов распознавания образов. Эти методики оказались эффективными при решении ряда задач медицинской диагностики (в частности, при анализе флюорограмм [Митин, 2000], при прогнозировании землетрясений, при распознавании компьютером рукописного текста). Попытка осмыслить известные в когнитивной психологии способы выделения параметров порядка в терминах точных наук привела к построению эффективных компьютерных алгоритмов. Следует отметить цикл работ М. Л. Цетлина и его сотрудников, моделировавших поведение автоматов в случайных средах (Цетлин, 1969). Основная идея этого подхода состоит в рассмотрении конечного автомата, обладающего памятью и способного «запоминать» реакцию окружающей среды на различные его действия. Было показано, что автоматы такого типа способны к целесообразному поведению в среде с вероятностными характеристиками. Это были выдающиеся работы того периода. Сложность моделирования социальных систем связана, в первую очередь, с тем, что в них не только правила поведения каждого элемента влияют на эволюцию

целого и образование различных структур в нем – система в целом также влияет на свойства каждого отдельного элемента.

Основные направления, развиваемые В. Ю. Крыловым и его сотрудниками, это:

- решение чисто математических проблем – построение континуального интеграла по знакопеременным распределениям в функциональных пространствах;
- автоматные модели поведения – автомат Крылова – Цетлина, в котором реализована модель с асимптотически оптимальным поведением в произвольных стационарных случайных средах;
- методы анализа данных – многомерное шкалирование в псевдоевклидовом пространстве, которое позволяет анализировать данные, полученные при субъективном шкалировании с нарушением симметричности и неравенства треугольника; метод кластерного анализа на основе теории Выготского, в основу которого положена теория мышления Выготского: ассоциативный, цепной комплексы, комплекс-коллекция (Крылов, Острякова, 1994);
- разработка синергетической парадигмы, в основе которой лежат свойства большинства психологических систем: нелинейность, самоорганизованность, динамичность, что приводит к тому, что «целесообразно рассмотреть специальную методологию изучения психологических систем как специфически нелинейных»;
- квантово-полевое направление.

В 1985 г. В. Ю. Крылов определил основные тенденции развития математической психологии:

- 1 Рост числа работ, посвященных методологическим проблемам.
- 2 Развитие взаимосвязи математической психологии с системным подходом.
- 3 Использование новейших разделов математики для моделирования психических явлений.
- 4 Развитие теории измерений в психологии и математических моделей представления и анализа данных.
- 5 Создание новых математических методов, более адекватно описывающих психическую реальность.
- 6 Все более широкое использование компьютерного моделирования, систем искусственного интеллекта для изучения механизмов психических процессов (Крылов, 1994, 1995, 1997)

Особо им выделялся синергетический подход к моделированию психологических систем, а **психосинергетика определялась как возможная новая парадигма психологической науки**. В те годы, когда появились первые его работы по синергетическому подходу и возможности его использования в психологии, мало кто в институте разделял его энтузиазм в этой сфере. Однако в институте прикладной математики в лице его директора С. П. Курдюмова и его «команды» он нашел единомышленников (Капица, Курдюмов, Малинецкий, 2000).

И в настоящее время, спустя двадцать лет, современное состояние математической психологии подтверждает многие прогнозы, выдвинутые В. Ю. Кры-

ловым, а задачи, которые решались им или под его руководством, актуальны и сегодня.

Современное состояние и основные тенденции развития математической психологии на современном этапе

Проведенный в 1990-е годы в лаборатории математической психологии анализ разрабатываемых формальных моделей позволил выявить основные тенденции развития математической психологии на рубеже двух веков (Савченко, 2002). Это уменьшение числа работ, связанных с разработкой нормативных моделей и, наоборот, появление работ по дескриптивному моделированию; отсутствие работ по компьютерному моделированию психической реальности. Накапливался богатый эмпирический материал, требующий использования нетрадиционных методов математического моделирования. Появились стандартные статистические программы анализа данных и программы, позволяющие моделировать психическую реальность.

Все это привело к тому, что большинство психологов начинают успешно осваивать методы математического анализа. Происходит проникновение математического анализа данных практически во все сферы психологических исследований.

На протяжении последних 10–15 лет психология в России стремительно развивается. Наиболее явными оказываются изменения в сфере психологической практики и психологического образования. Практика является стержнем развития психологической науки как системы теоретического знания, поэтому при увеличении числа практических работ необходима разработка теоретических оснований решения практических задач, для чего может быть полезен формально-логический подход (Нормативные и дескриптивные модели, 1981).

В XXI в. в России в практическую деятельность психологов интенсивно внедряются современные психотехнологии – это приводит к более тесному взаимодействию психологов-практиков и психологов-теоретиков. В результате появляются работы, выполненные на стыке теоретической и практической психологии. Движущей силой современного развития математической психологии является интерес к научному обобщению результатов, полученных практическими психологами. Накопленный богатый эмпирический материал позволил подойти к разработке *моделей естественных систем (менеджмент, психотерапия)*. Таким образом, множество проведенных эмпирических исследований и результаты, полученные практикующими психологами, позволяют развивать в психологии дескриптивный подход моделирования, используя опыт построения нормативных моделей. Появляется возможность *построения интегративных моделей* (Исследование операций, 1981) и модельных экспериментов.

Появление работ, посвященных этическим, нравственным, религиозным проблемам, требует использования адекватного математического аппарата (нечеткая логика, мягкие вычисления, вычисления со словами, качественное интегрирование).

Изменения в образовании, связанные с ориентацией на компетентностный подход, также стимулируют появление новых направлений в развитии теоретической, а значит, и математической психологии. Возрастает интерес к инженерии знаний, структуре переработки информации и когнитивным стратегиям.

Поэтому актуальным является развитие новых подходов к измерению, учитывающих современное состояние и математики и психологии.

Среди новых подходов к измерению в психологии можно выделить: моделирование макродинамики как результата микродинамических процессов; разработку шкал, основанных на мягких вычислениях; применения качественного интегрирования и др.

В последние годы появляется много работ, связанных с разработкой подходов и моделей динамики взаимодействия психических систем, при этом учитывается как динамика, обусловленная влиянием внешней среды, так и внутренняя, обусловленная саморазвитием (Савченко, 2002, 2007).

Однако следует заметить, что, помимо разработки новых математических принципов и методов, современный этап развития математической психологии характеризуется новым осмыслением уже известных, предложенных ранее методов математического моделирования.

Наиболее используемый на современном этапе аппарат моделирования психических систем – это:

- 1) Мягкое моделирование.
- 2) Нечеткие множества.
- 3) Мультимножества.
- 4) Синергетический подход.
- 5) Качественное интегрирование.
- 6) Нейросети.

В настоящее время происходит расширение множества объектов исследования, усложнение организационных принципов проведения конкретных работ. Это приводит к интенсивному развитию междисциплинарных исследований, что в свою очередь вызывает возрождение интереса к методологическим и теоретическим проблемам.

Процесс развития современной российской психологии в чем-то аналогичен развитию России в социальной сфере. Необходима адаптация огромного количества методов и методик, используемых в практической деятельности и пришедших из зарубежного опыта в нашу реальность. Это требует новых методических приемов, подходов. Существующие нормативные модели, перенесенные из других наук, не всегда адекватны. Расширение объектов исследований, усложнение организационных принципов проведения конкретных исследовательских работ, *интенсивное развитие междисциплинарных исследований* приводит к *возрождению интереса к методологическим и теоретическим проблемам.*

Любое состояние является результатом процесса, поэтому необходимы адекватные методы изучения динамики, например, *моделирование динамики на макроуровне на основе результатов моделирования микродинамических процессов*, когда статические состояния рассматриваются как результат моделирования микродинамических процессов и построения предельных циклов.

Возможно, главной методологической основой современных исследований в психологии будет интеграция системного, синергетического подходов и парадигмы активности, так как на современном этапе методы и модели математической пси-

хологии должны обеспечивать реализацию главных принципов синергетического подхода, в частности принципов целостности (неаддитивности), соответствия и эволюции. Одним из принципов синергетического подхода в психологии является принцип учета и моделирования НЕ-факторов, связанных с человеческой психикой и деятельностью (например, с оценками на шкалах).

Так как в настоящее время приоритетным является междисциплинарный подход, то необходимо не прямое перенесение моделей и методов их других наук, а их интеграция в конкретную сферу с учетом специфики исследуемого объекта. Появление большого количества дескриптивных моделей позволит подойти к построению модельных экспериментов в различных направлениях психологической науки.

Математическая психология и компетентностный подход в образовании

Однако использование количественных методов и формальных моделей связано с определенными трудностями.

- 1 Возрастающая сложность математических методов и моделей, используемых в психологии в настоящее время, вступает в противоречие со слабой математической подготовкой психологов, особенно ориентированных на практическую работу. Даже у выпускников факультета психологии МГУ уровень такой подготовки в последнее время существенно упал. Практически отсутствует класс молодых психологов-теоретиков.
- 2 Материалы едва ли не всех значительных проектов в отечественной психологии используются локально и затем исчезают из научного оборота.
- 3 Наиболее надежные эмпирические данные дают комплексные и лонгитюдные исследования. Если за рубежом на протяжении нескольких десятилетий реализуются масштабные лонгитюдные проекты в Гарвардском, Йельском, Калифорнийском и других университетах, то в России они – исключительная редкость. Масштабное комплексное исследование развития психических функций человека под руководством Б. Г. Ананьева до сих пор остается едва ли не единственным значительным прецедентом в отечественной психологии.
- 4 Огромное количество ненадежных методик и отсутствие системы сертификации приводит к возникновению трудностей при выборе и использовании адекватных методик.
- 5 Отсутствие надежной эмпирики о познавательных процессах (особенности внимания, мышления и пр.), о личностных особенностях, например, по шкалам стандартных тестов, приводит к тому, что применение точных методов становится невозможным.

В то же время необходимо отметить, что в последнее время наметилась тенденция к повышению грамотности применения психологами математических методов анализа данных. Все чаще адекватно применяются методы многомерного шкалирования, факторного, кластерного анализов, а также появляются новые модификации существующих методов. Новые опросники разрабатываются на основе теоретически выделенных факторов. Наметились тенденции к профессиональной адаптации и стандартизации методик с использованием методов анализа данных и моделирования.

В докладе, подготовленном Аналитическим центром «Эксперт», приводятся качества молодого специалиста, которые работодатели считают важным (Международная программа PISA- 2000, 2003):

- общий уровень развития и базовые знания молодого специалиста;
- способность системно мыслить, умение перерабатывать большие объемы информации и вычленять главное;
- умение применять на практике полученные знания, навыки командной работы, умение и желание постоянно учиться;
- нацеленность на карьеру, целеустремленность, адекватность самооценки как специалиста.

В настоящее время математические методы все больше проникают и в гуманитарные области знаний: в экономику, психологию, социологию, лингвистику. Благодаря развитию информационных технологий и широкому использованию персональных компьютеров математические методы, казалось бы, должны становиться все более доступными для людей с гуманитарным образом мышления. Однако складывается парадоксальная ситуация. Математическая культура не растет, а падает. В процессе образования, начиная со школьного возраста, нарушается принцип опережающего развития Л. С. Выготского (Крылов, 1994). Поэтому зачастую в психологическом вузе приходится вести преподавание основ высшей математики для людей, не владеющих основами элементарной математики.

Математика является самой рациональной и логичной из научных дисциплин. Но в этой рациональности и логичности таится и опасность, так как человек по своей природе не является рациональным существом, а интуитивное мышление для него более естественно, чем логическое. В большинстве же гуманитарных вузов для преподавания математики используют классический логический подход, основанный на четких определениях, на системе аксиом и строгих доказательствах. Данные курсы не адаптированы к конкретной профессиональной сфере обучаемых и к современному состоянию науки.

Однако построение курсов математических дисциплин должно отвечать требованиям конкретной специальности по составу математических дисциплин и по их содержанию (Крылов, 1994). Программы математических дисциплин, составленные математиками без учета специфики конкретной специальности, приносят больше вреда, чем пользы, создавая у студентов комплекс математической неполноценности, в результате чего уровень математической подготовки падает.

Поэтому естественнонаучную подготовку студентов гуманитарных специальностей необходимо проводить с учетом современного состояния математической психологии (студенты должны получать более широкое математическое образование, нежели чем знание только определенных математических методов). Подготовка курсов необходимо проводить также с учетом компетентностного подхода (студенты должны овладеть различными технологиями, используемыми в практической деятельности). Преподавание курсов математики должно формировать у студентов нестандартное мышление, умение строить логику иррационального поведения, находить неоднозначные решения, анализировать их (находить сходство и различие). А это все станет возможным в случае, если преподавание естественнонаучных

дисциплин будет вестись с учетом современного состояния математической психологии и ее взаимосвязи с другими разделами психологии.

Научная школа В. Ю. Крылова и современное состояние исследований в лаборатории математической психологии

В этом разделе мы попытались кратко изложить суть исследований, начатых В. Ю. Крыловым или под его руководством, и их развитие, трансформацию или применение в современных исследованиях лаборатории математической психологии.

Математические модели обучения

Особую роль в становлении математической психологии сыграла теория обучения. Математические модели обучения можно отнести к числу первых достижений математической психологии. Математическая теория обучения в 1950-1960-х годах выделилась в обширный раздел математической психологии, активно развивавшейся в эти годы как в США, так и в нашей стране. Интересно, что математическая теория обучения в качестве одной из первых поставила и решила задачу теоретического вывода из возможно более простых посылок экспоненциального характера зависимости числа ошибок при научении от времени. Первые объяснительные модели обучения - модели Г. Бауэра, К. Спенса и обобщающая их модель В. Эстеса относятся к обучению (поведению) в ситуации двоичного выбора. Они описывают, например, поведение животного в Т-образном лабиринте. Заметим, что поведение в условиях бинарного выбора в модели Бауэра моделируется цепью Маркова с пятью состояниями, причем граф переходов прямо соответствует форме Т-образного лабиринта (Аткинсон, Бауэр, Кратере, 1973).

В те же годы, когда в США интенсивно развивалась дескриптивная теория обучения, в нашей стране велась разработка нормативных моделей выбора. Задача построения нормативной модели поведения в ситуации вероятностного выбора была поставлена советским ученым М. Л. Цетлиным в 1961 г. В своей работе (Цетлин, 1961) он предложил правило поведения, позволяющее частично решить поставленную задачу (для случайных сред, в которых вероятность выигрыша хотя бы за одно действие составляет не менее 0,5). Это правило поведения было реализовано Цетлиным в виде специальной конструкции конечного автомата, по лучившего название автомата с линейной тактикой L.

^{2n, 2}

Впервые полное решение поставленной задачи конструирования автомата, обладающего асимптотически оптимальным поведением в произвольных стационарных случайных средах, было получено В. Ю. Крыловым в 1963 г. (Крылов, 1963). Предложено правило поведения, реализованное в виде конструкции стохастического автомата K_{2n} обладающего асимптотически оптимальным поведением в произвольной стационарной случайной среде.

Впоследствии В. Ю. Крыловым было показано, что стохастический автомат $A''f_2$, являющийся обобщением автомата K_{2n} (переходы в графе состояний при выигрыше с вероятностями не 1 и 0, а a и $1-a$, а при проигрыше с вероятностями не половина, а p и $1-p$), для некоторых значений параметров a и p - нормативная модель поведения в ситуации вероятностного выбора, тогда как для других значений параметров a и p может служить дескриптивной моделью поведения, наблюдаемого

в эксперименте (Крылов, 1981). Таким образом, на одном и том же тематическом языке (языке конструкций стохастических автоматов) можно строить как нормативные, так и дескриптивные модели поведения в задаче вероятностного выбора.

В. Ю. Крыловым была поставлена и решена нетривиальная математическая задача построения нормативной модели асимптотически оптимального поведения, разработан специальный математический язык описания правила поведения посредством конструкции соответствующего стохастического автомата (Крылов, Цетлин, 1963).

Задача моделирования поведения автоматов с линейной тактикой в игре двух лиц с ненулевой суммой была рассмотрена в работах (Варшавский, 1973). Впервые рассмотрена однородная игра многих одинаковых автоматов (Гинзбург, Крылов, Цетлин, 1964). Этой работой было открыто новое направление в применении автоматных моделей: моделирование коллективного поведения при помощи автоматов, асимптотически оптимальных в стационарно-случайной среде. Пример коллективного поведения автоматов назвали игрой в размещения.

Игра в размещения с учетом возможного объединения автоматов в коалиции была реализована Г. М. Головиной (Головина, Крылов, 1990).

В данной модели предполагается, что все игроки образовали одну коалицию и договорились о том, что суммарный выигрыш, полученный всеми, делится поровну между членами коалиции. Участие в игре в размещения фактически является для автоматов функционированием в случайной среде. Г. М. Головиной рассматриваются различные варианты коалиций и их влияние на получение общего выигрыша и выигрыш отдельных участников.

В результате многочисленных исследований по субъективному качеству жизни (Савченко, Головина, 1998, 2002, 2005, 2007, 2008) был собран богатый эмпирически материал, что позволило подойти к моделированию поведения людей с различными типами субъективного качества жизни.

Таким образом, работа по моделированию коллективного и индивидуального поведения в случайной среде, начатая Г. М. Головиной под руководством В. Ю. Крылова, была продолжена на современном этапе при моделировании поведения людей с различными типами когнитивного стиля (рефлексивность, ригидность, мобильность), стиля жизни, удовлетворенности жизнью, субъективного качества жизни, а также психодинамических типов. В настоящее время проводятся исследования по определению параметров автомата: вероятности выигрыша в различных средах, объема памяти и др.

Модель принятия решения в игре двух лиц: с противоположными интересами

Наиболее интересные результаты в теории игр были получены либо для двух лиц с нулевой суммой (теорема Неймана о существовании пары стратегий, оптимальных для произвольной матрицы игры), либо для случая бескоалиционных игр многих лиц (теорема Нэша о существовании хотя бы одной точки равновесия в произвольной бескоалиционной конечной игре многих лиц) (Нейман, Моргенштерн, 1990).

Т. Н. Савченко под руководством В. Ю. Крылова попыталась экспериментально проанализировать поведение игроков в неантагонистической игре с целью построения адекватной математической модели такого поведения (Савченко, 1987).

Пусть игра двух лиц с ненулевой суммой (биматричная игра) задана при помощи двух матриц:

$$A = \|a_{ij}\| \quad \text{и} \quad B = \|b_{ij}\|, \quad \text{где } i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Обозначим через $a = (a_1, \dots, a_m)$ и $B = (B_1, \dots, B_n)$ векторы смешанных стратегий соответственно 1-го и 2-го игроков. Обозначим через $m_1 = (a, b)$ и $m = (a, B)$ математические ожидания выигрыша 1-го и 2-го игроков, если они применяют свои смешанные стратегии a и B соответственно. Каждый игрок, выбирая свою смешанную стратегию, влияет на выигрыш, который получают оба игрока.

Дж. фон Нейман доказал для игры двух лиц с ненулевой суммой существование таких смешанных стратегий, которые максимизируют гарантированный выигрыш каждого из игроков.

В экспериментах с конкретными играми двух лиц с ненулевой суммой было показано, что игроки применяли различные критерии. Например: 1) максимизацию своего выигрыша; 2) минимизацию выигрыша партнера; 3) максимизацию выигрыша партнера; 4) максимизацию суммы выигрышей обоих партнеров; 5) максимизацию разности своего выигрыша и выигрыша партнера и т. д. Все приведенные примеры критериев описываются в терминах максимизации или минимизации каждым игроком заданной линейной комбинации выигрышей (своего и партнера) с фиксированными (своими для каждого игрока) коэффициентами линейной комбинации $(\alpha, B) = h_1 \alpha_1(a, B) + h_2 \alpha_2(a, B)$, где $i = 1, 2$ - номер игрока.

Было предложено следующее определение решения для игры двух лиц с противоположными интересами.

Пусть для каждого из игроков, участвующих в игре, определена линейная комбинация выигрышей всех игроков с фиксированными коэффициентами. Критерий (цель, которую стремится достичь данный игрок) определяется как максимизация или минимизация заданной линейной комбинации выигрышей. Игра предполагается бескоалиционной, т. е. каждый игрок выбирает свою стратегию независимо.

Решение игры в данном случае - множество смешанных стратегий всех игроков, которые соответствуют критериям, выбранным каждым из них. Естественно, что для заданной игры при некоторых выборах множества критериев игроков решение может существовать, а при других - нет.

В частности, теорема Дж. фон Неймана в этих терминах выглядит следующим образом: если задана игра двух лиц с нулевой суммой, т. е. $a_{i1} + b_{i2} = 0$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$), а в качестве критерия каждым из игроков выбрана максимизация своего (гарантированного) выигрыша, то всегда имеется пара смешанных стратегий, удовлетворяющая выбранным критериям (оптимальные стратегии, по Дж. фон Нейману).

В качестве примеров критериев, применяемых каким-либо игроком (например, 1-м в игре двух лиц с ненулевой суммой), могут служить следующие:

- 1) $\max_a \min_j (a, 0)$,
- 2) $\max_a \max_p (a, p)$,
- 3) $\min_a \max_p (a, p)$,
- 4) $\min_a \min_p (a, 0)$.

a p

40

В частности, для игры двух лиц стратегия максимального гарантированного выигрыша Дж. фон Неймана получается, если 1-й игрок выберет критерий $\max \min$ /Да, /З), а 2-й - шах \max /Да, p). Таким образом, определение решения игры, данное Т. Н. Савченко (1987), является обобщением понятия решения игры, предложенного Дж. фон Нейманом. В ее работе были рассмотрены конкретные примеры игр и критериев для игры двух игроков с противоположными интересами. При этом для таких игр, как «Семейный спор» и «Дилемма узника», новым методом получены как все решения, найденные ранее, так и большое количество новых решений для пар критериев, не рассматривавшихся прежде.

Проведенное исследование позволило расширить число стратегий, получаемых по методике К. Томаса, за счет введения рефлексии участников взаимодействия (например, принятие стратегии соперничества при условии, что партнер идет на компромисс и т. д.).

Продолжение этих исследований нашло отражение в работах Т. Н. Савченко и И. Е. Савченко по моделированию процесса командообразования, которые были выполнены в русле теоретико-игрового и синергетического подходов (Савченко, Савченко, 2002); в работе сотрудника лаборатории математической психологии

А. С. Баканова по учету человеческого фактора при моделировании состязаний; а также в работе, имеющей практическую направленность, по исследованию влияния диадного руководства на психологический климат коллектива.

*Математическое моделирование субъективных пространств
(неметрический метод многомерного шкалирования)*

В качестве общих требований к системному моделированию психических явлений В. Ф. Ломов выдвигал требование учета многомерности.

В связи с этим задачей математического моделирования субъективных пространств было создание математической модели результатов различных форм психического отражения, учитывающей его системность и субъективный характер.

Система, как известно, характеризуется множеством своих элементов и связями, отношениями между ними. Именно последнее и обеспечивает ее целостность.

Идеальным объектом в развиваемой В. Ю. Крыловым теории (Крылов, 1997) является математическая модель субъективного пространства, представляющая собой математическое пространство, т. е. абстрактное множество элементов (точек пространства) с заданными отношениями между элементами. При этом предполагалось, что точки пространства соответствуют элементам реального субъективного пространства (т. е. образам восприятия, представлениям, понятиям, элементам структуры личности), а отношения между ними - реальным субъективным отношениям между элементами.

В 1960-х годах было предложено множество различных вариантов многомерного шкалирования.

Опишем метод математического моделирования субъективных пространств. Процесс исследования субъективного пространства предложенным методом можно представить в виде последовательности из пяти этапов, начиная с определения конкретного субъективного пространства, подлежащего исследованию.

Пусть имеется множество объективно существующих ситуаций S , т. е. $E = \{S\}$. Это множество может быть конечным, счетным или несчетным. Пусть в результате какой-либо формы психического отражения конечного подмножества $E' \subseteq E$, где $E' = \{S_1, \dots, S_n\}$, субъект продуцирует результаты отражения S_1, \dots, S_n ситуаций $\{S_1, \dots, S_n\}$, которые мы будем называть их субъективными образами. Таким образом, S_1, \dots, S_n являются элементами субъективного пространства рассматриваемого субъекта. Пусть экспериментальная процедура состоит в том, что он, основываясь на некотором сформированном критерии, оценивает различия между субъективными образами ситуаций S_i и S_j ($i, j = 1, \dots, n$). Построением матрицы D_{ij} заканчивается первый этап математического моделирования субъективного пространства образов ситуаций.

Перейдем к анализу величин D_{ij} . Предположим, что оценки субъективных различий D_{ij} являются вещественными неотрицательными числами, удовлетворяющими аксиомам ϕ -метрики, а именно: образы идентичных ситуаций неразличимы и различие между любыми двумя ситуациями симметрично.

Заметим, что если бы были соблюдены остальные (еще две) аксиомы метрического пространства, то в качестве математической модели субъективного пространства (X -пространства) естественно было взять евклидово пространство. В рассматриваемом же случае, когда известно лишь, что выполнены аксиомы метрики, необходимо выбрать такое пространство, которое не требовало бы в общем случае выполнения всех четырех аксиом метрического пространства, а лишь двух аксиом метрики; но если для D_{ij} все они оказываются реализованными, было бы обычным евклидовым. Указанным требованиям удовлетворяет псевдоевклидово пространство. Таким образом, в качестве математической модели субъективного пространства в случае ϕ -метрики будем выбирать вещественное псевдоевклидово ϕ -пространство.

Псевдоевклидово X -пространство точек $X_i = (x_1, \dots, x_r)$ размерности r характеризуется тем, что это линейное вещественное пространство, в котором квадрат расстояния d_{ij} между точками X_i и X_j вычисляется по формуле:

$$d_{ij}^2 = 2 \sum_{k=1}^r \epsilon_k x_{ik} x_{jk} \quad \epsilon_k = \pm 1$$

где величины ϵ_k могут принимать значения $\epsilon_k = \pm 1$. Таким образом, вещественное псевдоевклидово пространство характеризуется размерностью r и набором чисел $\epsilon_1, \dots, \epsilon_r$, принимающих значения ± 1 , называемым сигнатурой псевдоевклидова пространства. Заметим, что в частном случае, когда $\epsilon_1 = \dots = \epsilon_r = 1$, мы имеем обычное евклидово r -мерное X -пространство.

Нами в качестве критерия соответствия был предложен критерий

$$I_k(\phi, d)$$

Критерий $I_k(\phi, d)$ принимает всегда вещественные неотрицательные значения при любых возможных d_{ij} вычисленных в псевдоевклидовом пространстве.

Далее предлагается следующая процедура построения конфигурации точек в вещественном псевдоевклидовом пространстве и определения размерности пространства r и его сигнатуры. Сначала выбираются два двумерных пространства:

евклидово (с сигнатурой) и псевдо евклидово (с сигнатурой). В каждом из этих двух пространств градиентным методом ищется минимум критерия и соответствующая конфигурация точек. Двумерной моделью субъективного пространства считается то из двух пространств, у которого значение критерия для построения конфигурации точек минимально. Затем в качестве трехмерного пространства выбираются два X -пространства, получающиеся добавлением третьей евклидовой и псевдоевклидовой оси к уже выбранному двумерному пространству. Снова методом градиентов ищется конфигурация точек в трехмерном пространстве и затем из двух трехмерных псевдоевклидовых пространств выбирается то, у которого значения критерия оказываются наименьшими. Далее этот процесс продолжается для возрастающих значений размерности $n = 2, 3, 4 \dots$. Выбор размерности моделирующего X -пространства (с уже определенной сигнатурой) производится на основе разумного компромисса между значениями критерия, которые убывают в зависимости от размерности пространства, и содержательной интерпретируемостью осей для конкретного субъективного пространства (Крылов, 1998).

Г. М. Головиной под руководством В. Ю. Крылова был предложен новый метод многомерного шкалирования нечетких оценок различий.

Задача многомерного шкалирования в этом случае может быть сформулирована следующим образом. Необходимо в r -мерном пространстве расположить n точек таким образом, чтобы расстояние между всеми парами точек давали максимально возможное значение соответствующей функции принадлежности для лингвистической переменной «расстояние». Чтобы найти такую конфигурацию точек, необходимо найти минимум функционала соответствия

Очевидно, что значение функционала соответствия зависит от способа вычисления расстояния между точками, т. е. от геометрии моделирующего пространства.

Аналитически монотонную функцию, связывающую различия и расстояния, найти невозможно, поэтому использовался метод градиентной минимизации для нахождения минимума рассогласования между различиями и модельными расстояниями.

Разработанный метод использовался в исследованиях структуры знаний школьников, субъективного пространства представлений о временной структуре жизненного пути личности, субъективного пространства ее ценностных ориентации.

В последние годы работа в данном русле также возобновилась в рамках нового научного направления - «мягкие вычисления».

При исследовании удовлетворенности жизнью было показано, что люди, удовлетворенные своей жизнью, чаще дают максимально высокие оценки, и наоборот, люди, осознающие свою неудовлетворенность, не могут оценить свою жизнь минимальным баллом. Поэтому был предложен подход к разработке психолингвистических шкал, основанный на нахождении соответствия между количественными и лингвистическими оценками респондентов по шкале «удовлетворенность жизнью», позволяющий получить распределение субъективных оценок в каждом терме шкалы (Головина, 2002, 2005).

Оценка качества разбиения на классы в методе кластерного анализа и методе анализа латентных структур

Метод кластерного анализа состоит в построении полного дерева кластеров, начиная с помещения каждого объекта в самостоятельный кластер и кончая объединением всех объектов в один общий кластер. При этом на каждом новом уровне происходит объединение пары кластеров, которые обладают минимальным межкластерным расстоянием. Расстояние между двумя кластерами вычисляется как среднее расстояние между объектами, входящими в эти кластеры:

$$d_{ij} = \frac{1}{N_i N_j} \sum_{x \in C_i} \sum_{y \in C_j} d(x, y)$$

Здесь $d(x, y)$ - соответствующий элемент исходной матрицы различий между объектами; N_i и N_j - число объектов в соответствующих кластерах.

Одной из главных для кластерного анализа является проблема определения естественного числа кластеров, на которые может быть разбито исходное множество объектов.

В используемом нами методе иерархического кластерного анализа для определения естественного числа кластеров, на которые может быть разбита совокупность объектов, а возможно, и для определения более «тонкой» структуры, применялся следующий критерий. На каждом уровне иерархической кластеризации вычислялась оценка разбиения множества объектов на данное число кластеров. В основу формулы для вычисления этой оценки была заложена идея физической плотности или, более точно, объема пространства, занимаемого данным множеством объектов. Для каждой пары кластеров оценивалась степень их внутренней связности относительно связности друг с другом. Для этого вычислялось среднее внутрикластерное расстояние для каждого кластера из заданной пары:

$$d_i = \frac{1}{N_i} \sum_{x, y \in C_i} d(x, y)$$

При этом если $N_i = 1$, т. е. в кластере всего один объект, то

$$d_i = d(x, x)$$

а если в кластере больше одного элемента, но все различия между ними равны нулю, то

$$d_i = \frac{1}{N_i} \sum_{x, y \in C_i} d(x, y)$$

Данная формула отражает аналогию с объемом пространства, занимаемого одним объектом, и учитывает, что в рассматриваемом случае как бы в одной точке пространства находится объект с большей «удельной плотностью».

В качестве оценки связности берется отношение среднего внутрикластерного расстояния к межкластерному.

Оценка полного разбиения вычисляется следующим образом.

Минимум значения функции S определяет наилучшее разбиение множества объектов на кластеры, а локальные минимумы - под- и надструктуры:

$$S = \sum_{i,j} d_{ij} > \max_{i,j} d_{ij}, \text{ где } d_{ij} = \dots$$

Аналогичная оценка качества разбиения на классы разработана для анализа латентных классов (Дрынков, Савченко, 1990).

Метод кластерного анализа на основе психологической теории развития понятий Л. С. Выготского

В данной статье я лишь кратко остановлюсь на этом методе, так как более подробно он будет описан в разделе «измерения». Данный метод разработан для изучения структуры отношений между членами малой группы и, в отличие от дендритного метода, позволяет более детально изучить структуру и принципы формирования коллектива. Были описаны алгоритмы образования комплексов различных типов: ассоциативный, цепной кластеры и кластер-коалиция (Крылов, Острякова, 1994). В дальнейшем этот метод был использован нами при исследовании малых групп на разных этапах командообразования (Савченко, Савченко, 2002).

Совместное применение многомерного шкалирования и кластерного анализа

Совместное использование этих двух методов анализа данных может предоставить возможность решать более серьезные методологические проблемы экспериментального исследования в области поведенческих наук. Такой подход состоит в поиске под групп испытуемых, для которых возможно было бы обнаружение универсального представления, но самостоятельного для каждой из подгрупп.

Цель исследования - установление структуры субъективного отражения множества объектов, оцениваемых испытуемым. Она может быть достигнута с помощью последовательного применения кластерного анализа и многомерного шкалирования. Суть стратегии состоит в том, что если не удастся получить удовлетворительного решения методом многомерного шкалирования всей матрицы различий между объектами, то целесообразно провести ее кластерный анализ, после чего, в случае выделения естественных кластеров, отдельно шкалировать межкластерные расстояния и расстояния между элементами внутри каждого кластера. Эта же стратегия может быть вновь применена к матрице расстояний внутри каждого из кластеров. В том случае, если многомерное шкалирование полной матрицы не дает хорошего результата и не удастся выделить кластеры, целесообразно вернуться к процедурам получения исходных данных или подобрать другие методы кластерного анализа и многомерного шкалирования. Данный подход был предложен и реализован А. В. Дрынковым (1990).

Работа в данном направлении была также продолжена в последние годы.

В дальнейшем все эти методы были реализованы в виде компьютерных программ и использованы в экспертной системе для анализа данных и стандартизации методик.

Это направление было продолжено также несколько в другом аспекте. В последние годы почти не используются оригинальные программы анализа данных,

в основном используются программы Statistica и SPSS, поэтому актуальной является задача построения методологии использования методов, реализованных в стандартных программах с целью получения результата, близкого к тому, который можно было бы получить с использованием более корректного метода («мягкая методология»). Например, используя стратегию «ближайшего соседа» в иерархическом методе, мы можем при определенных условиях получить результат, аналогичный тому, который получили бы при использовании дендритного метода. При совместном использовании иерархического метода кластерного анализа и дискрименантного метода мы получаем замену оценки разбиения на классы и т. д.

В 1980-е годы в лаборатории математической психологии совместно с МГТИ им. Баумана было начато прикладное исследование восприятия экологической ситуации людьми, проживающими вблизи техногенных объектов на примере Камбарки.

В дальнейшем эта работа вылилась в продолжительное исследование субъективного качества жизни. В лаборатории это исследование обозначено как моделирование субъективного качества жизни. Результаты, полученные в данном направлении, достаточно разнообразны: это и богатый эмпирический материал; и проработка понятий субъективного качества жизни, психологического статуса; и разработка моделей удовлетворенности жизнью, разработка методики субъективного качества жизни; и использование динамического подхода при создании банка циклических экспресс-методик.

Все это позволило подойти к разработке модельного компьютерного эксперимента для исследования адаптации людей с различными стилями поведения и с разным уровнем субъективного качества жизни¹. При этом динамика удовлетворенности жизнью рассматривается нами как макропроцесс, который моделируется как результат микродинамического процесса циклических переходов из состояния удовлетворенности жизнью в состояние неудовлетворенности. В качестве математического аппарата будет применяться теория агентов и коалиционные автоматы.

Хотелось бы отметить, что исследование субъективного качества жизни явилось для лаборатории математической психологии, с одной стороны, полигоном для апробации разрабатываемых математических моделей, с другой стороны, в рамках данной проблематики возникали задачи, которые необходимо было решить с использованием новых методов, которых ранее не существовало – т. е. мы можем наблюдать процесс развития науки (своего рода модель развития науки) на микроуровне.

И еще одно очень важное направление исследований В. Ю. Крылова – **синергетический подход**. Как было отмечено выше, Владимир Юрьевич был первым, кто увидел возможность его использования для моделирования психологической реальности. И действительно, многие современные исследователи приходят к выводам, что на современном этапе методы и модели математической психологии должны обеспечивать реализацию главных принципов синергетического подхода, в частности принципов целостности (неаддитивности), соответствия, эволюции. Одним из принципов синергетического подхода в психологии является принцип

1 Грант РГНФ № 08-06-00347а.

учета и моделирования НЕ-факторов, связанных с человеческой психикой и деятельностью (например, с оценками на шкалах).

Важнейшей задачей математической психологии является разработка подходов и моделей динамики взаимодействия психических систем. Для моделирования макродинамических процессов как результата моделирования микродинамики и построения предельных циклов наиболее адекватными будут методы, основанные на мультимножествах, логико-алгебраические методы. Использование динамического подхода в психодиагностике позволит реализовать принципиально иной способ построения экспресс-методик (Головина, Савченко, Сочивко, 2008).

Возможно, главной методологической основой современных исследований в психологии является интеграция системного, синергетического подхода и парадигмы активности.

Следует отметить, что в настоящее время синергетика обретает статус парадигмы, что и утверждал В. Ю. Крылов (1998). Она вводит в научный обиход представления о неоднозначности путей эволюции, о неполноте бытия, об открытой методологии. Традиционные для классической науки требования определенности, полноты, закрытости, объективности позволили достичь довольно больших успехов в познании неживой природы и отдельных аспектов живой природы. Однако в психологии мы имеем дело с объектами, для которых полнота недостижима, субъективный фактор предопределяет объективные, неопределенность является повсеместной. Это приводит к тому, что психологическую реальность невозможно описать в рамках классической парадигмы. В последние годы все чаще возникают идеи «мягкой» математики, гуманитаризации математики. На смену полноте приходит целостность. Приходится признавать, что для описания психологической реальности необходима иная методология, новая парадигма. Возможно, наиболее перспективными окажутся синергетический подход, мягкие вычисления, качественное интегрирование, асимптотическая математика. «Динамизм», возможно, станет знаменем новой парадигмы, в отличие от рационализма для классической.

В последние годы появляются новые интересные идеи в рамках теоретических междисциплинарных исследований.

Так, например, Жан-Клод Фальмань (университет Калифорнии, Ирвин, Калифорния) провел теоретический анализ формулировок основных научных законов на границах научных областей. Оказалось, что научные законы обычно формулируются для переменных на положительном полюсе возможных значений, т. е. в области, у которой нет верхней границы. Так формулируются законы классической физики и многие психофизические законы. Правило игнорирования существования границ в формулировке научных законов не универсально. Введение константы на основании специфических условий не обеспечивает общности закона. Верхние и нижние границы переменных, которые могут использоваться в качестве стимулов в психофизической ситуации, являются важными параметрами, которые не должны игнорироваться при формализации моделей. Такой подход является новым – он позволит формулировать научные законы, действующие на границах областей существования переменных (Фальмань, 2008). Но это пока только интересные идеи, которые, возможно, впоследствии лягут в основу новой парадигмы науки.

Литература

- Арнольд В. И. О преподавании математики // Успехи математических наук. 1958. Т. 53. № 1. С. 67–89.
- Аткинсон Р., Бауэр Т., Кратере Э. Введение в математическую теорию обучения. М., 1969.
- Варшавский В. И. Коллективное повеление автоматов. М., 1973.
- Гинзбург С. П., Крылов В. К., Цетлин М. Л. Об одном примере игры многих одинаковых автоматов // Автоматика и телемеханика. 1964. Т. 25. № 5. С. 668–672.
- Головина Г. М. Метод многомерного шкалирования нечетких оценок // Математические методы в современной психологии: статус, разработка, применение. М.: Институт психологии РАН, 1995. С. 24–31.
- Головина Г. М., Дервянкин А. А., Львова Л. А., Савченко Т. Н. Исследования надежности человека на основе тренажеров и инцидентов для применения ВАБ // Рабочие материалы совещания координационного совета МАГАТЭ. Т. 2. Вена, 1998.
- Головина Г. М., Крылов В. Ю. Коалиционный вариант игры в размещения многих автоматов // Математические методы в исследованиях индивидуальной и групповой деятельности. 1990. С. 139–148.
- Головина Г. М., Крылов В. Ю., Савченко Т. Н. Математические методы в современной психологии: статус, разработка, применение. М.: Институт психологии РАН, 1995.
- Головина Г. М., Крылов В. Ю., Савченко Т. Н. Риск и опасности: психологические проблемы и моделирование // Труды ИП РАН. М.: Институт психологии РАН, 1995. С. 70–74.
- Головина Г. М. О нечеткой структуре психологических дисциплин // Методы исследования психологических структур и их динамики / Под ред. Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Институт психологии РАН, 1999. С. 70–74.
- Головина Г. М., Савченко Т. Н. Математическая психология // Современная психология: Справочное руководство / Под ред. В. Н. Дружинина. М.: ИНФРА-М, 1999. С. 760–763.
- Головина Г. М., Савченко Т. Н. Модель динамики успешности деятельности // Методы исследования психологических структур и их динамики / Под ред. Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Институт психологии РАН, 1999. С. 3–12.
- Г. М. Головина, Т. Н. Савченко, Д. В. Сочивко Новый метод исследования моделирования удовлетворенности жизнью // Материалы итоговой научной конференции Института психологии РАН. М.: Изд-во «Института психологии РАН», 2008. С. 64–75.
- Дрынков А. В. Многомерное шкалирование и кластерный анализ: совместное применение // Математические методы в исследованиях индивидуальной и групповой деятельности. М., 1990. С. 164–177.
- Дрынков А. В., Острякова Т. В., Савченко Т. Н. Многомерное шкалирование и кластерный анализ: совместное применение // Математические методы в исследованиях индивидуальной и групповой деятельности. М.: Институт психологии РАН, 1990. С. 164–177.
- Исследование операций. М.: Мир, 1981.

- Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г.* Синергетика и исторический прогноз. The Edwin Mellen Press, 2000.
- Крылов В. Ю.* Об одной модели рефлексивного поведения, отличной от модели Ле-февра // Прикладная эргономика. 1994. № 1. С. 25–31.
- Крылов В. Ю.* Особенности психологических систем и методы их исследования // Психологический журнал. 1997. Т. 18. № 1. С. 31–38.
- Крылов В. Ю.* Статус математических методов в современной психологии // Математические методы в современной психологии: статус, разработка, применение. М.: Институт психологии РАН, 1995. С. 5–23.
- Крылов В. Ю., Казанцев А. Ю.* Модель рефлексивного поведения В. А. Лефевра: частные случаи, варианты аксиоматики, возможные обобщения. М.: Институт психологии РАН, 1994.
- Крылов В. Ю., Острякова Т. В.* Новые методы кластерного анализа, основанные на психологической теории развития понятий Л. С. Выготского // II Международные научные Ломовские чтения. 1994. С. 7–27.
- Крылов В. Ю.* Геометрическое представление данных в психологических исследованиях. М.: Наука, 1990.
- Крылов В. Ю.* Нормативные модели принятия решения при вероятностном выборе // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. М.: Наука, 1981. С. 39–46.
- Крылов В. Ю.* Психосинергетика как возможная новая парадигма психологической науки // Психологический журнал. 1998. № 3. С. 56–63.
- Леонтьев А. Н., Джафаров Э. А.* К вопросу о моделировании и математизации в психологии // Вопросы психологии. 1973. № 3. С. 3–14.
- Львова Л. А., Головина Г. М., Савченко Т. Н.* Моделирование в исследованиях влияния человеческого фактора на безопасность АС // Надежность и качество. 1998. № 8. С. 33–45.
- Международная программа PISA-2000. Центр оценки качества образования нсти-тута общего и среднего образования РАО. М., 2003.
- Митин Н. А.* Новая модель информационного взаимодействия в социальных системах // Математическое моделирование социальных процессов. Вып. 2. М.: МГУ, Социологический факультет, 2000. С. 21–29.
- Нормативные и дискриптивные модели принятия решений. М.: Наука, 1981.
- Придворов В. С.* Целенаправленное движение человека-оператора с устройством передвижения ранцевого типа // Математические методы в исследованиях индивидуальной и групповой деятельности. М.: Институт психологии РАН, 1990. С. 214–237.
- Савченко И. Е., Савченко Т. Н.* Динамическая модель совместных совместных действий // Методы исследования психологических структур и их динамики / Под ред. Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Издательство «Институт психологии РАН», 2002. С. 30–51.
- Савченко Т. Н.* Метод латентных классов // Математические методы в современной психологии: статус, разработка, применение. М.: Институт психологии РАН, 1995. С. 32–45.

- Савченко Т. Н., Головина Г. М.* Восприятие экологической опасности // Труды ИП РАН. М.: Институт психологии РАН, 1997. С. 146–155.
- Савченко Т. Н.* Моделирование принятия решений в игре двух лиц с противоположными интересами // Психологический журнал, 1987, Т. 8, № 5. С. 142–146.
- Савченко Т. Н.* Развитие математической психологии: история и перспективы // Психологический журнал. 2002. Т. 23. № 5. С. 32–41.
- Савченко Т. Н.* Динамика взаимодействия психических систем: подходы и модели // Психологический журнал. 2007. № 3. С. 45–56.
- Савченко Т. Н.* Динамика качества жизни и психологический статус // Методы исследования психологических структур и их динамики / Под ред. Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Институт психологии РАН, 1999. С. 38–53.
- Савченко Т. Н., Головина Г. М.* Математическая психология // Психология XXI века. Учебник для вузов / Под ред. В. Н. Дружинина. М.: ПЕР СЭ, 2003. С. 760–775.
- Савченко Т. Н., Головина Г. М.* Экология человека: теоретическое и экспериментальное исследование качества жизни. М.: Институт психологии РАН, 1996.
- Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М.: Мир, 1985.
- Цетлин М. Л.* Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М.: Наука, 1969.
- Golovina G., Savchenko T.* Social situation analysis in conversed object region, abstract // IV European congress of Psychology, Canada. 1995. P. 56–57.
- Savchenko T.* Human Ecology: Social situation analysis in conversed object region // Research Support Scheme. Network chronicle № 1. Pohlline, Prague, 1995.
- Savchenko T.* Life standart and psychological status. // International Journal of Psychology. Abstracts of the XXVII International Congress of Psychology. Stockholm, Sweden, 23–28 July 2000. P. 39–40.
- Falmagne J.-C.* On meaningful scientific laws on bounded domains: A theoretical analysis / 39th European Mathematical Psychology Group Meeting. Abstracts. 7–11 September 2008. P. 27.

Самоорганизация, психология, искусственный интеллект. Открытые проблемы

Г. Г. Малинецкий

Методологический аспект

Уточним жанр этих заметок. В развитии науки ключевую роль играют четко сформулированные задачи, решение которых вызывает принципиальные трудности на данном достигнутом наукой уровне. Наличие таких задач позволяет осознать ограничения существующей парадигмы (в терминологии Томаса Куна) и побуждает искать новые подходы, которые могут привести к научной революции.

Приведем несколько примеров. Античные исследователи оставили в наследство математикам будущих поколений три классические задачи, которые следовало решить с помощью циркуля и линейки: трисекция угла (деление данного угла на три равные части), удвоение куба (построение куба, объем которого равен удвоенному объему данного) и квадратура круга (построение квадрата с площадью, равной площади данного круга). Это не значит, что у геометров древности не было других задач, которые они не могли решить. И Евклид, и Аполлоний, и Архимед знали, что высоты треугольника пересекаются в одной точке, но не умели этого доказывать (это было сделано много веков спустя Эйлером). Они видели проблемы в аксиоматике – нарочито неуклюже был сформулирован пятый постулат. Однако они выделили именно эти три задачи и не ошиблись. Задача об удвоении куба (неразрешимость которой была доказана Гауссом) и задача о трисекции угла потребовали введения алгебраических представлений. Доказательство неразрешимости квадратуры круга оказалось возможным только после длительной разработки аппарата математического анализа.

Другой пример – знаменитые 20 проблем, сформулированных Давидом Гильбертом, под знаком которых развивалась значительная часть «теоретической математики» XX в.

Формулировка таких задач сыграла важную роль и в прикладной математике. Попытка описать феномен морфогенеза (клеточной дифференцировки – фундаментально биологического феномена) привела к созданию блестящих математических теорий – теории самовоспроизводящихся автоматов (Джон Нейман), теории систем реакция – диффузия, которая в своем развитии привела к теории самоорганиза-1 Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 07-01-00618).

ции – *синергетике* (Алан Тьюринг), теории катастроф (Ренэ Том). Вклад этих идей в биологию развития оказался более скромным, чем ожидали создатели этих глубоких подходов. Однако стимулирующая роль формулировки «неразрешимых задач» и работы над ними очевидна.

Представляется, что сейчас направление исследований, связанное с искусственным интеллектом, находится на переломе. Оно может как обрести «второе дыхание» в осмыслении фундаментальных проблем современной науки, так и «раствориться» в конкретике прикладных задач, как многие другие перспективные кибернетические направления. Цель этих заметок – обсудить «трудные» или «неразрешимые» на современном уровне задачи искусственного интеллекта и некоторые связанные с ними подходы. Естественно, список «трудных задач» не претендует на окончательность или завершенность, однако он претендует на *междисциплинарность*.

Существует большая и глубокая, собственно философская традиция анализа проблем сознания и интеллекта в широком смысле (Дубровский, 2007). Однако, возможно, конкретных научных достижений в проблеме искусственного интеллекта, достигнутого уровня понимания недостаточно для полноценной философской рефлексии. Можно привести аналогию с одной из упомянутых проблем Гильберта – «аксиоматизацией теоретической физики». Развитие физики в XX в. показало, что эту проблему либо невозможно, либо рано решать. Поэтому, скорее, естественно опираться здесь на идеи философии науки и в соответствии с ее традициями пробовать разобраться, какие задачи сейчас следует рассматривать как научные проблемы, а какие пока не вышли на этот уровень (Степин, 2006; Илларионов, 2007).

Далее не раз будет фигурировать слово «понимание». Смысл, вкладываемый в это слово, в разных отраслях науки, технологий, научных школах совершенно различен. Смыслы эти таковы.

- 1 *Понимаю – значит могу разрушить.* Такое видение распространено, например, в структурах, занимающихся силовым противоборством.
- 2 *Понимаю – значит могу сопоставить простые, очевидные образы.* До этого уровня удалось пойти во многих областях физики. Достаточно напомнить слова А. Эйнштейна о том, что мы ничего не хотим знать, но все хотим понимать. Л. Д. Ландау называл себя «тривиализатором» – человеком, который может сделать сложное и парадоксальное простым и очевидным.
- 3 *Понимаю – значит могу добиться своих целей.* Такой взгляд характерен, например, для многих медиков. Не понимая сущности многих заболеваний и не имея возможности опираться на фундаментальную научную теорию, они проводят «симптоматическое лечение» и называют себя «клиницистами». Такой «алхимический подход», вероятно, оправдан на начальной стадии развития многих научных дисциплин и технологий. Обратим внимание на то, что наиболее яркое достижение клинической психиатрии XX в. – нейролептики – были открыты благодаря случаю (однако до сих пор не вполне понятно – во втором смысле – почему они действуют).
- 4 *Понимаю – значит могу сделать лучше.* Этот искус переживает биология, когнитивные науки, да и искусственный интеллект. Машины уже играют в шахматы на уровне чемпионов мира. Серьезные ученые *уже* ведут разговоры и форсируют

исследования, связанные с радикальным продлением жизни. Биотехнологи уже говорят о вытеснении «естественных» сельскохозяйственных культур трансгенными.

Оглядываясь назад, можно сказать, что «понимание» в искусственном интеллекте вначале употреблялось во втором смысле. Сейчас большинство исследователей подразумевает третий смысл, а ряд ученых идет дальше – к четвертой трактовке этого термина. В этих заметках мы в основном будем исходить из второго и третьего смыслов этого глубокого и емкого понятия.

Работы по искусственному интеллекту в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН (ИПМ) имеют давние традиции. Они связаны, прежде всего, с научной школой академика И. М. Гельфанда. Многие фундаментальные результаты были получены в этой школе в связи с моделированием целесообразного поведения в среде со случайными, меняющимися по некоторому закону свойствами. В ходе этих исследований, проведенных М. Л. Цетлиным и В. Ю. Крыловым, были предложены конечные автоматы, внутреннее состояние которых меняется в зависимости от того, «награждает» или «наказывает» среда автомат за произведенное действие. С другой стороны, именно это внутреннее состояние определяет следующее действие автомата. Оказывается, этот простейший аналог памяти и рефлексии относительно собственных действий позволяет действовать весьма эффективно и «выигрывать» у среды достаточно много.

Вместе с тем завершение этого круга работ в 1970-х годах привело к обсуждению других путей и возможностей в теории искусственного интеллекта. Инициатором и активным участником этих обсуждений был В. Ю. Крылов (1933–1997). Позже они продолжились в ИПМ в рамках семинара «Будущее прикладной математики».

Область искусственного интеллекта занимает особое место в современной науке. В XIX в. произошло жесткое разделение на «естественников» и «гуманитариев». Первые отвечают на вопрос «как?», вторые – на вопрос «что?». В XX в. это разделение переросло в пропасть между естественнонаучной культурой, ориентированной на будущее, и гуманитарной, базирующейся на прошлом. По мысли физика и писателя Чарльза Сноу, именно эта пропасть представляет большую опасность и для человечества, и для самой науки.

На другие угрозы развития науки обращал внимание один из создателей квантовой механики Евгений Вигнер в своей статье «Пределы науки» (Вигнер, 2002). В этой замечательной работе он выделяет несколько угроз существованию самой науки как влиятельному социальному институту и достаточно распространенному роду деятельности.

Среди них обратим внимание только на одну, связанную с построением научной картины мира. Науку Е. Вигнер сравнивает с большим замком, разные части которого соответствуют различным научным дисциплинам. Целостное научное мировоззрение соответствует ситуации, когда исследователь, обладая достаточным временем и интеллектуальными возможностями, может пройти из одной части замка в другую, не покидая территорию науки.

Усилия исследователей, связанные с построением научной картины мира в XX в., не привели к успеху. Замок не удалось построить. В самом деле, следуя логике

Е. Винера, можно согласиться, что есть две дисциплины, претендующие на постижение мира во всей его полноте. Первая – *физика*. Она идет снизу вверх. От уровня ядерной физики и физики элементарных частиц можно подняться до уровня квантовой механики. На основе последней можно выяснить теоретические свойства отдельных элементов и химических соединений. Живое прежде всего представляет собой химические (и, добавим, электромагнитные) машины. Поэтому биофизика намечает путь к пониманию живого. Вероятно, со временем удастся подняться и выше.

Вторая наука, претендующая на осмысление мира в его полноте, – *психология*. Мы как познающие, рефлекслирующие, действующие субъекты имеем дело с ощущениями, опираемся на свое сознание, исходим из своих ценностей. И именно они связывают нас с миром, именно они имеют для нас ключевое значение. И между этими частями замка – физикой и психологией – науке XX в. выстроить мостика не удалось. Сегодня нельзя пройти из одной части замка в другую, не вступив на зыбкую почву домыслов, догадок, мифов.

Успехи психофизики весьма скромны. Но, пожалуй, наиболее ясно об отсутствии понимания говорят достижения томографии. Сейчас благодаря ей исследователи могут наблюдать, какие части мозга активизируются при решении интеллектуальных задач, восприятию музыки, речи или зрительных образов, но пока не понимают этого.

Искусственный интеллект – это шанс перебросить мост между физикой и психологией – двумя твердынями замка науки, между естественными и гуманитарными дисциплинами. Мост этот, вероятно, может быть построен на основе математических моделей, языка математики, которым пользуются и который признают представители обоих научных подходов. При этом может возникнуть «понимание» во втором из сформулированных выше смыслов – как инструмент для построения простых наглядных образов, как инструмент для объяснения. Практические приложения (понимание в третьем смысле) дают надежду на формулировку принципов и ключевых образов и моделей искусственного интеллекта – мостика между двумя картинами реальности.

Субъективная самоорганизация как основа для новой парадигмы искусственного интеллекта

Без малого 40 лет успешно развивается теория самоорганизации или *синергетика* (в дословном переводе с греческого языка – теория совместного действия). Вводя этот термин, немецкий физик-теоретик Герман Хакен вкладывал в него два смысла. Во-первых, это подход, рассматривающий возникновение новых качеств у сложных систем, состоящих из взаимодействующих подсистем, которые сами этими качествами не обладают.

Во-вторых, это междисциплинарный подход, развитие которого требует сотрудничества и взаимодействия представителей различных научных дисциплин. Синергетика находится на пересечении трех сфер – *предметного знания, математического моделирования и философской рефлексии*.

Собственно, предшествующая парадигма искусственного интеллекта опиралась на другой междисциплинарный подход – *кибернетику*, а в математическом пла-

не – на те или иные логические конструкции. Чтобы убедиться в этом, достаточно пролистать старый, классический учебник по искусственному интеллекту Э. Ханта (1978) (автор этой книги с большим скепсисом пишет о теории самоорганизации, рассматривая ее как нечто непонятное и в рамках искусственного интеллекта заведомо бесполезное).

Необходимость изменения парадигмы искусственного интеллекта диктуется и «внутренним совершенством», и «внешним оправданием». В основе кибернетического подхода лежит метафора «черного ящика», структура которого несущественна, но который должен в ответ на предъявляемые стимулы давать желаемые для исследователя реакции. В этих рамках исследователь может «конструировать» черный ящик по своему усмотрению, надеясь на то, что на стимулы, не входящие в обучающую выборку, ящик будет реагировать разумным образом. В психологии такой подход связывают с бихевиоризмом.

Однако при этом даже в случае успеха мы не можем достичь многого. Напомним классические задачи распознавания образов. В случае успеха можно будет научить компьютерную систему распознавать «очень похоже» на человека, но при этом мы не узнаем «человеческих алгоритмов», тех, которые, собственно, и копируются. С другой стороны, при предъявлении нового образца мы обычно не знаем, как будет компьютер экстраполировать в пространстве признаков обучающую выборку, и попадет ли туда, куда надо, новый образец.

«Внешним оправданием» служат принципиальные трудности в области робототехники, системного программирования, выявления смысла текстов или, тем более, сцен, с которыми столкнулись инженеры и исследователи. Один характерный пример: в соответствии с законом Мура каждые два года удваивается число транзисторов на кристалле в компьютерах. Аналогичные законы имеют место для памяти, сетей и других элементов компьютерных технологий. Параллельно развивается и индустрия программного обеспечения, призванная загрузить мощности, возникшие на этом витке компьютерной индустрии, с целью оправдать следующий виток и получить необходимые для развития отрасли прибыли от продаж.

В планах Microsoft, как утверждают эксперты, предполагалось создание программных систем, состоящих более чем из миллиона команд. Однако, несмотря на огромные усилия и вложенные средства, отладить до приемлемого уровня такую систему не удалось. Возможно, здесь разработчики столкнулись с *барьером сложности*, который пока не удается преодолеть с помощью средств и естественного, и искусственного интеллекта. Напомним, что компьютерные системы, обслуживающие программу «звездных войн» – полномасштабную систему противоракетной обороны, – должны иметь более 1 миллиарда команд.

Синергетика рождалась и развивалась в связи с задачами естествознания, и в этой сфере ее подходы дали наиболее значимые результаты. Объективно это связано с тем, что над этими проблемами и работали создатели синергетики – Алан Тьюринг (моделирование морфогенеза), Илья Пригожин (Нобелевская премия 1977 года, самоорганизация в системах химических реакций), Манфред Эйген (Нобелевская премия 1967 года, описание и моделирование добиологической эволюции), Герман Хакен (теория генерации лазеров различных типов), Сергей Павлович Курдюмов (теория взрывных, быстропротекающих процессов, так называемых

режимов с обострением). С другой стороны, исходный уровень знаний и культуры моделирования в этих областях был намного выше.

В синергетике удалось построить теории, объясняющие и предсказывающие спонтанное, самопроизвольное упорядочивание, достаточно простое поведение сложных систем. Эта простота связана с тем, что в процессе самоорганизации в сложной системе выделяются ведущие, ключевые переменные, подчиняющие остальные переменные, характеризующие объект (принцип подчинения) (Ха-кен, 1980). Они были названы *параметрами порядка*. Пространство параметров порядка может иметь небольшую размерность, с чем и связана простота поведения системы. Для ряда принципиально важных модельных систем удастся строго доказать, что все обстоит именно таким образом. Поэтому сейчас многие результаты теории самоорганизации находятся не на физическом, а на математическом уровне строгости (Малинецкий, Потапов, Подлазов, 2006).

Принципиальную роль в самоорганизации играют процессы, связанные с диссипацией энергии (вязкостью, теплопроводностью, трением). Поэтому упорядоченные открытые нелинейные системы, находящиеся далеко от равновесия, характеризуются *диссипативными структурами*. Удалось выявить механизмы, приводящие к возникновению диссипативных структур на макроуровне, законы организации таких структур, динамику соответствующих параметров порядка (Режимы с обострением, 2006). Передний фронт синергетики сейчас, в частности, связан с исследованием процессов самоорганизации и возникновения структур на наномасштабах (Су з да лев, 2005).

Подведем черту. В синергетике выявлены механизмы и принципы, построены базовые математические модели самоорганизации в физических, химических, некоторых биологических системах (в основе которых лежат физические, химические и прочие законы). Эта самоорганизация – одно из проявлений законов природы, и поэтому далее мы будем называть ее *объективной самоорганизацией*.

Однако существует и другая самоорганизация, непосредственно относящаяся к проблемам искусственного интеллекта. Такая самоорганизация может происходить в сообществе рефлексирующих и взаимодействующих субъектов, в информационном пространстве, в связи с принятием решений, выбором взаимодействий, в процессах осознания и осмысления. Этот тип упорядоченности, исследование которого, по существу, только начато, естественно назвать *субъективной самоорганизацией*.

Основное утверждение этих заметок состоит в том, что и *новая парадигма, и будущие успехи искусственного интеллекта неразрывно связаны с «раскрытием черного ящика», с выявлением законов субъективной самоорганизации и построением соответствующих концептуальных и математических моделей*.

Приведем несколько известных примеров субъективной самоорганизации, показывающих ключевое значение этих процессов в науках о человеке.

Посмотрим на историю человечества как целого. В XIX в. священник и профессор Ост-Индской компании Томас Мальтус (1766–1834) выдвинул теорию, в соответствии с которой в условиях достаточного количества ресурсов численность любой популяции растет с течением времени в геометрической прогрессии. Или, на языке дифференциальных уравнений:

$$\frac{dN}{dt} = aN. \quad (1)$$

И действительно, популяции множества видов – от амёб до слонов – при достаточном количестве ресурсов растут по мальтузианскому закону.

Однако это не относится к человеку. Как показывают данные палеодемографов и исследования профессора С. П. Капицы, численность человечества в течение сотен тысяч лет росла по другому, нелинейному закону, описываемому уравнением:

$$\frac{dN}{dt} = oN^2 \quad (2)$$

Решение этого уравнения дает гиперболический закон (см. рисунок 1)

$$N \sim t \quad (3)$$

где t – время в годах, t_f – 2025 год (Капица, Курдюмов, Малинецкий, 2003).

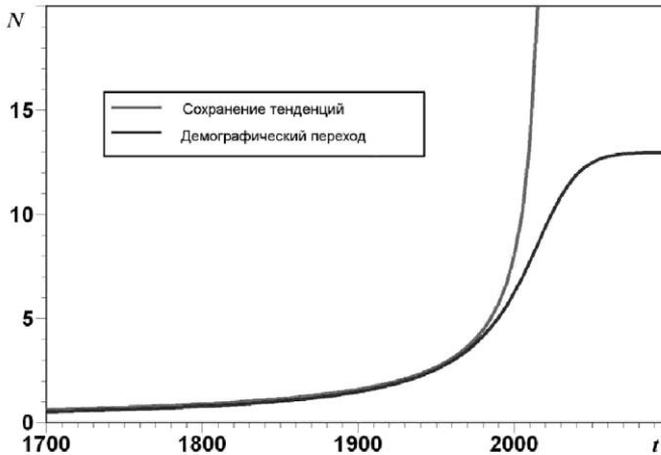


Рис. 1. Изменение численности населения Земли. Верхняя кривая соответствует гиперболическому закону роста, нижняя – демографическому переходу и прогнозам на XXI в.

Первый принципиальный вопрос связан с причиной возникновения нелинейного закона развития человечества. По крайней мере, три теории претендуют на объяснение этого феномена. Однако все они исходят из представления о субъективной самоорганизации, о возможности человечества как целого передавать информацию, жизнеобеспечивающие технологии, выработанные ценности в пространстве (из региона в регион) и во времени (от одного поколения к другому).

Вторая проблема является не менее волнующей. На протяжении жизни одного поколения происходит *глобальный демографический переход* – скорость роста числа людей на планете резко уменьшается. Прогнозы ООН, ЦРУ США, исследования, проведенные в ИПИМ, предсказывают стабилизацию численности человечества на уровне 9–12 млрд человек к концу XXI в. При этом демографический переход – изменение алгоритмов развития цивилизации – напрямую не связан с ресурсными

ограничениями. Демографический переход происходил вначале в наиболее благополучных странах, где проблемы с продовольствием снимались. В настоящее время разность между прежним, гиперболическим законом, определявшим всю историю человечества, и тем, который реализуется в последние 20 лет, достигла 2 млрд человек.

На этом фоне многие экономические, социальные, политические проблемы представляются второстепенными. Другими словами, субъективная самоорганизация (законы которой только начали изучаться) связана с глобальным процессом, с изменением алгоритмов развития цивилизации, равного которому не было в истории.

Цена, которую приходится платить за незнание этих законов, очень высока. Несколько лет назад в США произошел кризис «новой экономики» (экономики, основанной на знаниях). В основе этой экономики лежало форсированное развитие информационно-телекоммуникационного комплекса, взлет интернет-компаний (бум доткомов). Анализ причин кризиса, этого масштабного экономического явления, показал, что одна из них – неоправданные ожидания и неверная оценка перспектив капитализации компаний, использующих глобальные компьютерные сети.

Логика инвесторов была такова – «цена» сетевой компании должна быть пропорциональна числу связей между клиентами, которое она обеспечивает. Это число, в свою очередь, пропорционально квадрату клиентов N :

$$Q \sim N^2 \quad (4)$$

Однако реальность оказалось иной, субъективная самоорганизация и здесь внесла свои коррективы. На деле реализовался более медленный закон роста:

$$Q \sim MnN \quad (5)$$

На другом языке, это означает, что клиенты связываются с несколькими крупными узлами, которые обеспечивают связь с другими клиентами. Нечто похожее типично и для других типов инфраструктуры – энергетических сетей или сетей авиационного сообщения.

В литературе такую необычную структуру связывают с *эффектом малых миров*. В 1970-е годы социологи с удивлением обнаружили на основе тех выборок, которыми они располагали, что, несмотря на огромную численность человечества, «дойти» от одного человека до другого удастся через 6 или меньшее число рукопожатий, самоорганизация в пространстве связей развивается именно таким образом.

Разумеется, это грубое приближение. «Связность» разных обществ, находящихся на разных стадиях развития, имеющих или не имеющих кастовую или клановую структуру, различна. Однако уже понятно, что эта характеристика – одна из важнейших в современном сетевом мире.

Эти феномены, вероятно, связаны с психологическими характеристиками человека. В самом деле, проводимые исследования показывают, что человек не может следить более чем за 5–7 величинами, медленно меняющимися во времени (при достаточно быстрых изменениях это число еще меньше). Человек не может компетентно и эффективно учитывать более 5–7 переменных при принятии решения (именно это объективная основа возникновения бюрократии и иерархических организационных структур). Человек не может эффективно, конструктивно взаимодействовать более чем с 5–7 людьми, воспринимать их активность и инициативу. У руководителя не может быть слишком много заместителей – большими коллек-

тивами приходится руководить опосредованно, либо «через кого-то», либо рассматривая человека как элемент, реакция которого на поступающие указания просчитана и понятна (достаточно напомнить, что такой руководитель, как И. В. Сталин, знал имена, фамилии и отчества более 5000 человек, с которыми взаимодействовал). Вероятно, существует некое психологическое «соотношение неопределенностей» – чем проще ожидаемые реакции субъектов, тем больше их может быть в сети взаимодействий.

Отсюда понятно, что одной из центральных проблем и в социальной психологии, и в социологии являются «механизмы упрощения реальности» в сфере взаимодействия. Очевидно, что этот вопрос, связанный с субъективной самоорганизацией, с ее психологическими основами, становится одним из ключевых в общественных науках. Естественно, все это проецируется на системы искусственного интеллекта, обеспечивающие и поддерживающие взаимодействие субъектов, экспертов, руководителей, пользователей.

Не менее глубокими и парадоксальными представляются законы субъективной самоорганизации, проявляющиеся на индивидуальном уровне при формировании структур в пространстве знаний, при определении стратегий в ситуациях форсированного выбора.

Суть проблемы состоит в том, что информационное пространство, связанное, к примеру, с принятием врачебных решений, очень велико (как правило, сотни признаков), а во внимание (в силу информационно-психологических характеристик человека) может быть принято немного (единицы признаков, результатов анализов или наблюдений). Но что именно? Это выясняется в ходе профессиональной деятельности врача.

Это «скрытое знание» для очень многих болезней, для которых нет простых и однозначных алгоритмов лечения, самому врачу не удастся отрефлексировать. В ответ на прямой вопрос: что же учтено при постановке диагноза или выборе тактики лечения, врачи сплошь и рядом начинают фантазировать либо пересказывать лекции, которые слушали, или учебники, которые читали. Из книги в книгу кочует крылатый афоризм: «Образование – это то, что остается, когда все выученное забыто». Но что остается? И что появляется в ходе профессиональной деятельности врача?

Для ответа на этот вопрос в научной школе академика И. М. Гельфанда был предложен метод *диагностических игр* (Гельфанд, Розенцельд, Шифрин, 2004). Работы в этом направлении активно развиваются в настоящее время в ИПМ Ю. Б. Котовым (Котов, 2004). Суть метода сводится к следующему. Математик зачитывает фрагменты истории болезни, врач задает вопросы, диалог протоколируется и фиксируется, на каком этапе врач готов поставить диагноз, и что же в самом деле было принято во внимание.

Характерные результаты исследования можно проиллюстрировать на примере задачи о ведении беременности женщин с рубцом на матке (Котов, 2004). При рождении второго ребенка женщинами, которым делалось кесарево сечение при первых родах, врачам рекомендуется вновь делать кесарево сечение. Однако в ряде случаев опытные врачи обходятся без этого, что положительно оказывается на здоровье женщины и ребенка. Как они действуют?

Описание беременной женщины включает более 400 качественных и количественных характеристик. Все они, очевидно, не могут быть приняты во внимание врачом. Оказалось, что решение зависит от времени, когда ставится диагноз, и от управляющих воздействий, которыми располагает врач. В начале беременности оказалось, что существует 3 параметра порядка (в терминах синергетики), которыми руководствуется врач. За 3 месяца до родов его решение предопределяют 4 переменные (совсем не те, которые в начале беременности), и в процессе родов существенным оказывается один параметр. Чтобы понимать, как на его основе принимать решение врачу, строится математическая модель. Ее динамика настолько проста, что здесь не нужен компьютер - достаточно двух определенным образом размеченных и скрепленных циферблатов! Чем глубже понимание, тем проще может быть модель. Эта задача наглядно показывает, что *главный итог профессиональной деятельности - самоорганизация в информационном пространстве решающих правил.*

Если кругозор врача широк и удастся выявить и реализовать в компьютерных системах достаточно большой набор решающих правил, то это означает создание компьютерного «alter ego» - путь к профессиональному бессмертию. Естественно, эти проблемы в той или иной степени рассматриваются в современной теории принятия решений (Ларичев, 2000). Однако, как показывает развитие этой теории, и, в частности, проблемы многокритериальной оптимизации, обычно не удастся решить «за человека» или «лучше человека», и приходится ставить более близкие и доступные цели - облегчать, упрощать, сделать более наглядным выбор для лиц, принимающих решения. Столь масштабные и амбициозные постановки задач, как «профессиональное бессмертие», вновь и вновь возникают в трудах западных исследователей в различном контексте. В России такой подход в течение многих лет успешно развивался в научной школе академика О. И. Ларичева.

Субъективная организация развивается и имеет место и в совершенно другом диапазоне масштабов - в ансамблях клеток мозга - нейронов. Суть дела кажется очевидной - нейрофизиологи прекрасно понимают морфологию и в основных чертах динамику отдельного нейрона. Она достаточно проста. И встает естественный вопрос: откуда же возникает сложность, связанная с сознанием? В теории нейронных систем развивается парадигма, называемая *коннекционизмом*. Ее лейтмотив таков: «отдельные нейроны - ничто, связи - все». Именно с формированием связей в ходе обучения, восприятия, воспитания, решения задач исследователи связывают ассоциативную память, распознавание образов, возникновение других элементов сознания. При этом, естественно, ключевое значение приобретают *алгоритмы спонтанного возникновения связей в различных условиях*, т. е. та же субъективная самоорганизация.

Следует признать, что пока в большинстве своем алгоритмы возникновения связей остаются в массе своей свёрхупрощенными. Приведем пример. Одной из базовых моделей теории нейронных сетей является модель Хопфилда, демонстрирующая процесс обучения, ассоциативную память, «голографическую организацию» запомненной информации. При этом алгоритм формирования связей определяется

правилом Хебба:
$$J_{ij} = \begin{cases} \mathbf{1} & \text{„}j\text{..} = -\mathbf{V}\mathbf{f}\text{.}\mathbf{f}\text{. при } i \neq j \text{ и} \\ 0, & (6) \end{cases}$$

где J_{ij} – все связи между i -м и j -м нейроном, N – общее число нейронов, M – число ключевых образов, на которых обучается нейронная сеть, состояние i -го нейрона в случае входного образа может принимать значение 1 или -1 .

Правило Хебба было предложено исходя из следующих нейрофизиологических представлений. Обучение нейронных ансамблей, по-видимому, связано с возникновением положительных обратных связей. Вероятно, эти связи должны, в первую очередь, устанавливаться между теми нейронами, которые при выполнении одной задачи оказываются в одинаковом (например, возбужденном) состоянии. В модели это должно соответствовать усилению связи, например, между i -м и j -м нейроном J_{ij} . Другими словами, в формуле (Хант, 1978) подсчитывается общее число раз, которое нейроны оказывались в одинаковом состоянии при предъявлении M ключевых образов (Малинецкий, Потапов, Подлазов, 2006).

Мы привели и прокомментировали формулу (Хант, 1978), чтобы проиллюстрировать, насколько абстрактны и схематичны сегодняшние модели нейронных сетей, насколько большой путь предстоит пройти к более полному и глубокому пониманию «аппаратной основы» (hardware) естественного интеллекта.

Вернемся на социальный уровень. Одним из типов самоорганизации здесь является *игра*. История, этнография, социология в XX в. выявили принципиальное значение этого элемента в человеческом обществе. Один их исследователей, глубоко осмысливший эти проблемы, Йохан Хейзинга в книге *Homo Ludens* (человек играющий) так оценивает роль игры: «Шаг за шагом мы подошли к заключению: подлинная культура не может существовать без определенного игрового содержания, ибо культура предполагает известное самоограничение и самообладание, известную способность не видеть в своих собственных устремлениях нечто предельное и высшее, но рассматривать себя внутри определенных, добровольно принятых границ. Культура еще хочет в известном смысле *играться* – по обоюдному соглашению относительно определенных правил» (Хейзинга, 1992, стр. 168).

Однако как возникают, развиваются, отбираются и модифицируются правила различных игр? Несмотря на множество интересных наблюдений и описаний, ответы на этот вопрос не позволяют прийти до уровня математических моделей, позволяющих осмыслить эту важную сферу развития естественного интеллекта. Соответственно, аналогичные механизмы не могут быть воплощены в системах искусственного интеллекта, в частности в многоагентных системах.

Другими словами, возникновение в играх правил и отражение этого в системах искусственного интеллекта представляет собой глубокую междисциплинарную проблему.

К ней примыкает еще одна фундаментальная задача – возникновение и развитие в ходе эволюционного процесса альтруистических стратегий. Суть дела в следующем. Носитель альтруистической стратегии, если таковой нашелся в популяции, должен проигрывать в конкурентной борьбе особям, лишенным ее. В соответствии с дарвиновской концепцией, естественный отбор должен привести к исчезновению альтруизма, по крайней мере, по происшествии длительного времени. Но без него практически любая социальная общность «рассыпается».

Новый взгляд на этот «парадокс альтруизма» позволило предложить недавно возникшее направление синергетики – *искусственная жизнь*. В рамках этого на-

правления имитируется поведение и эволюция популяции агентов (поэтому это направление часто относят к многоагентному моделированию). Каждый агент имеет свой генотип (веса связей некоторой нейронной сети). В соответствии с ним агент реализует свою жизненную программу. Генотип в данных конкретных условиях, в которых оказывается агент, определяет его фенотип (в данном случае – набор поведенческих реакций). При этом, как в настоящей биологии, связь между генотипом (тем, что возможно в потенции) и фенотипом (тем, что наблюдается в данном окружении и среде) может быть достаточно сложной. Агенты могут нападать, защищаться, передвигаться в пространстве, делиться, гибнуть. Они могут передавать потомкам свой генетический материал. Естественно, учитываются и мутации.

Иными словами, мы имеем классический «эволюционный треугольник» – *наследственность–изменчивость–отбор*, которые в течение десятков лет разными способами учитываются в разнообразных математических моделях. Однако в искусственной жизни возникает и принципиально новый элемент – возможность рассматривать большое пространство потенциальных поведенческих стратегий. В классической модели «хищник–жертва» с самого начала очевидно, кто хищник, а кто жертва. Здесь же возможных стратегий много (характерное значение 2^{1000}), и роли, которые будут «выбираться действующими лицами», появляются в ходе коэволюции всего сообщества.

Результаты построения моделей искусственной жизни в связи с проблемой возникновения альтруизма весьма впечатляющи. Потенциальная возможность отличать «своих» от «чужих», которой агенты в ходе эволюции научились пользоваться, привела к тому, что все бóльшую роль начал играть *групповой отбор* – агент, к примеру, может стремиться находиться в обществе себе подобных и оптимизировать свои действия именно в таких условиях, что будет закрепляться и в следующих поколениях.

Вывод оказался достаточно парадоксальным и для этнографов, и для математиков, и для биологов – работа М. С. Бурцева и П. В. Турчина, в которой описаны результаты анализа этой модели, была опубликована в журнале «Nature» (ее перевод дан в книге П. В. Турчина [2007]). При этом наряду с очевидными стратегиями «ястреба» (хищника – нападать на всех, на кого может) и «голубя» (жертвы – прятаться от всех) выявились новые стратегии. Это «вороны» (коллективное нападение, при лояльности к себе подобным – «ворон ворону глаз не выклюет») и «скворцы» (коллективная оборона).

Существенная особенность модели – множество различных режимов, изменение в ходе эволюции «фаворитов», сложные законы изменения различных стратегий, каждая из которых не дает «решающего преимущества» и ценна применительно к данному системному окружению (см. рисунок 2).

Видимо, модели искусственной жизни будут широко использоваться не только для ряда исследовательских задач, но и как инструмент для решения ряда прикладных задач, предполагающих использование искусственного интеллекта.

Подведем итоги, сформулируем и прокомментируем ряд открытых задач в теории субъективной самоорганизации.

1 *Открытие психологического кода.* Вероятно, главным открытием XIX в. было открытие «химического кода» – выяснение того набора элементов, из которых со-

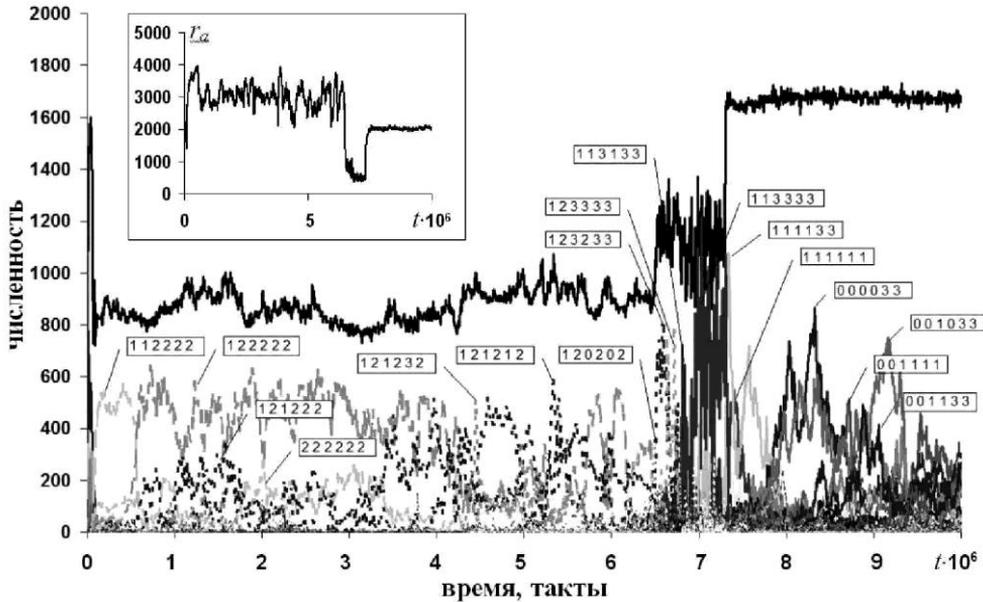


Рис. 2. Пример эволюции популяции агентов в модели искусственной жизни. Динамика численности агентов популяции, имеющих разные поведенческие стратегии. В прямоугольниках на рисунке указаны гены, соответствующие данным видам. На врезке показано изменение среднего по популяции значения внутреннего ресурса агентов от времени

стоят все вещества. Ключевым открытием XX в. было установление «биологического кода». Исследователи показали, что все живое может быть описано на языке четырехбуквенных последовательностей А, Т, Г и С, которые с помощью единого для всего живого кода образом переводятся в 20 аминокислот. Главным результатом науки XXI в. может стать открытие «психологического кода» – способа передавать, обрабатывать и хранить сигналы от органов чувств, результаты работы сознания. Очень интересно было бы узнать, насколько универсален этот код для разных видов, каким образом он возник в ходе биологической эволюции (для генетического кода эти вопросы активно изучаются в настоящее время) (Малинецкий, Бурцев, Науменко, Подлазов, 2000).

- 2 *Выяснение алгоритмов забывания, методов выделения существенного в интеллекте и реализация соответствующих процедур в искусственном интеллекте.* Человек и многие животные обладает поразительной способностью «редактировать» информационные потоки и результаты их анализа, «сворачивать» огромный объем материала. Очевидно, развитие искусственного интеллекта сегодня непосредственно зависит от того, удастся ли выявить эти алгоритмы.
- 3 *Выявление механизмов самоорганизации в пространстве знаний.* Выше речь шла об анализе профессионального знания и решающих правил в деятельности врача. Допустим даже, что исследователю удалось понять, каковы они. Но гораздо важнее было бы понять, как они возникают, как сознание выделяет главное из огромной массы неупорядоченных данных. Здесь хотелось бы добиться по-

нимания в третьем смысле этого слова – понимания как инструмента, позволяющего достичь своих целей. Цели очевидны – поиск «царского пути» в подготовке и образовании. В самом деле, американский опыт показывает, что с того момента, как будущий кардиолог переступит порог университета, до того времени, как он начнет оперировать на сердце, проходит около 15 лет – значительная часть активной жизни. Прогресс общества (тем более, если говорить об «экономике знаний») коренным образом зависит от того, удастся ли понять, как человек учится и приобретает опыт, и научиться делать это эффективнее (первые попытки сделать это [Владимиров, Воробьев, Малинецкий, 2000] пока очень далеки от желаемого – разрыв между математической психологией, реальной педагогикой и интеллектуальными компьютерными системами пока очень велик).

- 4 *Моделирование понимания, эмоциональной и интуитивной сфер.* По-видимому, результатом и обучения, и научной деятельности, и художественного творчества является *понимание* мира, общества, других людей, себя. Как ни странно, этот важнейший феномен оказался, по сути, вне конкретного естественнонаучного анализа, вне сферы моделирования. С другой стороны, во многих ситуациях развитая эмоциональная и интуитивная сфера является сильной стороной человеческого сознания. И вновь эти важнейшие области, по сути, оказались за рамками серьезного научного исследования (первые работы по «психологии счастья» появились весьма недавно). И это еще один вызов и для теории субъективной самоорганизации, которую предстоит создать, и для искусственного интеллекта (обратим внимание на словосочетания «эмоциональный интеллект» и «интуитивный интеллект», которые начали использоваться в психологической литературе).
- 5 *Понимание механизмов принятия коллективных решений (парадокс консилиума).* На первый взгляд, кажется, что «коллективный разум» менее эффективен, чем интеллектуальная деятельность наиболее сильного члена малой группы. Здесь срабатывает «математическая интуиция» – любое разумное усреднение дает значение, меньшее максимального. Но это сплошь и рядом оказывается не так. Яркий пример — медицинский консилиум, работа ряда экспертных групп, хорошо организованных штабов. Большой опыт *ролевых игр* показывает, что в процессе субъективной самоорганизации (оптимальные условия для которой создает игротехник) команда вырабатывает решения более эффективные, чем те, которые мог бы предложить любой член коллектива сам по себе. Несмотря на огромный эмпирический материал, исторический опыт, пособия по теории управления и психологические исследования, вероятно, здесь не удалось достичь понимания во втором смысле – предложить простую, объясняющую это явление концептуальную (не говоря уже о математической) модель. Вероятно, это дело будущего.

Моделирование, понимание и использование рефлексивных процессов

Классическое направление теории управления связано с усложнением блока обратной связи, передающего часть выходного сигнала после его преобразования на вход управляемой системы. Универсальность этого пути, осознанная Нор-бертом Винером, легла в основу кибернетики. И огромное число работ по теории управления, начатых еще Леонардом Эйлером и опирающихся на вариационное

исчисление и теорию обыкновенных дифференциальных уравнений, прекрасно легло в эту схему.

Однако усложнение этих систем, повышение их интеллектуальности заставило сделать следующий шаг - *перейти к теории адаптивного управления*. Один из основоположников современной теории управления, академик А. А. Красовский определяет самонастраивающуюся или адаптивную систему как «...автоматическую систему, осуществляющую поиск оптимального состояния и изменяющую режим работы системы и перестраивающую ее параметры (а иногда и структуру) в соответствии с найденным оптимальным состоянием» (по: Тюрин, Терехов, 2008, с. 78).

Следующий шаг, очевидно, связан с повышением автономности блока обратной связи, с приданием ему способности выбирать образ действий, исходя из поставленной общей задачи, анализировать эффективность своих действий, извлекать опыт из предшествующей деятельности. Другими словами, речь идет о введении *рефлексивного элемента* в контур управления.

Это излюбленная тема авторов фантастических романов. Азимов, Шекли, Лем внесли большой вклад в обсуждение этих проблем. С другой стороны, материальная основа hardware робототехники со своей стороны приближается к необходимому для этого уровню сложности (Тюрин, Терехов, 2008).

Поэтому огромное значение приобретает теория *рефлексии* как одной из важнейших составляющих интеллектуальной деятельности. Один из классиков назвал человека «логическим животным», однако с не меньшим, а может быть, и с большим основанием его можно назвать «рефлексирующим животным».

Исходя из этого важную роль в теории естественного и искусственного интеллекта должна играть *теория рефлексивных процессов*. Основы такой теории были заложены советским (а впоследствии - американским) ученым В. А. Лефевром (2003). Акцент в этой теории был сделан на проблемах морального выбора. Рассматривается объект, действия субъекта, направленные на объект, осмысление субъектом своих действий - рефлексия первого уровня. В задачах, касающихся нравственных проблем, эта рефлексия может рассматриваться как совесть. Отсюда и название одной из наиболее известных книг В. А. Лефевра - «Алгебра совести».

В основе моделей теории рефлексии лежит предположение о том, что субъект обладает *интенцией* (намерением) совершить некое действие и реальной *готовностью* претворить эту интенцию в действие. Интенция при этом отражает внутренний мир человека и соответствует субъективной модели себя, которая есть у человека. Готовность же отражает исполнительную систему субъекта и характеризует человека с точки зрения внешнего наблюдателя. Мир для субъекта состоит из трех эпох: *настоящее, прошлое, будущее*. Каждая эпоха имеет моральную характеристику - она либо позитивна, либо негативна.

Настоящее способно оказывать влияние на субъекта непосредственно в момент выбора. Позитивное настоящее склоняет субъекта совершить добро, негативное - зло. Будущее прямо зависит от выбора, который совершает субъект в настоящем.

Центральное уравнение этой теории - *уравнение выбора*:

$$A_1 = a_1 + a_2 - W, \quad (7)$$

где «+» соответствует дизъюнкции, «.» - конъюнкции, а «-» - логическому отрицанию. Переменная *A* отражает готовность субъекта выбрать одну из альтернатив.

Значение $A = 1$ говорит о том, что субъект готов выбрать позитивный полюс, $A = 0$ что негативный.

Переменная a_1 представляет собой настоящее: $a_1 = 1$ говорит, что мир склоняет субъекта к позитивному выбору, $a_1 = 0$ - к негативному. Переменная a_2 аналогичным образом характеризует прошлое. Переменная W представляет будущее. Значение $W = 1$ интерпретируется как вера субъекта в то, что мир в будущем будет позитивен, а $W = 0$ - что негативен.

Переменная W - булева функция, в простейших случаях она зависит от двух переменных $W = W(x_3, B_3)$. Значение x_3 характеризует намерения самого субъекта ($x_3 = 1$ говорит о том, что он намерен выбрать позитивный, $x_3 = 0$ - негативный полюс). Переменная B_3 описывает партнера, от действий которого зависит исход будущей ситуации для рассматриваемого субъекта с точки зрения последнего.

Принципиальную роль в данной теории играет *принцип саморефлексии* - субъект стремится действовать так, чтобы устанавливалось и сохранялось подобие между действиями и его внутренней моделью себя, чтобы его интенция совпадала с его готовностью (интенциональный выбор). Исходя из этого $A_1 = x_3$, и уравнение (7) приобретает вид:

$$f_{ij} + a_2 \cdot I_{\{x_b, B_b\}} = x_3. \quad (8)$$

Ситуация, когда это уравнение имеет два решения ($x_3 = 0$ и $x_3 = 1$), соответствует *свободному выбору*. Существование единственного решения соответствует тому, что реальность предопределяет выбор субъекта. Отсутствие выбора может рассматриваться как моральный тупик, в котором оказывается субъект.

Следующий принципиальный шаг в теории связан с *частотной интерпретацией* процесса выбора - переменным a_1 , a_2 , x_3 и B приписываются вероятности, с которыми они принимают значения 0 или 1. Это соответствует тому, что субъект испытывает многократные толчки, склоняющие его к выбору одного из полюсов.

Наконец, развитие модели связано с анализом того, как мы представляем действия партнера. В простейшем случае (мы полагали, что Другой устроен совсем просто) возникают линейные модели, в более сложном случае (предполагая его способность к неочевидным парадоксальным реакциям) надо рассматривать нелинейные модели. Работы С. А. Анисимовой (2007) показали, насколько интереснее и шире оказываются возможности описания рефлексии и тех ситуаций, к которым применим такой формальный анализ.

Несмотря на простоту основных идей теории, спектр ее приложений оказался весьма широк. Здесь и процесс ведения переговоров, и эскалация конфликтов, и стратегии противодействия терроризму, и «стокгольмский синдром» (парадоксальное поведение заложников, оказавшихся в плену), и моральные вопросы, рассматриваемые в романе Ф. М. Достоевского. Во многом развитие теории связано с деятельностью ученика В. А. Лефевра профессора В. Е. Лепского, создавшего журнал «Рефлексивные процессы и управление» (www.reflexion.ru).

Использование теории рефлексивных процессов в задачах искусственного интеллекта предполагает существенное развитие этой теории и решение ряда открытых проблем. Обратим на них внимание.

Обоснование теории, не сводящееся к проблеме морального выбора. В первоначальном варианте теории В. А. Лефевр постулировал, что в ее основу положена

его моральная интуиция. Последующие работы В. Ю. Крылова, С. А. Анисимовой показали, что привнесение моральной интуиции исследователя (вообще говоря, не опирающееся на научную базу современной психологии) остается необходимым элементом для содержательного анализа конкретных проблем. Поэтому теория нуждается в более прочном и надежном обосновании.

Обоснование и оценка границ применимости частотных интерпретаций. Можно предположить, что экзистенциальный выбор, который делается в ситуациях, когда речь идет о жизни и смерти, и выбор, который делает покупатель в универсаме, различны. Вероятно, они требуют разного описания. К примеру, потому, что экзистенциальный выбор делается нечасто и человек выступает обычно как дилетант, не имеющий опыта. В то же время опыт покупок у каждого огромен. Поэтому в первом случае трудно говорить о вероятности и частоте (человек сплошь и рядом не представляет самого себя в критических ситуациях), в то время как во втором случае такой подход оправдан. Нынешняя теория это обстоятельство в должной мере не учитывает. Видимо, это вопрос будущего.

Проблема оценки степени рефлексии, необходимой для анализа ситуации. Эту проблему в свое время поставил еще Эммануил Кант, считая ее важной философской задачей. Он предложил своим студентам вообразить стену. Затем представить себя, воображающих стену. После этого помыслить себя, представляющих себя, воображающих стену и т. д. По его мысли, человеческий разум слишком слаб, чтобы подняться выше второй ступени по лестнице степеней рефлексии. В математическом фольклоре бытует мнение, что закладывать в модели степень рефлексии выше второй не имеет смысла, так как это усложнение не дает нового качества.

Неочевидно, что это так, однако в контексте формальных рефлексивных теорий и систем искусственного интеллекта проблема выступает в совершенно ином свете. В самом деле, в рефлексивных играх соперник старается переиграть партнера, имея степень рефлексии на единицу большую, чем у соперника. Системы искусственного интеллекта при наличии формальных процедур вывода могут обеспечить любую желаемую степень рефлексии. Очевидно, такие же системы могут быть у соперника. Возникает столкновение «рефлексивных систем искусственного интеллекта». Эту возможность, насколько мне известно, никто всерьез не рассматривал, в то время как это стоило бы сделать. Если она в каком-то варианте реализуется, то это означает, что машина будет не просто обыгрывать человека в шахматы, а превосходить его в гораздо более важных, существенных вещах.

Проблемы взаимодействия рефлексивных субъектов (анализ стратегии). Существует тысячелетняя традиция исследования приемов обмана, лжи, манипулирования сознанием. В частности, в Древнем Китае несколько тысяч лет назад были систематизированы стратегии, применяемые в политике и военном искусстве. Их оказалось 36. В русском переводе они получили название «стратагем» (Воеводин, 2002). С другой стороны, есть глубокие работы, посвященные социально-психологическому анализу обмана (Дубровский, 1994). С третьей стороны, накоплен огромный опыт использования техник манипулирования массовым сознанием в XX в. (Кара-Мурза, 2000). Поэтому, казалось бы, может быть построена формальная теория стратагем – инструмент и защиты, и нападения. Следовало бы провести исследование схем, применяемых и развиваемых в разных культурах и цивилизациях.

Такой анализ был бы исключительно важен в ряде систем поддержки принятия управленческих решений. Однако в научной литературе, насколько мне известно, работ этого жанра не опубликовано.

Построение иерархии концептуальных и математических моделей рефлексивных процессов. Любая фундаментальная теория имеет свои границы применимости. Более того - степень зрелости теории определяется тем, насколько ясно развивающие ее исследователи эти границы осознают. Вспомним три классические задачи античной математики, упоминавшиеся в начале статьи. В рефлексивной теории пока не очерчены границы, в которых теория применима в простейших вариантах, и области, где нужно ее развитие. От того, насколько быстро и эффективно будет проведен такой анализ, зависит его роль в развитии теории искусственного интеллекта.

Анализ более сложных выборов. Альтернативой теории рефлексивного выбора является *теория рационального выбора*. В соответствии с последней субъект рассчитывает прибыли и издержки и действует в соответствии с полученным результатом. Говоря более формально, он оценивает *ожидаемую полезность* S , связанную с выбором решения (реализацией данного проекта):

N

где N - число сценариев, в соответствии с которыми могут развиваться события, p_i - вероятности этих сценариев, x_i - соответственно прибыли или издержки, связанные с реализацией разных сценариев. Теория рационального выбора положена в основу множества моделей математической экономики, теории управления риском, ряда технологий.

Однако анализ множества реальных выборов, делаемых лицами, принимающими решения (Риск, неопределенность, случайность, 1994), показывает, что вместо рационального и «объективного» подхода (Вигнер, 2002) они исходят из «субъективного» алгоритма, оценивая и сравнивая величины S_i , связанные с разными проектами:

$$S_i = \sum_{j=1}^N p_j x_j \quad (10)$$

Эта формула отличается от соотношения (9) тем, что, во-первых, учитываются не все возможные сценарии $M < N$. Во-вторых, вместо истинных вероятностей фигурируют *субъективные вероятности* $h(p_i, x_i)$, отражающие представления человека о том, насколько часто случается то или иное событие (психологические исследования показывают, что если $p_i < 10^{-5}$, то для большинства людей $h(p_i, x_i) = 0$, как бы ни была велика величина x_i). Множитель $f(x_i, p_i)$ отражает представление об ожидаемой полезности приобретения x_i , если оно может произойти с вероятностью p_i . Глядя на соотношение (10), можно сказать, что функции h и f отражают интуитивные и эмоциональные моменты предпринимаемого выбора. Они, вероятно, опираются на предшествующий опыт лица, принимающего решение. И в конкретном случае совсем не очевидно, что следует действовать «объективно», в соответствии с соотношением (9), а не «субъективно», исходя осознанно или подсознательно из формулы (10).

Подчеркнем, что в любом случае соотношения (8), (9) и (10) кардинально различаются. И исследователь сейчас, как правило, оказывается в положении плохого ученика, жаждущего узнать, в какую формулу ему следует подставлять данные, известные из условия задачи. Очевидно, во множестве ситуаций моральные, интуитивные, эмоциональные и рациональные мотивы при принятии решения переплетаются и взаимодействуют. Очевидно, все это зависит от того, насколько далеко и эффективно мы можем заглядывать в будущее. Теорий, которые бы исходили из такого видения, пока не создано. Однако именно они и нужны сегодня и в психологии, и при решении прикладных задач, и в искусственном интеллекте.

Попытка Большого Синтеза

На искусственный интеллект можно смотреть как на прикладную компьютерную науку, помогающую решать конкретные практические задачи, заимствуя представления о самом интеллекте и сознании из других дисциплин, либо можно исходить из высокого научного стандарта, строить мост между гуманитарной и естественнонаучной культурой и полагать, что фундаментальные вопросы, касающиеся сознания, имеют непосредственное отношение и к представлениям об интеллекте, является ли он искусственным или естественным. Здесь возникает очень важная междисциплинарная связь – исследования в области естественного интеллекта стимулируют появление новых подходов к искусственному, а достижения в области компьютерных систем, имитирующих элементы сознания, позволяют лучше понять само сознание. И здесь целью является «понимание» во втором смысле, как формулировка принципов и простых моделей, объясняющих наблюдаемые феномены.

С этой точки зрения исключительно важным и в методологическом, и в конкретно научном плане представляются предпринимавшиеся в последнее десятилетие попытки связать вопросы сознания с фундаментальными физическими теориями.

Есть две общие проблемы, связывающие две твердыни научной картины мира – физику и психологию.

Первая проблема связана с гигантским увеличением возможностей психических систем. В 1940-е годы выдающийся ученый академик Николай Иванович Вавилов ставил задачу выяснить, способен ли человеческий глаз после длительной аккомодации воспринимать отдельные кванты света. И такая возможность, связанная с гигантским усилением нервной системой сверхмалых оптических возбуждений, была установлена.

С другой стороны, важнейшим феноменом и одновременно «большим ребенком» квантовой механики является редукция волнового пакета. В самом деле, в классическом опыте по дифракции электрона на двух щелях, описанного в любом курсе квантовой механики, единственный электрон описывается функцией, определяющей вероятность его нахождения в разных частях пространства. В то же время, попадая на экран, он «превращается» в частицу, которая фиксируется макроскопическими приборами. Это явление сейчас часто называется «субъективной редукцией» в связи с тем, что «субъект» решил наблюдать микрообъект. Этот акт «наблюдения» и выводит квантовый эффект на макроскопический уровень. Исследователи не «поняли» (во втором смысле) этого удивительного явления, они просто привыкли к нему. Это

явление было предметом дискуссии Бора с Эйнштейном, оно до сих пор обсуждается с разных позиций выдающимися теоретиками.

Итак, в обоих случаях мы имеем дело с гигантским усилением и с механизмами вывода микроявлений на макроуровень. Однако теории гигантских усилителей, будь то в физике или в нейронауке, пока не создано. Например, возникает очевидный вопрос, навеянный радиотехникой: при таком гигантском коэффициенте усиления «прибор» должен беспрестанно шуметь. Однако этого почему-то не происходит. В чем же дело?

Вторая проблема касается описания и моделирования процессов, связанных с взаимодействием нескольких иерархических уровней организации. В самом деле, возьмем биологическую иерархию *молекула–клетка–ткань–орган–организм–популяция–биоценоз*. При описании явлений, протекающих «между уровнями», возникают большие проблемы, которые неясно, как решать. Неясно, как сущности одного уровня, взаимодействуя или самоорганизуясь, образуют сущности или структурные единицы следующего уровня.

Суть этой проблемы можно пояснить на примере модных ныне «нанотехноло-гий». Последнее слово взято в кавычки в силу спекулятивной постановки самой «нанотехнологической программы» (нельзя начинать программу, не обозначив целей и того, что должно получиться в конце). Кроме того, «технологии» – процедуры, связанные с производством чего-либо, невозможны без «наноинженерии» – отработанных инженерных, технических решений создания новых продуктов, услуг, возможностей. Наноинженерия невозможна без «нанонауки», которой пока нет и которую только предстоит создать.

Здесь есть очень много открытых и глубоких проблем, связанных с процессами на наномасштабах ($1 \text{ нанометр} = 10^{-9} \text{ м}$). Раньше такие масштабы называли «мезомасштабами» («мезо» – средний). Они слишком велики, чтобы пользоваться для них моделями квантовой механики и атомной физики, и слишком малы, чтобы применять методы и модели, работающие на макромасштабах (Еленин, 2002).

Одна из наиболее волнующих проблем, связанных с сознанием и интеллектом (а поэтому и с достаточно широко понимаемым искусственным интеллектом), оказалась сопряжена с нанонаукой и самоорганизацией.

Напомним основную идею нанонауки, высказанную выдающимся физиком XX в. Р. Фейнманом в канун 1960 года в замечательной статье «Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики» (Фейнман, 2002). Идея состояла в том, чтобы производить совершенные на атомном уровне материалы, собирая с помощью микромашины атом за атомом. Машины же предполагалось строить итерационным образом: макромашины создают машины поменьше, те создают по своему образу и подобию еще меньшие и т. д. – вплоть до атомного уровня, где микромашины уже могут собирать желаемые структуры.

Долгие годы эта захватывающая идея казалась фантастичной и нереализуемой. Дело в том, что строить таким образом все меньшие и меньшие машины не удастся. Чем ниже уровень, тем большее значение приобретают поверхностные эффекты, радиационные повреждения и т. д. Тем не менее, открытие туннельного микроскопа открыло возможность и наблюдать отдельные атомы, и манипулировать ими, т. е., по сути, двигаться «сверху вниз», как и предлагал Р. Фейнман. Однако материалов

требуется много, поэтому нужны иные способы создания таких структур, инструменты для движения «снизу вверх». Их сейчас связывают с самоорганизацией, самоформированием, самосборкой – с тем, что изучает синергетика.

Вернемся к проблеме сознания. Со времен классической работы испанского ученого С. Рамона-и-Кохаля (Нобелевская премия 1906 года), научившегося окрашивать ткани мозга, было установлено, что мозг состоит из отдельных клеток – нейронов. По данным нейробиологии, их насчитывается около 10^{12} . Сравнение нейронов и основного логического элемента компьютера – триггера – дает удивительный результат. Приведем только две поражающие воображение цифры. Скорость срабатывания триггера примерно в миллионы раз больше, чем нейрона, скорость передачи сигнала также в миллионы раз больше, чем в мозге. Это означает, что мы не понимаем основополагающих принципов работы сознания и интеллекта, что мозг устроен принципиально иначе, чем компьютер.

Зададим себе принципиальный вопрос: *на каком уровне происходит самоорганизация, обеспечивающая работу мозга.* Ответ долгие годы казался очевидным – конечно, на уровне отдельных нейронов и нейронных ансамблей. Он стал казаться еще более очевидным с развитием теории нейронных сетей, ориентированных на воспроизведение архитектуры и принципов организации мозга.

Однако в 1990-х годах выдающийся английский математик и физик-теоретик Роджер Пенроуз выдвинул альтернативную гипотезу. Занимаясь поиском непериодических замещений плоскости различными паркетами и плитками из заданного множества, Р. Пенроуз доказал *алгоритмическую невычислимость* решения такой задачи. Это означает, что нельзя предложить алгоритм для машины Тьюринга, после выполнения которого можно было бы получить решение этой проблемы. Этот подход тщательно и всесторонне обсуждался в его книге «Тени разума» (Пен-роуз, 2003), получившей большую известность среди физиков, математиков, специалистов по нейронауке.

Откуда же берется эта невычислимость? (Заметим, что при наличии таковой легко решается вечный философский вопрос о свободе воли.) По мысли Р. Пенроуза, трудности с объяснением и пониманием феномена сознания связаны с неполнотой и незавершенностью квантовой механики. Он предположил, что наряду с «субъективной редукцией» волнового пакета, связанной с актом наблюдения, существует и «объективная редукция». Она возникает, когда ансамбль квантовых частиц, находящихся в «зацепленном состоянии», приобретает классические свойства. Из суперпозиции состояний выделяется одно, которое и делает ансамбль в этот момент классическим (см. рисунок 3).

Такая гипотетическая «квантовая самоорганизация» возможна, если за ансамблем квантовых взаимодействующих частиц достаточно долго не наблюдают либо если им определенным образом добавляют энергию. При этом акт сознания связан с результатом такого «квантового вычисления».

Не останавливаясь на сложных и интересных деталях этой теории, непроработанности ряда ее фрагментов и вопросах экспериментальной проверки, а также альтернативах (эти вопросы затронуты в книге Р. Пенроуза [2003] и в предисловии к ней), обратим внимание на поразительную красоту этого подхода и его методологическую смелость. В самом деле, в современной физике в качестве мечты

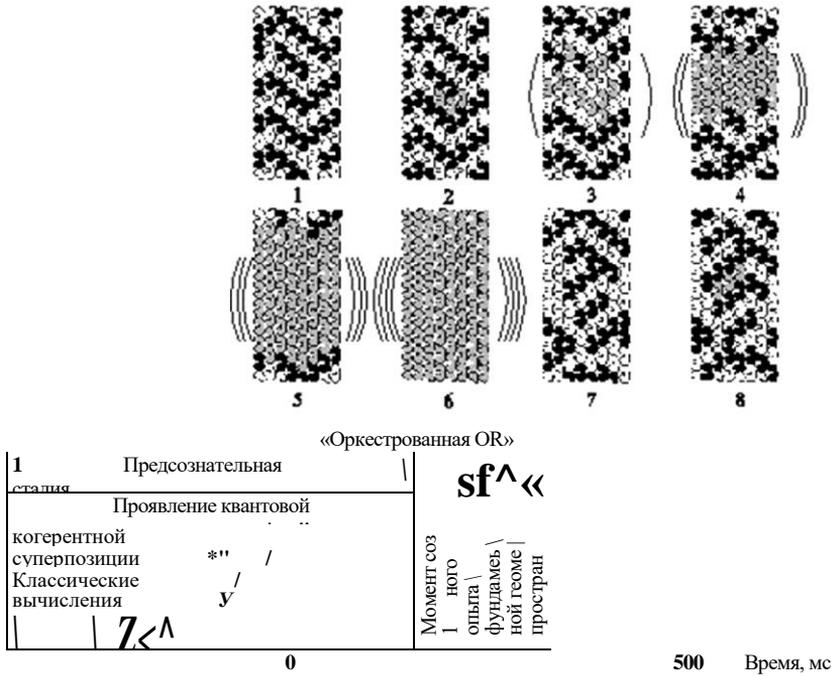


Рис. 3. Гипотетический механизм возникновения самоорганизации на квантовом уровне в ансамбле тубулинов:
 а - состояние тубулинов в последовательные моменты времени. Черным и белым помечены разные конформации тубулинов. Серым - сцепленные квантовые состояния;
 б - формирование «общего мнения» ансамбля взаимодействующих тубулинов в результате «квантового голосования»

и желанной цели часто выступает Великое Объединение – теория, охватывающая и описывающая все четыре фундаментальных взаимодействия, известных физике. Однако исследовательская программа Р. Пенроуза еще более грандиозна – в ней речь идет о подходе, объединяющем на фундаментальном уровне современную физику, биологию, когнитивные науки. Такой подход впору назвать Большим Синтезом.

В 1997 г. исследователь из Аризонского университета в Тусоне Стюарт Хамерофф выдвинул идею *нанобиологии* и предложил нового кандидата на роль «элемента сознания». Развивая идеи Р. Пенроуза, он предположил, что загадка сознания кроется во внутренней структуре клетки. Ключевую роль в обработке и создании информации играют процессы, протекающие в *микротрубочках цитоскелета*. Они имеют диаметр примерно 25 нм и состоят из молекул димеров *тубулинов* (их размер – 8 нм). Молекулы димеров могут находиться, по крайней мере, в двух пространственных конфигурациях или, как говорят биологи, *конформациях*. Для того, чтобы произошло «переключение» из одной конформации в другую, достаточно, чтобы единственный электрон изменил свое положение в молекуле. Поверхность микротрубочки состоит из тубулинов, расположенных в узлах правильной решетки. Конформация

тубулина зависит от конформаций его ближайших соседей. Гипотетическая схема действия ансамбля тубулинов представлена на рисунке 3.

Вначале они находятся в определенном классическом состоянии, далее с течением времени приходят в коллективное «сцепленное квантовое состояние». И наконец, благодаря объективной редукции, «голосуют» и вновь переходят в классическое состояние.

Пока неясно, насколько адекватен реальности подход, выдвинутый Роджером Пенроузом. Ответ должны дать эксперименты. Их постановка уже начата. Однако сам вопрос о связи сознания, интеллекта с квантово-механическими процессами как с ключевыми для этих феноменов, представляется открытым, глубоким и волнующим.

Проблема пределов модификации человека, сознания, реальности

На заре искусственного интеллекта, в 1950 г., Алан Тьюринг в классической работе «*Может ли машина мыслить?*» сделал оптимистичный, как тогда казалось, прогноз, сказав, что машины, в конце концов, будут успешно соперничать с людьми во всех чисто интеллектуальных областях (Тьюринг, 1999).

И в большой степени этот прогноз уже оправдался. Об этом наглядно позволяют судить критерии интеллектуальности компьютерных систем. Вспомним тест Тьюринга и его «игру в имитацию». В соответствии с этим тестом, успех систем искусственного интеллекта определяется их способностью вести диалог по проводам таким образом, чтобы человек на другом конце провода не смог бы определить, беседует он с человеком или с компьютером. Этот уровень интеллектуальности довольно быстро был достигнут (и уже часто закрадывается крамольная мысль, что мы порой беседуем по телефону не с людьми, а с компьютерными системами).

В начале XXI в. появились другие критерии интеллектуальности. В их основе лежит выдвинутое В. Ф. Турчиным представление о *метасистемном переходе* (Турчин, 2000). Приведем небольшой фрагмент Кибернетического манифеста, написанного Валентином Турчиным и Клиффом Джослиным:

«4. Метасистемный переход. Когда некоторое число систем интегрируются в единое целое с возникновением нового уровня управления, мы говорим, что имеет место метасистемный переход. Новая система есть метасистема по отношению к старым. Метасистемный переход является по определению творческим актом. Он не может совершиться под воздействием одних лишь внутренних факторов интегрируемой системы, но всегда требует вмешательства извне, „сверху“.

5. Эволюция. Метасистемный переход – квант эволюции. Высокоорганизованные системы, включая живые существа, суть многоуровневые иерархии по управлению, возникающие в результате метасистемных переходов разного масштаба. Главнейшие эволюционные сдвиги – это крупномасштабные метасистемные переходы, происходящие в рамках естественного отбора как проявления общего принципа проб и ошибок. Примеры: формирование редуцирующихся макромолекул, образование многоклеточных организмов, появление разума, образование человеческого общества.

6. Человеческий разум. Человеческий разум, как нечто новое по сравнению с разумом животных, возникает в результате метасистемного перехода: мозг по-

лучает возможность управлять формированием ассоциаций ментальных представлений. Все специфические черты человеческого разума, включая воображение, самосознание, преодоление инстинктов, постановку целей, юмор, чувство прекрасного, могут быть объяснены как результат этого метасистемного перехода» (Турчин, 2000, с. 361).

По сути дела, вопрос заключается в том, насколько быстро (годы, десятилетия...) и в какой форме компьютерные системы смогут совершать метасистемные переходы. Сотрудник МФТИ А. В. Ворожцов предлагает в качестве теста для систем искусственного интеллекта возможность создания «Универсального игрока» (Ворожцов, 2007). Существует множество программ, содержащих инструкции для компьютера, как играть в данную игру. Но человек способен осваивать и совершенствоваться в разных играх, играть в своеобразную «макро-игру» (игру игр). Естественно потребовать этого и от систем искусственного интеллекта. Итак: «Макро-игра – это игра, включающая в себя счетное множество игр. Начальная ситуация в макро-игре включает в себя описание правил некоторой игры и начальную ситуацию для этой игры. Метасистемный переход в программировании игровых стратегий соответствует созданию алгоритма, успешно играющего в макро-игру» (Ворожцов, 2007, с. 157).

С метасистемным переходом (и, вероятно, с субъективной самоорганизацией) связано решение классической задачи теории искусственного интеллекта, доступной двухлетнему ребенку, – отличать кошку от собаки и узнавать, что представленный образ не является ни тем, ни другим. В самом деле, для решения такой задачи в «сознании» (что бы этот термин не значил для искусственных систем) должен возникнуть образ «кошки вообще». Должны появиться универсалии, абстрактные образы из «мира идей» (понимаемых в платоновском смысле). Должен произойти переход от определенных к неопределенным артиклям.

Разумеется, это «журавль в небе» (хотя, возможно, он окажется пойман гораздо быстрее, чем нам это сегодня представляется). Однако есть и «синица в руке», обратить внимание на которую призывал Станислав Лем – это «искусственный инстинкт», который гораздо более понимаем, прост и обозрим, чем «интеллект». И в большинстве случаев именно этот «инстинкт» (в отличие от «интеллекта») и нужен человеку от компьютерных систем.

Вместе с тем не следует упускать из виду дальнюю перспективу и очень быстрый темп приближения к ней. Мы оказались на пороге *эры гибридных человеко-машинных систем*. Речь идет об идее *сверхчеловека*, волновавшей ученых и философов в XIX и XX вв., и в полный рост вставшей перед нами. Есть две мощные тенденции, которые приближают эту реальность, но нет сознательных и активных противоположных устремлений. Первая тенденция связана с развитием систем вооружений. Достаточно посмотреть перспективные проекты, чтобы убедиться – от инструментов вооруженной борьбы (ракет, средств связи, танков и т. д.) конструкторы переходят к самому человеку, надеясь наделить его сверхспособностями, важными в боевой обстановке. Другая тенденция – создание протезов, которые в ряде случаев начали превосходить естественные возможности человека. Знаковое событие – отклонение заявки чемпиона Параолимпийских игр в беге на 100 метров (не имеющего ног ниже коленей) на участие в обычной Олимпиаде – его результаты сравнимы с достижениями лучших спортсменов мира.

Вновь и вновь поднимается вопрос о бессмертии и необходимой для этого «модернизации человека».

Вернемся к «Кибернетическому манифесту»: «Животное не осознает неизбежности своей смерти; человек осознает. Воля человека к бессмертию является естественным продолжением воли к жизни...

14. Кибернетическое бессмертие. Успехи науки позволяют поднять знамя кибернетического бессмертия. Человеческое существо есть, в конечном счете, кибернетическая система – определенная форма организации материи, которая включает многоуровневую иерархию управления. То, что мы называем нашей душой или сознанием, ассоциируется с высшим уровнем в этой иерархии. Наша организация постоянно переживает частичную смену материала, в котором она выполнена. Не видно причин, по которым эта смена не могла бы идти сколь угодно далеко, включая переход к совершенно новым материалам и к принципиально неограниченному времени существования» (Турчин, 2000, с. 362).

И вот на этом рубеже, видимо, стоит остановиться и, привлекая психологов, математиков, экологов, философов, представителей многих других дисциплин, ответить на несколько ключевых вопросов. Что есть человек? Какими возможностями и способностями можно было бы наделить его? А от каких следовало бы отказаться? Поскольку расширенное воспроизводство в исторически значимом промежутке времени невозможно, то человечеству как целому придется переходить к некому стационарному состоянию. Каково оно? Какой тип жизнеустройства в новой реальности был бы приемлем? Чего следует желать?

То, что придумывали фантасты, философы, мыслители рано или поздно переходит в фазу конкретных проектов. Напомним название наиболее известной книги Нобелевского лауреата, футуролога Олвина Тоффлера – «Футурошок». Вал неконтролируемых, неосознаваемых и стремительно происходящих перемен – весьма серьезный фактор риска.

Чип в теле каждого человека, в принципе, повышает его безопасность (человека всегда можно найти), но создает идеальные возможности для контроля или управления. Принять или отказаться? Таких вопросов сейчас встают сотни. И ни в обществе в целом, ни в научном или экспертном сообществе нет пока ни структур, ни механизмов, которые помогли бы дать ответ на них. А ведь эти вопросы могут определить будущее. И отсутствие ответа – тоже ответ. Но, обычно, не самый хороший.

Почему нам удается описывать реальность

После обсуждения острых и грандиозных перспектив глобальных изменений в человеке и обществе обратимся к более скромной, но тоже весьма важной проблеме (как знать, может быть совсем скоро *Homo sapiens* вытеснит *Homo ludens* (человека разумного вытеснит человек играющий), и мы столкнемся в том или ином варианте с коллизией, описанной в романе братьев Стругацких «Волны гасят ветер», – и не в отдаленном счастливом будущем, а совсем скоро, в нашем несовершенном мире – что может быть грандиознее?).

Проблема состоит в том, что мы можем понять, и как мы это делаем. Возможно, что именно это определит и темп предстоящих изменений, и облик «нового человека», и системы искусственного интеллекта, которые будут создаваться.

Человек вынужден в своей жизни оперировать разными временными масштабами (от дел ближайшего часа до планов на всю жизнь), учитывать множество факторов и обстоятельств. Наконец, он должен *понимать* происходящее (возможности человека что-то делать без понимания очень ограничены). Как же ему это удастся при столь «скромных» по сравнению с компьютерами параметрах? Это очень глубокая и важная открытая проблема.

Намек на новый подход к этой проблеме и ее решение недавно появился в прикладной математике. Анализируя динамические системы большой размерности, исследователи столкнулись со схожей проблемой. Оказалось, что многие сложные системы в течение больших промежутков времени ведут себя просто – имеют большой горизонт предсказуемости, и для описания и понимания их динамики достаточно знать всего несколько переменных (из огромного числа переменных, которыми система, вообще говоря, располагает). Такие области в фазовом пространстве были названы *руслами*. Находясь в пределах русла, мы можем легко и успешно управлять, прогнозировать, планировать. Здесь можно действовать рационально, ситуацию можно «просчитать». Однако наряду с ними в фазовом пространстве существуют *области джокеров*. В этих областях горизонт прогноза мал, случайные, большое значение приобретают вероятностные факторы. Малые причины могут иметь большие следствия. Название связано с игральной картой – джокером, который можно назначить любой другой картой и который на много повышает степень неопределенности.

До последнего времени на теорию русел и джокеров смотрели как на развитие идей синергетики (в системе может быть несколько русел, в каждом из которых свои параметры порядка) или как на асимптотический метод (позволяющий понижать размерность задачи).

Однако можно взглянуть и принципиально иначе. В пределах «областей джокеров» ситуацию просчитать не удастся. И решения, и управляющие воздействия выбираются человеком эмоционально, исходя из общих представлений о мире и своей роли в нем, или интуитивно, с ориентацией на прошлый опыт, аналогии. Разные видения сложной системы (например, экономической) возможны, поскольку они относятся к разным руслам, к разным реальностям. Имеет место своеобразный *принцип дополненности*. Можно померить все, но невозможно понять его, не упростив.

Более того, можно сказать, что, по-видимому, не труд создал человека, а поразительная способность менять поведенческие стратегии и отличать русла от джокеров. Очень интересно было бы понять, как это делает естественный интеллект и научить этому искусственный.

С другой стороны, совершенно понятно, что в существенных – опасных, кризисных, критических ситуациях – нет возможности учиться методом проб и ошибок. Второй «пробы» просто может не оказаться. Поэтому ключевое значение приобретает «опережающее отражение», понимание тенденций, предкатастрофичности ситуации, приближения «джокера», т. е. воображение, фантазия, виртуальная реальность. Видимо, это вторая важнейшая особенность человеческой психики, обеспечивающая эволюционное преимущество.

Посмотрим с этой точки зрения на развитие исследований в области искусственного интеллекта. Судя по всему, эта область находится в области джокера. Работы, выполненные в рамках предшествующей парадигмы, которые разрабатывались более полувека, нашли воплощение в теориях, алгоритмах, сетях, программных комплексах, оборудовании. Новую предстоит создать. Но чтобы сделать это, надо увидеть контуры будущего, желаемого русла. Это русло, на мой взгляд, могут определить те открытые проблемы, важность которых осознается научным сообществом. В этих заметках предложен один из вариантов такого «задания на завтра». Хочется, чтобы он стал отправной точкой для дальнейшего осмысления нерешенных проблем, для содержательной дискуссии.

Сейчас теория искусственного интеллекта переживает очень важный период. Она имеет уникальную возможность стать мостом между естественными и гуманитарными науками, существенно изменить научную картину мира. Хочется, чтобы эта возможность не была упущена.

Литература

- Анисимова С. А.* Математические модели рефлексивных процессов // Новое в синергетике: Новая реальность, новые проблемы, новое поколение. М.: Наука, 2007. С. 229–255.
- Вигнер Е.* Инвариантность и законы сохранения. Этюды о симметрии. М.: Эдиториал УРСС, 2002.
- Владимиров В. А., Воробьев Ю. Л., Малинецкий Г. Г.* и др. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. М.: Наука, 2000. <http://risk.keldysh.ru/risk/risk.htm>.
- Воеводин А. И.* Стратегемы. Стратегии войны, манипуляции, обмана. 2-е изд., доп. М.: Белые Альвы, 2002.
- Ворожцов А. В.* Критерии интеллектуальности искусственных систем // Новое в синергетике: Новая реальность, новые проблемы, новое поколение. М.: Наука, 2007. С. 288–310.
- Гельфанд И. М., Розенфельд Б. И., Шифрин М. А.* Очерки о совместной работе математиков и врачей / Сер. Синергетика: от прошлого к будущему. 2-е изд. М.: УРСС, 2004.
- Годфруа Ж.* Что такое психология. В 2 т. М.: Мир, 1992.
- Дубровский Д. И.* Обман. Философско-психологический анализ. М.: РЭЙ, 1994.
- Дубровский Д. И.* Сознание, мозг, искусственный интеллект. М.: Стратегия–Центр, 2007.
- Е л е н и н Г. Г.* Нанотехнологии, наноматериалы и наноустройства // Новое в синергетике: Взгляд в третье тысячелетие. Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения. М.: Наука, 2002. С. 123–158.
- Илларионов С. В.* Теория познания и философия науки. М.: РОССПЭН, 2007.
- Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г.* Синергетика и прогнозы будущего. 3-е изд. М.: Эдиториал УРСС, 2003. <http://iph.ras.ru/~mifs/kkm/Vved.htm>.
- Кара-Мурза С. Г.* Манипуляция сознанием / Сер: «История России. Современный взгляд». М.: Алгоритм, 2000.
- Котов Ю. Б.* Новые математические подходы к задачам медицинской диагностики / Сер. Синергетика: от прошлого к будущему. М.: Эдиториал УРСС, 2004.

Г. Г. Малинецкий

- Ларичев О. И.* Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах. М.: Логос, 2000.
- Лефевр В. А.* Рефлексия. М.: Когито-центр, 2003.
- Малинецкий Г. Г., Бурцев М. С., Науменко С. А., Подлазов А. В.* Происхождение и развитие жизни с точки зрения синергетики // Будущее прикладной математики: Лекции для молодых исследователей. От идей к технологиям. М.: КомКнига, 2008. С. 369–403.
- Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б., Подлазов А. В.* Нелинейная динамика. Подходы, результаты, надежды / Сер. Синергетика: от прошлого к будущему. М.: КомКнига, 2006.
- Петроуз Р.* Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики. М.: Эди-ториал УРСС, 2003.
- Петроуз Р.* Тени разума: В поисках науки о сознании / Пер. с англ. Том I–II. Ижевск: РХД, 2005.
- Платонов А. К.* Проблемы и перспективы робототехники // Будущее прикладной математики. Лекции для молодых исследователей / Под. ред. Г. Г. Малинецкого. М.: Эдиториал УРСС, 2005. С. 315–342.
- Режимы с обострением: эволюция идеи: Сборник статей / Под ред. Г. Г. Малинецкого. 2-е изд., испр. и доп. М.: Физматлит, 2006.
- Стёпин В. С.* Философия науки. Общие проблемы. М.: Гардарики, 2006.
- Суздальев И. П.* Нанотехнология. Физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: УРСС, 2005.
- Турчин В. Ф.* Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции. М.: ЭТС, 2000.
- Турчин П. В.* Историческая динамика: На пути к теоретической истории / Пер. с англ. / Под общ. ред. Г. Г. Малинецкого, А. В. Подлазова, С. А. Боринской / Сер. Синергетика: от прошлого к будущему. М.: ЛКИ, 2007.
- Тьюринг А.* Может ли машина мыслить? Саратов: Колледж, 1999.
- Тюкин И. Ю., Терехов В. А.* Адаптация в нелинейных динамических системах. М.: ЛКИ, 2008.
- Фейнман Р. Ф.* Внизу полным-полно места: Приглашение в новый мир физики // Российский Химический Журнал. 2002. Т. XLVI. № 5. С. 4–6. <http://www.chem.msu.ru/rus/jvho/2002-5/4.pdf>.
- Хакен Г.* Синергетика. М.: Мир, 1980.
- Хант Э.* Искусственный интеллект / Пер. с англ. / Под ред. В. Л. Стефанюка. М.: Мир, 1978.
- Хейзинга Й.* Homo Ludens. В тени завтрашнего дня. М.: Прогресс, Прогресс-Академия, 1992.
- Цетлин М. Л.* Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М.: Наука, 1969.
- Риск, неопределенность, случайность. 1994. № 5. С. 135–160.

Моделирование и творчество: Методологические аспекты психологического исследования проектной деятельности и

Н. Н. Нечаев

Исследование проблем моделирования, его сущности, роли и места в структуре человеческой деятельности, его функций и возможностей систематически осуществляется в отечественной науке, начиная с 60-х годов прошлого века. (Гастев, 1975; Уемов, 1971; Штофф, 1965, и т. д).

В области психологии творчества также накоплен существенный материал, конкретизирующий представления о механизмах принятия решений, уровне строения творческой деятельности, закономерностях развития замысла, основных условиях и факторах интенсификации творчества (Библер, 1975; Каган, 1974, Художественное и научное творчество, 1972, и т. д).

На базе деятельностного подхода (Давыдов, 1996; Леонтьев, 1975; Рубинштейн, 1975) сделан существенный вклад в понимание психологических механизмов формирования различных видов учебной и профессиональной деятельности, роли их системообразующих характеристик в возникновении необходимых психологических новообразований, обеспечивающих дальнейшее развитие деятельности.

На наш взгляд, в настоящее время имеются необходимые теоретические предпосылки организации комплексных, практико-ориентированных психологических исследований целостного становления профессиональной творческой деятельности в рамках вузовской подготовки специалистов. Особую значимость подобные исследования имеют для специальностей, ориентированных на реализацию проектных разработок, являющихся традиционными для различных сфер инженерной и конструкторской практики, но ставших в последние годы основным видом деятельности для таких специалистов, как управленцы и экономисты, а также педагогов и психологов, использующих, например, проектный подход в организации процесса обучения или социально-психологического тренинга.

Попытки дать определение тому, что такое проектирование, можно встретить во многих исследованиях. Например, в популярной в свое время книге Дж. К. Джонса «Инженерное и художественное конструирование» (Джонс, 1975) при водится более десятка различных определений процесса проектирования, предложенных либо непосредственно проектировщиками, либо специалистами в области методологии проектирования и системного анализа. Сам Дж. Джонс предлагал рассматривать проектирование как вид деятельности, который кладет начало изменениям

в искусственной среде (Джонс, 1975). В этой формулировке проектирование выступает в доста точной мере абстрактным и глобальным метапроцессом, осуществляющим «те изменения, которые должны претерпеть производство, сбыт, потребитель и общество в целом в ходе освоения и использования нового объекта» (там же). При таком понимании проектирование является формой разрешения противоречия между процессом производства и процессом потребления в «идеальном плане», что позволяет говорить, что проект для тех, кто его реализует, с психологической точки зрения становится ориентировочной основой материального преобразования действительности.

Это образно подчеркивает К. М. Кантор: «Проект и не может быть ничем иным, кроме как проектом дела. Проект не понятие и не со зрцание, не объективное знание и не субъективное мнение или намерение; проект – проявление творческой активности человеческого сознания, через который в культуре осуществляется деятельный переход от небытия к бытию. Созданный свободно, он содержит в себе потенцию, побуждение и цель деятельности» (Кантор, 1981, с. 8).

Подобный взгляд на задачи и сущность проектной деятельности в принципе позволяет рассматривать все «разновидности» проектирования как тождественные друг другу формы деятельности, не зависимо от специфики содержания той сферы человеческой практики, которую они реально обслуживают – будь то художественное конструирование или техническое производство, научные исследования или управление и организация. Столь «сильное» абстрагирование от конкретного содержания проектной деятельности обладает определенной эвристической силой, помогая выявить некие общие свойственные ей закономерности. Но в этом случае само проектирование, становясь деятельностью, так сказать, «вообще», превращается лишь в некий научный «фантом» и не может быть объектом конкретного, собственно психологического исследования. В действительности проектирование всегда существует только как специфическая, особенная и «отдельная» форма проектной деятельности конкретного человека. Любой проектировщик, специализирующийся в своей области деятельности, не может безболезненно сменить сферу приложения своего труда, и поэтому в случае необходимости перехода в другую область деятельности от него требуется значительная психологическая перестройка сложившихся ранее методов и способов деятельности, а подчас и их коренная «ломка». Более того, даже занятые в одной сфере деятельности проектировщики при переходе от одного типа объектов проектирования к другому зачастую бывают вынуждены всерьез трансформировать свою деятельность. Так, например, инженеры, занятые в проектировании отдельных сооружений, при переходе к проектированию объектов градостроительства нередко оказываются в затруднительном положении. Даже специалисты очень высокого класса в подобных ситуациях допускают порой серьезные профессиональные просчеты.

С психологической точки зрения причины подобных неудач связаны с формированием определенных стереотипов и установок, «тормозящих» развитие деятельности как объективно творческого процесса. В этой связи особенно интересным объектом исследования может стать проектная деятельность архитектора, являющаяся на протяжении тысячелетий признанной формой творчества. Естественно, что в процессе своего исторического развития профессия архитектора также пре-

терпела существенные изменения, но имен но анализ современного архитектурного проектирования позволяет наиболее полно представить психологическую сущность этой профессии как одного из тех конкретных видов деятельности, которые синтезируют в себе особенности и научного, и технического, и художественного творчества.

Цель нашего исследования заключалась в раскрытии особенностей архитектурного проектирования как формы моделирования и выявлении психологических закономерностей, условий и принципов планомерного формирования проектного творчества на примере вузовской подготовки архитектора (Степанов, Иванова, Нечаев, 1993; Лежава, Метленкова, Нечаев, 1980; Нечаев, 1985; Степанов, Малахов, Нечаев, 1982).

Ключевая проблема исследования – определение методологических оснований рассмотрения самого процесса моделирования как творческой деятельности, что позволит, с одной стороны, использовать результаты теоретических и экспериментальных исследований моделирования для реализации цели исследования, а с другой, дает возможность осуществить конкретизацию сложившихся представлений о содержании и функциях моделирования.

Цель исследования, с одной стороны, и методологический характер его проблемы, с другой, определили постановку следующих основных гипотез.

Согласно **первой гипотезе**, проектную деятельность необходимо рассматривать как специфическую форму моделирования, направленную не столько на познание сущности отображаемых в модели свойств и характеристик действительности, сколько на созидание новых элементов действительности. Проектное моделирование необходимо понимать как ведущий момент и «деятельностную» основу развития самой действительности.

Согласно **второй гипотезе**, профессиональное проектное творчество как процесс создания новых фрагментов действительности одновременно является процессом развития самой деятельности, в ходе которого за счет формирования новых способов решения проектных задач изменяются сложившиеся ранее способы, что необходимо ведет к преобразованию самого субъекта, включая трансформацию его мотивационно-потребностных установок, и предметно-операциональных возможностей осуществляемой им деятельности.

Третья гипотеза, рассматривавшаяся нами в ходе исследования, заключается в том, что процесс становления профессионального творчества в условиях высшего профессионального образования при целенаправленной и психологически грамотной его организации на принципах планомерного поэтапного формирования умственных действий и понятий должен стать процессом становления и системного развития профессионального сознания будущих архитекторов, которое «...не только отражает объективный мир, но и творит его» (В. И. Ленин) и поэтому наиболее полно и определенно выражает психологическую специфику «общественного бытия» такого специалиста в системе разделения труда.

Характер работы, проводимой на стыке проблематики методологии науки, теории моделирования, психологии профессионального творчества и теории поэтапного формирования умственных действий и понятий, потребовал использования комплекса разнообразных методов исследования: методологического анализа основных концептуальных подходов и трактовок моделирования; логико-психологического

анализа генезиса профессиональной деятельности; системного анализа и построения модели деятельности и программы формирования проектного творчества, диагностического и формирующего эксперимента в лабораторных и естественных условиях; методов наблюдения, анализа продуктов деятельности, анкетирования и т. п. В соответствии с целью исследования, его ключевой проблемой и ведущими гипотезами, были сформулированы следующие основные задачи исследования:

- 1 На основе анализа состояния исследований в области методологии и психологии моделирования выявить основные подходы к пониманию роли и функций моделирования в различных видах человеческой деятельности и сформулировать сущностную характеристику моделирования как диалектического единства познавательных и созидательных моментов творчества.
- 2 Рассмотреть проектную деятельность архитектора как специфическую форму моделирования и раскрыть ее основные психологические характеристики.
- 3 С позиции деятельностного подхода и с учетом исторического развития представлений о содержании профессиональной деятельности архитектора и основных ее целях и задачах охарактеризовать предмет и средства проектной деятельности.
- 4 На основе анализа сложившихся форм подготовки архитектора с позиции теории поэтапного формирования умственных действий и понятий построить проектную модель развития профессиональной деятельности архитектора и экспериментально реализовать ее в системе подготовки архитектора.

Содержание и основные результаты исследования

Исследование проблем моделирования, его сущности, роли и места в структуре человеческой деятельности, а также его психологических функций и дидактических возможностей давно уж стало сложившимся направлением в психолого-педагогической науке.

Опираясь на ряд фундаментальных работ, выполненных в методологии и теории научного познания и, в частности, моделирования (Коршунов, 1982; Неуймин, 1984; Лосев, 1982), отечественные психологи существенно конкретизировали такие общепсихологические понятия, как «образ» и «отражение», в их соотношении с понятиями «модель» и «моделирование», представления о функции различных моделей в структуре познавательной и учебной деятельности, значение моделирования в развитии перцептивной, мнемической и мыслительной деятельности, функции моделирования в становлении технического, пространственного и образного мышления, в развитии творческой деятельности (Гордеева, 1982; Давыдов, Варданян, 1981; Леонтьев, 1970; Ломов, 1984; Смирнов, 1985, и т. д.).

Нет практически ни одной области общей и прикладной психологии, в которой в той или иной мере не анализировались бы вопросы, связанные с моделированием.

В целом ряде исследований остро обсуждаются различные аспекты теории и практики применения самого понятия «модель» в категориальном строе психологической науки, анализируется корректность рассмотрения методов экспериментально-психологического исследования как форм моделирования психического развития.

При всех различиях имеющихся точек зрения исследователей объединяет предельно общее представление о моделировании как средстве познавательной деятельности, независимо от того, идет ли речь о вопросах методологии научного познания в его развитых, рафинированных формах, или познавательная деятельность исследуется в контексте организации учебной деятельности студента или младшего школьника и дошкольника. Большинство авторитетных исследователей специально подчеркивает «вторичность» моделей по отношению к изучаемому с их помощью объекту, прототипу, оригиналу.

Однако при рассмотрении различных «познавательных» моделей, относящихся к одной и той же области действительности, можно убедиться в их разнообразии, доходящем порой до противоположности. Это, безусловно, прежде всего означает, что действительность богаче, чем любые ее модели. Поэтому закономерно, что модель выступает как упрощение и «огрубление» действительности, являясь, в той или иной степени, «копией» тех или иных ее фрагментов. Но в то же время мы можем утверждать, что и сама модель – это некий новый фрагмент действительности, «первичная» предметность, которая необходимо создается в процессе познания и принимает самые различные формы – от знаковых (и, соответственно, мыслительных) конструкций, служащих средствами абстрактных и умозрительных видов теоретической деятельности, до моделей, не столько отображающих, сколько реально и предметно воспроизводящих процессы, проходящие в изучаемой действительности. В процессе познавательной деятельности, ее углубления и развития все более явно обнаруживается «созидательная» функция моделирования как процесса трансформации и порождения новой действительности.

Методологический анализ показывает, что построение модельной «копии» – как заместителя оригинала – является одновременно и процессом абстрагирования, и формой презентации «чистых» отношений, выявленных в ходе моделирования, и процессом идеализации действительности. Но научное познание, как специфическая форма практической деятельности, «двигаясь» в логике деятельности субъекта, в которой определенным образом представлена «логика» объективной действительности, отражающаяся в субъективной логике, в меру их «совпадения» осуществляет вначале абстрактно теоретическое, а затем все более и более конкретное, практико-ориентированное изменение этой действительности. Этот процесс реализуется через моделирование, которое выступает вначале как теоретическое развертывание возможностей преобразования действительности, и вместе с тем как объективация потенциала развития действительности, и затем, обогащаясь конкретным содержанием, становится процессом преобразования самой действительности, создавая тем самым новые фрагменты или, точнее, новые формы действительности. Если соотнести разнообразные типы моделей, возникшие и возникающие в процессе научного познания даже за относительно короткий исторический период развития той или иной науки, то мы увидим своеобразную картину их трансформации, в ходе которой предметные «модели-копии», «модели-аналоги», существуя вначале в своей квазивещественной форме, становятся все более и более символическими и знаковыми, а затем начинают вновь преобразоваться в вещественные модели-«вымыслы», становящиеся новыми фрагментами действительности (Безмоздин, 1975; Гастев, 1975; Каган, 1974).

С этой точки зрения необходимо зафиксировать, что моделирование как отображение действительности, как снятие «слепок», «копии» с действительности вместе с тем всегда является и преобразованием, и преобразованием действительности. Абстрактная, сугубо «отражательная» модель в процессе развития моделирования того или иного фрагмента наличной действительности, моделирования, уточнявшего и конкретизирующего условия и закономерности бытия этого фрагмента, раскрытия его существенных характеристик постепенно трансформируется в конструкцию, существующую в реальной действительности, закономерно превращаясь в новый ее фрагмент.

Однако многие исследователи рассматривают моделирование лишь как средство познавательной деятельности, а сами модели, при всех ссылках на активную природу человеческого познания, трактуются по сути «отражательно». Об этом свидетельствует тот факт, что модели характеризуются в терминах «изоморфизма», «гомоморфизма» и т. п., а некоторые авторы пытаются напрямую и непосредственно показать, какие элементы действительности представлены в элементах модели (Гастев, 1975; Коршунов, 1979; Лосев, 1982) и т. д.

Поэтому особый научный интерес представляют формы моделирования, обслуживающие познавательную деятельность, в которых, благодаря их специфическим задачам, многие теоремы «морфизма» становятся явно излишними.

Обращение к работам, в которых моделирование рассматривается в контексте анализа искусства и исследуется специфика художественного освоения действительности, позволило зафиксировать определенные различия в трактовках содержания и функций моделирования в деятельности ученого и художника (Арнхейм, 1974; Безмоздин, 1975; Кантор, 1981).

Обычное представление о модели как «гомоморфном» или «изоморфном» отображении действительности в этих работах порой используется с целым рядом существенных оговорок: слишком очевидным является факт, что хотя «художественная модель» действительности, представленная произведением искусства (картиной, скульптурой, книгой и т. п.) создает очень сильную иллюзию «непосредственного» отображения реальности (и в этом заключается сила воздействия искусства), в ней не нужно (для понимания сути искусства) искать «гомоморфизмы», ибо смысл художественного произведения как раз и заключается в его авторской индивидуальности и художественной неповторимости. «Оценка оценок», зафиксированная автором в художественной модели (каковой является любое художественное произведение), по определению должна быть субъективной, выражать личностную позицию художника, быть в этом смысле обязательно «пристрастной».

Напротив, «беспристрастность» создаваемых в науке моделей является их важнейшей и существенной характеристикой. Однако сразу же следует оговориться, что это касается только моделей, функционирующих в структуре научной деятельности, парадигматика которой сложилась в XVIII–XIX веках. «Беспристрастность моделей» предполагает элиминацию из результатов исследования мотивационно-потребностных и когнитивных установок ученого. В науке, следующей этой парадигме, модель действительно должна быть «беспристрастной», но выход за пределы этого исторически ограниченного контекста меняет отношение и к научным моделям, и к научному моделированию.

В контексте же художественной деятельности утрата «пристрастности» моделирования означает утрату «художественности» создаваемых в рамках этой деятельности моделей. Именно поэтому при создании художественных произведений, автор зачастую, работая с одной и той же «научной» моделью или «натурой», «вычерпывает» из нее порой совершенно противоположное содержание: достаточно хотя бы поверхностно рассмотреть законченные работы художников и подготовительные эскизы к ним (Кибрик, 1984; Художественное и научное творчество, 1972).

В искусстве ценным является как раз наличие многообразных моделей одной и той же действительности, и в этих моделях важным является не сходство или тождество их содержания с оригиналом, а их различие и своеобразие, фиксирующее авторское видение мира, обусловленное, конечно, не субъективным произволом художника, а прежде всего объективной неисчерпаемостью самого мира, богатством его связей и отношений, ставших предметом «объективно» пристрастной деятельности человека. Конечно, «поднимая» индивидуальное и случайное до типического, создаваемые художественные модели выступают средством художественного обобщения действительности, и в этом выражается их сходство с моделями, функционирующими в качестве средств и результатов научного познания действительности.

Художественные модели также, пусть и специфическим образом, исходя из задач эстетического освоения действительности, решаемых художником в процессе своей деятельности, раскрывают интересующую искусство сущность рассматриваемого явления. Но при этом искусство в своих моделях не «фотографирует» действительность, даже если речь идет о художественной фотографии, а создает, созидает, пусть и виртуальную, но новую действительность, показывая «истину страстей в предлагаемых обстоятельствах» (А. С. Пушкин). Таким образом, в художественном творчестве отчетливо, зримо начинает «проступать» не столько познавательная, сколько продуктивная, созидательная функция моделирования. Созидая действительность, хотя бы и иллюзорную, пусть только «видимость» действительности, искусство с помощью своих моделей, благодаря их жизненному «правдоподобию», непосредственно воздействует на действительность реальных практических отношений людей. Поэтому, будучи, как и наука, видом и формой духовного производства, искусство в отличие от деятельности научно-теоретической является, по словам К. Маркса, «практически-духовной» деятельностью, основным средством которой как раз и выступают художественные модели в их конструктивной, созидательной функции (Безмоздин, 1975; Буткевич, 1979; Лосев, 1982). Поэтому можно утверждать, что моделирование в искусстве разворачивается прежде всего как созидательный процесс, в отличие от моделирования в науке, выступающего прежде всего как процесс познавательный.

В диалектике внутренне противоречивых, но сущностных моментов моделирования выражается, на наш взгляд, противоречивость реальной трудовой, практической деятельности общественного человека, из которой моделирование как специфическая и «идеализирующая» ее форма возникло и в которой одновременно и на полюсе «объекта», и на полюсе «субъекта» совершается двойной переход «объективного» в «субъективное» и «субъективного» в «объективное». В каждой из частичных форм труда как социальной формы организации жизни общественного индивида, образовавшихся вследствие общественного разделения труда, в каждой

«клеточке» общественного производства человеческой жизни воспроизводится двойственная, психологически противоречивая сущность их «первоосновы» – труда: преобразовать отображая.

Отсюда закономерно вытекает двойственность любых моделей: как система, **отражающая** созидательный потенциал действительности, модель выступает «заместителем» оригинала, но как система, **воплощающая** в себе и раскрывающая для других принцип конструирования своих «копий», модель является оригиналом. В той мере, в какой человеческая деятельность продуктивна, ее результатом являются не просто продукты, но всегда модели, образцы (или образчики) новой действительности. В качестве заместителя, «представителя» изучаемого человеком объективно существующего оригинала, «попавшего» в орбиту человеческой деятельности, модель может использоваться в различных видах познавательной деятельности для выявления свойств, особенностей и характеристик оригинала, но ее бытие в качестве «познавательной» конструкции определяется тем, в какой мере сама познавательная деятельность направлена на изучение и освоение в дальнейшей деятельности воплощенного в этой модели принципа порождения, конструирования соответствующего (представленного в ней) содержания.

Поскольку всякое серьезное познание имеет своей целью изучение и освоение законов и принципов порождения изучаемых явлений, а также объективно направлено на их воспроизводство, то оно становится все более и более моделирующим, т. е. не столько **отражающим** принципы и способы порождения объектов и явлений действительности, но **воспроизводящим** на основе познанных принципов новые фрагменты этой действительности, расширяя тем самым ареал «очеловеченной» природы. Понятно, что познавательная деятельность человека отнюдь не сразу и отнюдь не всегда находится на этом уровне своего развития. Поэтому и моделирующие (в указанном смысле слова) возможности познавательной деятельности проявляются в разной степени, не всегда обнаруживая при этом свой продуктивный, созидательный творческий потенциал.

Даже в искусстве при всем целостном характере художественной деятельности и ее результатов, который подчеркивают практически все серьезные исследователи, мы имеем не универсальные, а лишь особые и особенные, предметно специализированные формы художественной деятельности, причем, как правило, созидающие лишь «видимость» действительности. Следовательно, и в рамках искусства моделирование как созидательная, творческая деятельность не обретает всей полноты реализации своих потенций.

Поэтому особый психологический интерес представляет как раз такие формы созидательного моделирования, в которых с самого начала закладываются реальные преобразования существующей действительности, но при этом не утрачивается, а сохраняется целостный характер художественной деятельности.

Одной из таких форм моделирования является проектное моделирование, составляющее основное содержание профессиональной творческой деятельности архитектора.

Профессия архитектора сегодня является одной из самых престижных и вместе с тем самых «острых» с точки зрения накопившихся проблем. Здесь и вопросы качественной перестройки проектной деятельности ввиду развития новых средств

и методов, в том числе и информационных технологий, и совершенствования архитектурного образования, необходимости «довузовской» подготовки; заметно увеличилось количество исследований, обращающихся к проблемам предмета и сущности архитектурной деятельности в современных условиях рыночной экономики, к вопросам методологических основ, закономерностей и принципов организации архитектурного проектирования.

С психологической точки зрения, специфика профессиональной деятельности архитектора определяется не столько теми конкретными формами, способами и средствами проектной деятельности, которые он использует, решая ту или иную задачу, сколько тем особым, профессионально устойчивым складом его сознания в целом, характеризующим психологические возможности данного специалиста и формирующимся в процессе «системогенеза» его профессиональной деятельности, тем, что мы называем «профессиональным сознанием» специалиста (Нечаев, 1985). В теории архитектуры хорошо известно высказывание выдающегося швейцарского архитектора Ле Корбюзье о том, что «архитектура – не профессия, а образ мышления» (Бархин, 1982).

Замысел, рожденный архитектором, позволяет ему объединять, координировать усилия многих людей, направлять их работу, т. е. объективно быть руководителем совместной деятельности строителей. Само слово «архитектор» в переводе с греческого означает «высший плотник», «главный строитель». Архитекторы не только создавали проект сооружения, но и непосредственно организовывали процесс его строительства.

Однако с развитием и специализацией строительной деятельности основной задачей архитектора стало проектирование, а участие в строительстве свелось к «авторскому надзору» за ходом осуществления проекта в натуре. Постепенно и само проектирование сооружения перестало быть деятельностью лишь одного архитектора. Теперь в создании проекта участвуют десятки специалистов: здесь и инженеры-технологи, и экономисты, и конструкторы, и социологи и т. д. Ведь объектом проектирования может быть, например, город на несколько сотен тысяч жителей. Чтобы такой проект отвечал всем необходимым требованиям, надо учесть очень много разных сторон и аспектов будущей жизни этого города. Системный охват комплекса разнородных, а порой, и «разноприродных» аспектов подобного проектного задания осуществляет именно архитектор. Но даже проектируя монумент или автобусную остановку, архитектор обязан учитывать целую совокупность разнообразных условий, обеспечивающих успешную реализацию и дальнейшее «функционирование» предлагаемого им сооружения. Вот почему архитектурное проектирование всегда являлось подлинно системной деятельностью.

Любой процесс труда предполагает наличие объективных предпосылок: совокупности исходных условий и материалов, так или иначе представленных в стоящей перед ним задаче, т. е. цели, данной в определенных условиях (Леонтьев, 1970) – того, что обычно применительно к работе архитектора носит название задания на проектирование. Поскольку деятельность архитектора направлена на реализацию этой цели и предполагает учет соответствующих условий и требований, то архитектурное проектирование с этой точки зрения есть процесс моделирования

будущего архитектурного объекта, который становится в виде проекта конечным результатом его деятельности.

Если обратиться к исследованиям, выполненным в рамках историко- и теоретико-архитектурной проблематики, то целый ряд авторов, начиная с античной Греции и Рима и вплоть до нашего времени, отмечали ведущую роль и значение моделей и моделирования в профессиональной деятельности архитектора. Достаточно упомянуть имена Витрувия и Альберти, Микеланджело и Вазари, В. Баженова и А. Захарова, чтобы представить себе важность изучения проблем моделирования для психологического анализа творчества архитектора (Вазари, 1956; Витрувий, 1936; Корбюзье, 1970) и т. д. Именно поэтому и в наше время проблематика проектного моделирования активно разрабатывается в теории и практике отечественной и зарубежной архитектуры (Гидион Зигфрид, 1976; Танге Кендзо, 1975; Amheim R., 1977, и др.). Многими авторами подчеркивается ведущее значение моделирования в подготовке архитектора (Бархин, 1982; Глазычев, 1986; Кандилис, 1979).

В отличие от моделирования, используемого в научной деятельности для познания сущности изучаемой реальности, проектное моделирование своей основной и непосредственной целью имеет создание такой реальности.

Конечно, труд архитектора, особенно на современном этапе, характеризуется тем, что продуктом деятельности является не сам по себе новый материальный объект (интерьер, здание, город), а лишь его «идеальный» прототип – проектная модель интерьера, здания, города и т. п. Проектное моделирование, являясь с психологической точки зрения сущностью и механизмом профессионального представления как процесса «представления» нового фрагмента «второй» природы, внешне направлено как бы в противоположную по отношению к познавательному моделированию сторону. Если последнее идет от существующего явления, от поверхностных эмпирических представлений об интересующем человека явлении к выявлению его сущности и, соответственно, формированию теоретического понятия этой сущности, вскрывающего ее потенциал в порождении новых, уже «очеловеченных» явлений, то проектное моделирование, подхватывая этот результат, как бы «возвращается» назад, но, опираясь на сформированную систему понятий, поступательно движется к созданию новых представлений этой сущности, как бы завершая тем самым очередной новый виток диалектического развития познания и созидания.

Поэтому, на наш взгляд, вполне закономерен вывод, что если деятельность носит в основном познавательный, исследовательский характер, то психологически ведущим моментом и закономерным результатом этой деятельности являются понятия. Представления здесь играют хотя и немаловажную, но, безусловно, подчиненную роль, обслуживая «понятийное» мышление. Однако и в этом случае, что следует специально отметить, в процессе научно-теоретической деятельности, особенно в ее развитых формах, происходит своеобразное функциональное замещение и даже слияние образных и концептуальных компонентов познания: образы из предмета размышления превращаются в способы и средства понимания и интеллектуального постижения действительности, а понятие начинает выступать в качестве предмета и результата размышления, становясь непосредственным «представителем» и представлением изучаемого фрагмента объективного мира.

Но в деятельности проектной и, шире, практической, созидательной, представления и понятия как бы меняются своими функциями. Здесь, наоборот, ведущим моментом закономерно становится представление, образ создаваемой реальности, определяя цель, способ и характер этой деятельности, а понятие выступает в своей подчиненной роли, обслуживая процесс представления будущего. Учитывая, что практическая, созидательная деятельность в принципе является фундаментом и главной, основной «формой» человеческой жизни, а познавательная деятельность составляет лишь ее относительно самостоятельный момент, можно утверждать, что представление как «единица» психической деятельности является основной «клеточкой» творческого, «опережающего», проектного моделирования действительности.

Через проектные формы созидательного моделирования как генетически исходного вида любого моделирования промышленность, искусственная среда в целом – как «вторая» природа человека – и становится «открытой книгой человеческих сущностных сил», «чувственно представшей психологией» (Леонтьев, 1975; Маркс, Энгельс, 1956; Рубинштейн, 1957).

Можно утверждать, что «привычное» для психолого-педагогического исследования «познавательное» моделирование выступает производным и частным случаем моделирования созидательного, в том числе и проектного, поскольку сама наука как относительно самостоятельная форма деятельности лишь на определенном этапе развития общества вычленяется из проектной деятельности, в лоне которой возникает, сохраняя с ней генетическую связь. Но чем более глубоким становится познание, тем закономерно оно превращается в осознанный и осмысленный проект действительности и в создание самой действительности. Отсюда понятен и закономерен интерес к исследованию специфики содержания и особенностей основных средств проектного моделирования и всей профессиональной деятельности архитектора в целом.

Содержание профессиональной деятельности архитектора – как и всякой иной деятельности – исторически конкретно, т. е. оно, безусловно, меняется в ходе общественного развития. Но вместе с тем определенная «часть» этого содержания, или, точнее, его функциональное «ядро», характеризующее как раз специфику данной профессии, развиваясь, сохраняет в себе нечто инвариантное. Суть задачи, решаемой архитектором, – создание проектной модели будущей пространственной формы в гармоническом единстве ее функционально-конструктивных и художественно-образных параметров. Архитектор разрабатывает то, что является стержневым для любого архитектурного сооружения – пространство той жизнедеятельности, ради которой создается данное сооружение, придающее этому пространству исторически конкретную и эстетически значимую форму. Любой архитектурный объект – это прежде всего пространство, «выявленное» и организованное с помощью различных материальных средств, становящихся «оболочкой» этого пространства. В каждом конкретном случае, всегда находясь в том или ином историческом контексте, архитектор как «главный строитель» должен найти технически рациональное и художественно ценное решение проектируемого пространства, экономящее материальные ресурсы общества и удовлетворяющее потребителя архитектуры. Создавая проект, архитектор должен заранее предвидеть не только особенности

внутреннего пространства будущего сооружения, но и его взаимосвязь с окружающей средой – природной или городской. Он также должен предусматривать возможности последующего развития застройки, реконструкции старых зданий и сооружений и т. д. Какую бы задачу ни решал архитектор, он также должен «предвидеть» то, что другие только после завершения строительства «увидят» в действительности. Но архитектор не просто предвидит результаты осуществления своего замысла. Сам его «взгляд» на пространство предметно и профессионально специфичен, ибо с психологической точки зрения становление любой профессиональной деятельности в собственном смысле слова есть всегда формирование предметно-специализированного и предметно-определенного (в отличие от житейского, обыденного) способа осознания объективного мира, который благодаря этому превращается в «предмет» деятельности данного специалиста. При этом конкретность и в силу этого системность учета разного рода противоречивых факторов и условий проектной ситуации в индивидуально своеобразном решении требуют от архитектора не просто профессионально специфичным «образом» понимать те или иные закономерности, аспекты проектируемого архитектурного объекта, но воплощать свое понимание в целостных художественных образах пространственной среды человеческого деятельности.

Для архитектурной деятельности как формы художественной деятельности также важна личностная пристрастность творчества. Не случайно, как показывают конкурсы на разработку того или иного сооружения, по одному и тому же проектному заданию и, казалось бы, в одних и тех же условиях два архитектора создадут два разных проекта. Это говорит, прежде всего, об активно-личностных возможностях специалистов, проявленных как в оценке поставленной задачи, так и найденных способах ее решения. При всех иных условиях проектная деятельность архитектора сразу подпадает под печать штампа, схематизма и теряет свою художественную специфику в качестве искусства созидания действительности.

Как показало наше исследование, психологический анализ проектного моделирования архитектурного пространства должен базироваться на глубоком понимании объективно общественного «механизма» развития пространственных структур в архитектуре, ибо только такое понимание может быть основой проектного творчества, поскольку этот механизм раскрывает архитектурные объекты не в виде готовых отношений и форм, а в их генетической последовательности, как действительный процесс формообразования в его различных фазах (Гидион Зигфрид, 1976).

Исследования процессов развития представлений о генезисе пространственной структуры объектов архитектуры, рассмотренных в историческом и современном контексте, является не только необходимым условием понимания психологической специфики и закономерностей профессиональной деятельности архитектора. Не менее важны эти исследования с точки зрения профессиональной подготовки, где закономерности формирования архитектурного пространства должны стать предметом непосредственного изучения и «стержнем» организации процесса становления профессионального творчества. Чем точнее и глубже будут поняты объективные основы формирования архитектурного пространства, тем более эффективными будут ориентирующиеся на них профессиональная практика и соответствующая профессиональная подготовка.

Проблема, однако, состоит в том, что, несмотря на фундаментальное значение категории архитектурного пространства в системе профессионального мышления, в самой структуре теоретико-архитектурного знания недостаточно глубоко исследованы процессы его развития, не выявлены содержание, структура и закономерности возникновения и последующей «жизни и смерти» архитектурного пространства. Уже самый поверхностный взгляд на архитектуру как на процесс организации пространства человеческой деятельности позволяет утверждать, что пространство в ходе его моделирования «переживает» ряд метаморфоз: исходная пространственная ситуация как «предмет» моделирования преобразуется в проектную модель среды – образно-концептуальное пространство, которое затем «реализуется» строительством, становясь материально оформленным. Далее в это пространство «вселяется» жизнь, ради которой это пространство организовывалось, и оно начинает выступать как пространство жизнедеятельности (функционально-организованное пространство). В процессе «потребления» пространства у человека формируется его образ, т. е. оно выступает как эстетически осмысленное пространство. Но в ходе развития жизнедеятельности в этом пространстве возникает необходимость в его «переформировании», и цикл повторяется на новом качественном уровне. Специфика первой его стадии – проектирования – заключается в том, что оно предполагает моделирующее воспроизведение всех последующих «фаз» развития жизнедеятельности потребителя в данной пространственной структуре с учетом всей системы специфических закономерностей существования архитектурного пространства в каждую конкретную историческую эпоху. Закономерно поэтому, что обусловленное общественно-историческим развитием человека (и человечества) изменение деятельности архитектора постепенно привело к пониманию и осознанию архитектурного пространства как центральной категории профессионального мышления (Гидион Зигфрид, 1976; Корбюзье Ле, 1970; Танге Кендзо, 1975).

В основополагающем значении категории архитектурного пространства выражается ее ведущая роль в психологической структуре проектного моделирования, где пространство выступает и как предмет деятельности архитектора, и как ее важнейший результат. Учитывая, что архитектура – это прежде всего «организация» пространства разнообразных форм человеческой жизнедеятельности, можно рассматривать архитектурное проектирование как специфическую профессиональную форму пространственного моделирования. Как показывает проведенный нами анализ (Степанов, Иванова, Нечаев, 1993), архитектурное «пространство» по своей размерности не совпадает с физическим (или абстрактно геометрическим) пространством в его обычном «житейском» понимании. Если последнее геометрически трехмерно, то число «измерений» архитектурного пространства определяется прежде всего характером и количеством взаимосвязей, изучаемых проектировщиком и учитываемых им в процессе создания проектной модели.

Задача, которая стоит перед проектировщиком, – «взять пространство в обладание» (К. Норберг-Шульц). Но если рассматривать проектное моделирование как процесс труда, то необходимо учитывать, что пространство – это «предмет» деятельности архитектора, а, как писал К. Маркс, «предмет, которым рабочий овладевает непосредственно, < ... > есть не предмет труда, а средство труда» (К. Маркс, Ф. Э н г е л ь с).

Поскольку в архитектуре основным содержанием является пространственные свойства и отношения, а само архитектурное проектирование определяется нами как пространственное моделирование, то те средства, с помощью которых архитектор создает необходимые свойства и отношения проектируемых им объектов, можно в целом определить как пространственные модели (Лежава, Метленков, Нечаев, 1980).

Психологический анализ практики использования различных средств проектного моделирования демонстрирует своеобразную «бифункциональность» этого процесса. С одной стороны, налицо производность, «вторичность» создаваемых архитектором моделей по отношению к замыслу, лежащему в их основе. В материале графических изображений и макетов воплощается то пространственное представление, которое было создано архитектором предварительно как замысел. Плоскостные и объемные формы проектного моделирования как бы наполняются «предсуществующим» до них содержанием. Но, как отмечал в свое время Л. С. Выготский, мысль не просто воплощается в слове, а совершается в нем (Выготский, 1982). Объективная логика материала, составляющего специфику того или иного средства проектного моделирования, в ходе деятельности формирует, буквально «формирует» замысел, трансформирует его и, по сути дела, определяет те конкретные его особенности, которые закономерно появляются в процессе пространственного моделирования. Проведенный нами цикл исследований места и роли разнообразных средств проектного моделирования пространства достаточно ясно продемонстрировал предметно-знаковый характер этой деятельности, в которой лишь отдельные звенья (действия и операции) могут выполняться в умственной и перцептивной форме, но в целом вся деятельность с необходимостью осуществляется в так называемой материализованной форме, если рассматривать ее с позиции теории поэтапного формирования.

«Внутренняя» проблемность содержания проектной деятельности, даже если оно заключается лишь в целенаправленном учете конкретных условий строительства типового объекта, т. е. в «привязке» ранее созданного проекта к вновь возникшим обстоятельствам проектной ситуации, психологически заставляет архитектора вновь объективировать и характеристики объекта (той действительности, с которой его столкнула проектная практика), и свои собственные пространственные представления, чтобы они, как внешние «реалии», в своем «взаимном действии» или «предметном» диалоге реализовывали его сознательную цель. Особенно наглядно этот комплексный предметно-знаковый характер проектного моделирования обнаруживается при анализе становления и развития профессии архитектора в ее «филогенезе» (Глазычев, 1986). И в настоящее время потребности творческой деятельности проектировщика не только вызывают к жизни новые виды плоскостного и объемного моделирования, но и заставляет их «мутировать», образовывать «симбиозные» формы, которые практически невозможно классифицировать, пользуясь традиционными дихотомиями теории моделирования.

В практике проектного моделирования систематически возникают «двойные» опосредствования одних моделей другими, с одной стороны, и буквальное «дедуктивное» одного типа моделей из других, возникновение «кентаврообразных» моделей, с другой, например, по типу видовых диорам (Степанов, Иванова, Нечаев, 1993; Кудряшев, Байтзетцер, 1985; Лежава, Метленков, Нечаев, 1980).

Проведенный нами анализ этих двух основных форм проектного моделирования убедительно продемонстрировал их своеобразную психологическую «дополнительность» в творческой деятельности архитектора. Каждый новый виток развития пространственного моделирования в определенной мере, так сказать, «снял» в новом средстве деятельности архитектора вызревающие противоречия между двумя основными формами моделирования. Линия, тон, цвет, плоскость, объем «оторвались» от того конкретного архитектурного содержания, с которым они были слиты в течение веков и превратились в своеобразные «плоскостные» и «объемные» абстракции пространства, лишь в совокупности «схватывающие» конкретность создаваемого архитектором объекта.

Показательно, например, что так называемое абстрактное искусство, возникнув в начале XX в., именно в сфере архитектурного творчества выступило как эффективное средство художественного освоения пространства. Графические и объемные композиции и коллажи Н. Габо и Л. Лисицкого, В. Кандинского и К. Малевича, «подхватив» и усилив пространственный потенциал произведений Вантонгерлоо, Дус-бурга и Мондриана, закономерно стали важнейшими концептуально-смысловыми схемами современного архитектурного мышления. Особенно наглядно подобные схемы «схватывания» пространства представлены в современных проектных разработках, использующих возможности информационных технологий. Не опасаясь впасть в поверхностную аналогию, мы можем сказать, что в этом явлении специфичным для данной профессиональной деятельности образом проступает основная психологическая структура метода «восхождения от абстрактного к конкретному» (Маркс, Энгельс, 1956). В ходе проектного поиска виртуальная по форме своего бытия пространственная абстракция постепенно обогащается содержанием, конкретизируется и «превращается» в реальную архитектуру; доказательством наличия подобного «восхождения» может служить любой осуществленный проект, конечно, рассмотренный как результат «вместе со своим становлением» (Гегель).

Но средства – еще не деятельность и тем более не творчество. Моделирование как деятельность – это деятельность творческая, а следовательно, постоянно развивающаяся. Проектное творчество как форма художественной деятельности по своему основному предназначению требует от архитектора индивидуального ответа на индивидуальные обстоятельства, требует максимально конкретного и полного для данной конкретной личности системного учета обстоятельств задачи в единстве их «места, времени и действия». Любая утрата и потеря конкретности, малейшая абстрактность и отстраненность в подходе к задаче свидетельствует о повторе и «застое» в развитии деятельности. По отношению к творчеству, корни которого лежат в вынужденном и в большинстве случаев неосознанном приспособлении человека к изменившейся обстановке, к более высокому уровню нужно отнести творчество по убеждению, творчество, основанное на ясно осознаваемой необходимости непрерывного обновления опыта, постоянного поиска решений, отвечающих сути именно этой конкретной задаче. Как показал наш анализ (Степанов, Иванова, Нечаев, 1993; Нечаев, 2006), для архитектора, деятельность которого «выходит» на этот уровень развития, преодоление наличных, сформировавшихся ранее возможностей в каждом конкретном случае не является прямым следствием «внешнего» изменения условий проектной задачи; у него порой нет необходимости

изменять способы своей деятельности. Но именно в актуализации потребности творчества и в осознании внутреннего «категорического императива», требующего подобного изменения, заключено психологическое отличие этой деятельности от деятельности, не развившейся до этого уровня.

Даже само по себе стремление «не повториться» может стать важным, хотя и «внешним» мотивом творческой деятельности проектировщика. Но чем конкретнее осознаются архитектором реальные обстоятельства каждой новой проектной задачи, тем более объективными и «внутренне» оправданными становятся как субъективные основания этого стремления, так и пути его реализации – в этом заключена психологическая сущность профессионального проектного творчества. Развитие проектного моделирования может идти только через последовательное разрешение постоянно возникающих в ходе проектного поиска проблемных ситуаций путем **осознанного** преодоления ранее сложившихся способов и приемов деятельности, их «снятия» во вновь возникающих и формирующихся возможностях.

Самопреодоление, осуществляемое в форме сознательного проникновения в содержание проектной задачи, психологически означает пересмотр сложившихся в прежнем опыте способов и приемов проектного моделирования и сознательное построение новых, соответствующих предлагаемым в каждой новой задаче обстоятельствам. Но если мы понимаем профессиональное творчество как развитие деятельности через поиск и конструирование новых средств и способов, отвечавших мотивационным установкам деятельности и конкретным условиям проектной задачи, то мы обнаруживаем принципиальное психологическое тождество «механизмов» развития творческой и учебной деятельности (Нечаев, 1985). Психологически подлинный профессионализм заключается в том, что специалист, как будто бы владеющий секретами мастерства своей профессии, тем не менее в каждой новой задаче учится вновь, т. е. сознательно овладевает новыми возможностями. Психологический анализ содержания и результатов профессиональной творческой деятельности архитекторов-мастеров убедительно демонстрирует, что в ходе решения проектной задачи настоящий профессионал закономерно превращается в «учащегося», который творит, участь, и учится, творя Буров, 1980; Вазари, 1956; Корбюзье, 1970). Больше того, подобное «учение» необходимо рассматривать как внутренне необходимый момент профессионально осознанного творчества, который психологически закономерно «вызревает» в ходе решения проектной задачи, и, мотивационно преобразуя деятельность в целом, развертывает ее исследовательский и рефлексивный потенциал.

Но если творчество становится учением, а учение – творчеством, то столь же закономерно, что каждый акт творчества делается лишь еще одной ступенькой или еще одним «витком в спирали» поступательного развития профессионала, новой стадией его подготовки к решению более трудных творческих задач на более глубокой и более содержательной основе. Поэтому творческий человек – это всегда учащийся, конечно, «учащий себя», а не просто обучаемый, хотя сознательно учиться столь же трудно, как и сознательно творить.

Для системы профессиональной подготовки движение к «профессионализму» с этой точки зрения заключается в том, что вначале создаются необходимые условия для формирования психологических возможностей построения пусть отдельных

и частных способов деятельности, но выступающих в то же время «клеточками» или «зародышами» развитой профессиональной деятельности, а в рамках освоения образовательной программы в целом процесс подготовки завершается формированием способности к профессионально осознанной трансформации всей системы деятельности, овладением возможностями самостоятельного программирования всего процесса проектного моделирования, направленного на решение конкретной задачи. Тем самым создаются объективные психологические предпосылки не только для углубленного осознания студентом содержания и условий своей деятельности, но и для перехода к высшему, «очеловеченному» уровню творчества – творчеству не интуитивно-случайному, а сознательно-необходимому – «свободной деятельности со знанием дела» (Ф. Энгельс).

Литература

- Ариевич И. М., Нечаев Н. Н.* Экспериментальное формирование различных методов визуального решения задач // Управляемое формирование психических процессов. М.: Изд-во МГУ, 1976. С. 113–119.
- Арнхейм Р.* Искусство и визуальное восприятие. М., 1974.
- Архитектура и психология: Учебное пособие для вузов / Под ред. А. В. Степанова, Г. И. Ивановой, Н. Н. Нечаева.* М.: Стройиздат, 1993.
- Бархин Б. Г.* Методика архитектурного проектирования. 2-е изд. М., 1982.
- Безмоздин Л. Н.* Художественно-конструктивная деятельность человека. Ташкент, 1975.
- Библер В. С.* Мышление как творчество: Введение в логику мысленного диалога. М., 1975.
- Брушлинский А. В.* Воображение и познание // Вопросы философии. 1967. № 11. С. 80–85.
- Буров А. К.* Мир художника: письма, дневники, беседы с аспирантами, суждения современников. М., 1980.
- Буткевич О.* Красота. Природа, сущность, формы. Л., 1979.
- Вазари Дж.* Жизнеописания наиболее знаменитых живописцев, ваятелей и зодчих. М., 1956. Т. 1.
- Валери Поль.* Об искусстве. М., 1976.
- Величковский Б. М., Блинникова И. В., Лапин Е. А.* Представление реального и воображаемого пространства // Вопросы психологии. 1986. № 3. С. 103–112.
- Витрувий Марк Поллион.* Десять книг об архитектуре. М., 1936. Т. 1.
- Выготский Л. С.* Собр. соч.: В 6-и т. Т. 2. Проблемы общей психологии. Мышление и речь. М., Педагогика, 1982. С. 5–361.
- Гастев Ю. А.* Гомоморфизмы и модели. Логико-алгебраические аспекты моделирования. М., 1975.
- Гидион Зигфрид.* Пространство, время, архитектура. 2-е изд. М., 1976.
- Глазычев В. Л.* Эволюция творчества в архитектуре. М., 1986.
- Гольдентрих С. С.* О природе эстетического творчества. М., 1966.
- Гордеева Н. Д., Зинченко В. П.* Функциональная структура действия. М., 1982.
- Гропиус Вальтер.* Границы архитектуры. М., 1971.
- Давыдов В. В.* Теория развивающего обучения. М.: ИНТОР, 1996.
- Давыдов В. В., Варданян А. У.* Учебная деятельность и моделирование. Ереван, 1981.

Н. Н. Нечаев

- Джонс Дж. К.* Инженерное и художественное конструирование: современные методы проектного анализа. М., 1975.
- Зайцев К. Г.* Графика и архитектурное творчество. М., 1979.
- Ильенков Э. В.* Об идолах и идеалах. М.: Политиздат, 1968.
- Ильенков Э. В.* Проблема идеального // Вопросы философии, 1979, №№ 6–7.
- Каган М. С.* Человеческая деятельность. Опыт системного анализа. М.: Политиздат, 1974.
- Кандилис Ж.* Статья архитектором. М., 1979.
- Кантор К. М.* Дизайн без иллюзий // Декоративное искусство СССР. М., 1981. № 5. С. 4–9.
- Кибрик Е. А.* Работа и мысли художника. М., 1984.
- Корбюзье Ле.* Творческий путь. М., 1970.
- Кориунов А. М.* Отражение, деятельность, познание. М.: Политиздат, 1979.
- Кудряшев К. В., Байтзетцер Л.* Проблемы изобразительного языка архитектора. М., 1985.
- Лежава И. Г., Метленков Н. Ф., Нечаев Н. Н.* Организация пространственного моделирования в учебном архитектурном проектировании. М., 1980.
- Ленин В. И.* Полн. собр. соч., 5 изд.
- Леонтьев А. Н.* Деятельность. Сознание. Личность. М., 1975.
- Леонтьев А. Н.* Чувственный образ и модель в свете ленинской теории отражения // Вопросы психологии. 1970. № 2. С. 34–45.
- Ломов Б. Ф.* Методологические и теоретические проблемы психологии. М., 1984.
- Лосев А. Ф.* Знак. Символ. Миф. М., 1982.
- Лотман Ю. М.* Художественный ансамбль как бытовое пространство // Декоративное искусство СССР. 1974. № 6. С. 48–50.
- Маркс К., Энгельс Ф.* Из ранних произведений. М.: Политиздат, 1956.
- Маркс К., Энгельс Ф.* Сочинения. 2-е изд.
- Мастера архитектуры об архитектуре: Избранные отрывки из писем, статей, выступлений и трактатов. М., 1972.
- Неуймин Я. Г.* Модели в науке и технике. М.: Наука, 1984.
- Нечаев Н. Н.* Психолого-педагогические аспекты подготовки специалистов в вузе. М.: Изд-во МГУ, 1985.
- Нечаев Н. Н.* Очеловечивание творчества: проблема и перспективы // Вопросы психологии. 2006. № 3. С. 3–22.
- Рубинштейн С. Л.* Бытие и сознание. М.: Изд-во АН СССР, 1957.
- Смирнов С. Д.* Психология образа: проблема активности психического отражения. М., 1985.
- Степанов А. В., Малахов С. А., Нечаев Н. Н.* Введение в проектирование. М., 1982.
- Степанов А. В., Иванова Г. И., Нечаев Н. Н.* Архитектура и психология. М.: Стройиздат, 1993.
- Танге Кендзо.* Архитектура Японии: Традиция и современность. М., 1975.
- Уелм о в А. И.* Логические основы метода моделирования. М., 1971.
- Художественное и научное творчество / Под ред. Б. С. Мейлаха. Л., 1972.
- Штофф В. А.* Моделирование и философия. М.–Л., 1965.
- Ярошевский М. Г.* О генезисе субъекта научного познания // Вопросы философии. 1979. № 6. С. 68–80.
- Arnheim R.* The dynamics of architectural form. Berkeley, 1977.

О моделировании эволюционного происхождения способностей к научному познанию

В. Г. Редько

В настоящей работе анализируются подходы к математическому и компьютерному моделированию эволюционного происхождения наиболее важных психических способностей человека – способностей к научному познанию. Обсуждаемые вопросы связаны: 1) с основаниями науки, основаниями математики, 2) с философией, с теорией познания, 3) с когнитивными науками, 4) с перспективной областью исследований «Адаптивное поведение».

В работе очерчен уже имеющийся задел по моделям эволюции познавательных свойств животных, моделям когнитивной эволюции. В процессе когнитивной эволюции постепенно развивались способности познания закономерностей внешнего мира. В результате этой эволюции сформировалось логическое мышление, используемое в научном познании.

Модели познавательных свойств живых организмов активно развиваются в рамках направления исследований «Адаптивное поведение». Основной подход этого направления – конструирование и исследование искусственных (в виде компьютерной программы или робота) «организмов», способных приспосабливаться к внешней среде. Эти организмы называются «аниматами» (от англ. animal + robot = animat). В настоящей работе кратко характеризуется направление «Адаптивное поведение», излагаются примеры исследованных в рамках этого направления моделей, описан оригинальный проект «Мозг анимата», нацеленный на формирование общей схемы построения моделей адаптивного поведения.

На основе проведенного анализа предлагаются контуры программы будущих исследований эволюционного происхождения логических форм мышления, используемых в научном познании. В программе намечен путь исследований от моделирования простейших форм адаптивного поведения к логическим правилам, используемым в математике.

В параграфе 1 данной статьи обсуждается гносеологическая проблема, связанная с постановкой работ по моделированию когнитивной эволюции. В параграфе 2

1 Работа выполнена при финансовой поддержке программы № 14 Президиума РАН «Фундаментальные проблемы информатики и информационных технологий» (проект 2.45) и РФФИ (проект № 07-01-00180).

характеризуется направление исследований «Адаптивное поведение» в целом. Примеры моделей адаптивного поведения излагаются в параграфе 3. В параграфе 4 описывается проект «Мозг анимата». Контуры программы будущих исследований когнитивной эволюции предлагаются в параграфе 5. В параграфе 6 резюмируется актуальность исследований когнитивной эволюции.

1 Гносеологическая проблема

Существует глубокая гносеологическая проблема: *почему человеческое мышление применимо к познанию природы?* Действительно, далеко не очевидно, что те логические мыслительные процессы, которые мы используем в научном познании, применимы к процессам, происходящим в природе, так как эти два типа процессов различны.

Обсудим данную проблему. Рассмотрение начнем с простой схемы научного познания, которую А. Эйнштейн описал в письме М. Соловину в 1952 году (рисунок 1) (Эйнштейн, 1967). Согласно этой схеме: 1) нам даны E – непосредственные данные нашего чувственного опыта, 2) на данных E психологически основаны аксиомы A , 3) из аксиом A логически выводятся частные утверждения S , 4) утверждения S сопоставляются с E (проверка опытом). Система аксиом A формируется интуитивно. В рамках одной научной парадигмы система аксиом постепенно уточняется. При переходе от одной научной парадигмы к другой происходит смена системы аксиом.

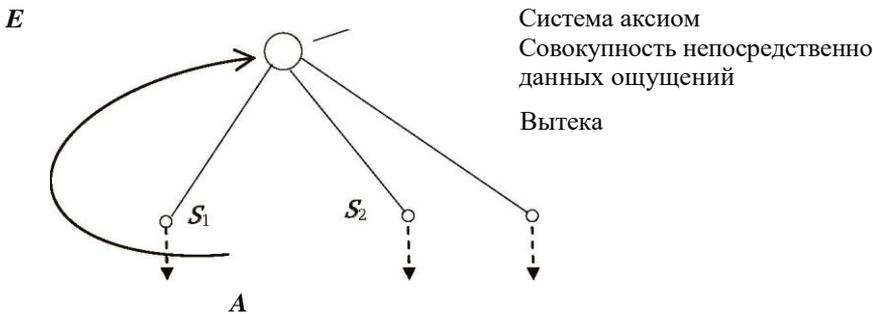


Рис. 1. Схема познавательного процесса (Эйнштейн, 1967)

Хотя возможны модификации и варианты подобных схем, данная схема вполне естественна для физика-теоретика. Для дальнейшего важно, что есть некоторый процесс логического вывода частных утверждений S из системы аксиом A , претендующий на строгость. Но почему процессы логического вывода, которые осуществляются человеком, применимы к внешнему миру?

Рассмотрим вопрос немного иначе, также имея в виду познавательные процессы, используемые в физике. Мощь физики связана с эффективным применением математики. Но математик строит свои теории, доказывает теоремы независимо от внешнего мира, используя свое мышление. Почему же результаты, получаемые дедуктивным путем математиком, применимы к реальной природе? И еще один аспект: как произошли способности к логической дедукции в процессе когнитивной эволюции?

Можно ли конструктивно подойти к решению этих вопросов? По мнению автора настоящей статьи, да, можно. Чтобы продемонстрировать такую возможность, будем рассуждать следующим образом.

Одно из элементарных правил, которое использует математик в логических заключениях – правило *modus ponens*: «Если имеет место A , и из A следует B , то имеет место B », или $\{A, A \rightarrow B\} \Rightarrow B$.

Перейдем от математики к собаке, у которой вырабатывают классический условный рефлекс. В памяти собаки формируется связь «за УС должен последовать БС» (УС – условный стимул, БС – безусловный стимул). Когда после выработки рефлекса собаке предъявляют УС, то она, «помня» о хранящейся в ее памяти «записи» $УС \rightarrow БС$, делает элементарный «вывод» $\{УС, УС \rightarrow БС\} \Rightarrow БС$. И собака ожидает БС. Конечно, применение правила *modus ponens* (чисто дедуктивное) математиком и индуктивный «вывод», который делает собака, явно различаются. Но можем ли мы думать об эволюционных корнях логических правил, используемых в математике? Да, вполне можем – умозаключение математика и индуктивный «вывод» собаки качественно аналогичны.

Итак, мы можем думать над эволюционными корнями логического мышления и, более того, строить модели эволюционного происхождения логических правил, используемых в научном познании. Естественно, что при моделировании когнитивной эволюции целесообразно рассматривать использование познавательных способностей животных при их приспособлении к внешней среде. Познавательные свойства были полезны для животных и закреплялись в процессе естественного отбора.

Отметим также, что соответствующий результат когнитивной эволюции – правила логического вывода, используемые при математических доказательствах, известны и достаточно хорошо формализованы (Математическая теория логического вывода, 1967). В основе этих выводов – элементарные правила, подобные *modus ponens*.

В предыдущих работах автора (Редько, 2005; Редько, 2005) рассмотрены точки зрения философов, работавших в области теории познания (Д. Юм, И. Кант, К. Лоренц, К. Поппер) и думавших над подобными вопросами. Интересна точка зрения И. Канта (Кант, 1964; Кант, 1965), который провел исследование познавательных процессов, «чистого разума» в приближении фиксированного мышления взрослого человека. В рамках этого приближения И. Кант не рассматривал эволюционные корни наших когнитивных способностей, считал «чистый разум» априорным. Но игнорирование эволюционных корней привело его к любопытному выводу. И. Кант в рамках своего приближения вполне логично утверждает, что так как «чистый разум» априорен, то наш рассудок в познавательном процессе предписывает свои законы природе.

Следовательно, игнорирование эволюционного происхождения «чистого разума» приводит к сомнениям относительно способности человека познавать законы природы. Наверно, во времена И. Канта было разумно ограничиться приближением фиксированного мышления взрослого человека – всего сразу не охватишь. Кроме того, не было еще теории Чарльза Дарвина. По-видимому, если бы И. Кант знал теорию происхождения видов, то он явно бы задумался об эволюционном происхождении «чистого разума».

Естественно, что после появления теории происхождения видов Ч. Дарвина должна была произойти ревизия концепции априорного «чистого разума». И она произошла. Очень четко ее выразил К. Лоренц в знаменитой статье «Кантовская доктрина априорного в свете современной биологии» (Lorenz, 1982). Согласно К. Лоренцу, кантовские априорные категории и другие формы «чистого разума» произошли в результате естественного отбора:

Не были бы законы разума, необходимые для априорного мышления, иными, если бы они сформировались иным историческим способом и если бы мы, следовательно, были оснащены иным типом нервной системы? И вообще, возможно ли, чтобы законы нашего когнитивного аппарата не были связаны с законами реального внешнего мира?

...Наши категории и формы восприятия, зафиксированные до индивидуального опыта, адаптированы к внешнему миру по тем же причинам, по которым копыто лошади адаптировано к степному грунту еще до того, как лошадь рождается, а плавник рыбы – к воде до ее появления из икринки (Lorenz, 1982, p. 121–143).

Следовательно, составляющие «чистого разума» возникали постепенно в процессе эволюции в результате многочисленных взаимодействий с внешним миром. В эволюционном контексте «чистый разум» совсем **не априорен**, а имеет явные эволюционные **эмпирические** корни.

В современной эволюционной эпистемологии также говорится, что специфически человеческие способности познавать и производить научное знание являются результатом естественного отбора (Поппер, 2000). Однако вопрос о том, как именно происходило становление способности производить научное знание, остается фактически нераскрытым. Наиболее серьезный подход к решению данной проблемы – исследовать биологические корни наших познавательных способностей и постараться разобраться, почему эти способности возникли, как и почему в процессе их эволюционного развития появилась возможность познания природы. Это исследование целесообразно вести на основе математических и компьютерных моделей эволюции познавательных свойств биологических организмов.

Как же конкретно вести моделирование когнитивной эволюции? Существует ли задел исследований в этой области? Оказывается, что да, существует. Такой задел развивается в направлении исследований «Адаптивное поведение», дальняя цель которого близка к задаче исследования когнитивной эволюции.

2 Направление исследований «Адаптивное поведение»

С начала 1990-х годов активно развивается направление «Адаптивное поведение» (Meyer, Wilson, 1991; От моделей поведения к искусственному интеллекту, 2006). Основной подход этого направления – конструирование и исследование модельных организмов, аниматов, способных приспосабливаться к внешней среде. Поведение аниматов имитирует поведение животных. Исследователи адаптивного поведения стараются разрабатывать именно такие модели, которые применимы к описанию поведения как реального животного, так и искусственного анимата (Непомнящих, 2002).

Программа-минимум направления «Адаптивное поведение» – исследовать архитектуры и принципы функционирования систем управления поведением, которые позволяют животным или роботам жить и действовать в изменчивой внешней среде.

Программа-максимум этого направления – попытаться проанализировать эволюцию когнитивных способностей животных в контексте происхождения интеллекта человека (Donnart, Meyer, 1996). Программа-максимум соответствует очерченной выше задаче моделирования когнитивной эволюции.

Для исследований в рамках направления «Адаптивное поведение» характерен синтетический подход: здесь конструируются архитектуры, обеспечивающие «интеллектуальное» поведение аниматов. Причем это конструирование аналогично тому, которое осуществляет инженер: исследователь сам изобретает архитектуры, подразумевая, конечно, что какие-то подобные структуры, обеспечивающие адаптивное поведение, должны быть у реальных животных. При этом данное направление исследований рассматривается как бионический подход к разработке систем искусственного интеллекта.

Отметим, что хотя «официально» направление «Адаптивное поведение» было провозглашено в 1990 г., существуют явные провозвестники этого направления. Приведем примеры из истории отечественной науки. В 1960-х годах блестящий кибернетик и математик М. Л. Цетлин предложил и исследовал модели автоматов, способных адаптироваться к окружающей среде. Работы М. Л. Цетлина инициировали целое научное направление, получившее название «коллективное поведение автоматов» (Цетлин, 1969). В 1960–1970-х годах под руководством талантливого кибернетика М. М. Бонгарда был предложен интересный проект «Животное», направленный на моделирование адаптивного поведения искусственных организмов с иерархией целей и подцелей (Бонгард, Лосев, Смирнов, 1975). Хороший обзор ранних работ по адаптивному поведению представлен в книге М. Г. Гаазе-Рапопорта и Д. А. Поспелова «От амебы до робота: модели поведения» (Гаазе-Рапопорт, Поспелов, 2004).

Подчеркнем, что в современных исследованиях адаптивного поведения используется ряд нетривиальных компьютерных методов (для краткости приводим только ссылки на ключевые монографии по этим методам):

- нейронные сети (Хакен, 2006),
- генетический алгоритм (Holland, 1986) и другие методы эволюционной оптимизации,
- классифицирующие системы (Classifier Systems) (Holland, Holyoak, Nisbett, Thagard, 1986),
- обучение с подкреплением (Reinforcement Learning) (Sutton, Barto, 1998).

3 Примеры моделей адаптивного поведения

3.1. Модели мозга и поведения в Институте нейронаук Дж. Эдельмана

В Институте нейронаук Дж. Эдельмана (сайт института: www.nsi.edu) уже более 25 лет ведутся разработки поколений моделей работы мозга (Darwin I, Darwin II, ...) и исследования адаптивного поведения искусственного организма NOMAD (Neu-rally Organized Mobile Adaptive Device), построенного на базе этих моделей.

Работы по NOMAD'у – исследование поведения адаптивного устройства на основе моделей мозга (авторы называют его также Brain-based device), принципы моделирования которого состоят в следующем:

- 1) устройство помещается в реальную физическую среду;
- 2) имеется некоторая поведенческая задача, которую должно решать устройство;
- 3) поведение устройства контролируется модельной нервной системой, которая отражает архитектуру мозга и динамику процессов в мозге;
- 4) поведение устройства и процессы в модельной нервной системе должны допускать сравнение с экспериментальными биологическими данными.

В одной из последних работ по NOMAD'у промоделировано поведение мыши в лабиринте Морриса (Krichmar, Seth, Nitz, Fleischer, Edelman, 2005).

Исследования поведения мыши или крысы в лабиринте Морриса – один из канонических биологических экспериментов, который состоит в следующем. Имеется бассейн с непрозрачной жидкостью (например, это может быть вода, подкрашенная молоком), на бортах бассейна есть рисунки, которые мышь видит и может использовать для ориентировки. В определенном месте бассейна есть скрытая платформа, которую мышь может найти и тем самым спастись – не утонуть. Мышь бросают в бассейн, она плавает некоторое время и либо находит платформу и спасается, либо начинает тонуть (тогда ее спасает экспериментатор). После ряда экспериментов мышь начинает использовать ориентиры на бортах бассейна и находить платформу за достаточно короткое время.

Поведение NOMAD'a в лабиринте Морриса моделировалась следующим образом (Krichmar, Seth, Nitz, Fleischer, Edelman, 2005). NOMAD представлял собой подвижное устройство на колесах, управляемое нейронной сетью, состоящей из 90 000 нейронов, в которой было выделено 50 различных нейронных областей, в частности несколько областей гиппокампа. В сети было $1,4 \times 10^6$ синаптических контактов между нейронами. Программно нейронная сеть была реализована на основе компьютерного кластера. При моделировании детально исследовались процессы, происходящие в разных областях нейронной сети.

Сенсорная система NOMAD'a включала зрение, обонятельную систему, позволяющую отслеживать свои собственные следы, систему инфракрасных приемников-излучателей, обеспечивающую избегание столкновений, и специальный детектор скрытой от зрения платформы, позволяющий обнаруживать эту платформу только тогда, когда NOMAD находится непосредственно над ней.

NOMAD помещался в комнату, в которой находилась скрытая платформа; на стенах комнаты были разноцветные полосы-ориентиры. В начале каждого из компьютерных экспериментов NOMAD помещался в разные участки комнаты; задача NOMAD'a состояла в том, чтобы найти скрытую платформу. Обучение нейронных сетей NOMAD'a осуществлялось по модифицированному правилу Хебба на основе поощрений (получаемых при нахождении скрытой платформы) и наказаний (получаемых при приближении к стенам комнаты).

Было продемонстрировано, что: 1) NOMAD обучается находить платформу достаточно быстро (за 10–20 попыток); 2) в модельном гиппокампе формируются *нейроны места*, активные только тогда, когда NOMAD находится в определенных

О моделировании происхождения способностей к научному познанию

участках комнаты; 3) в модельном гиппокампе формируются связи между отдельными нейронными областями, отражающие причинно-следственные зависимости. Итак, изложенная модель представляет собой эмпирическое компьютерное исследование, хорошо продуманное с биологической точки зрения. Поведение NOMAD'a нетривиально: обучение происходит быстро, формируются «нейроны места» в модельном гиппокампе, исследовано формирование «причинных связей» между областями модельного гиппокампа. Было бы полезно дополнительно к этим эмпирическим работам провести более формализованное исследование.

3.2. Модель эволюционного возникновения коммуникаций в коллективе роботов

В работе Д. Марокко и С. Нолфи (Marocco, Nolfi, 2006) исследовались следующие вопросы: как могут эволюционно возникнуть коммуникации между модельными организмами? как в эволюционном процессе может сформироваться сигнальная обработка информации?

Рассматривалась следующая проблема. Есть четыре робота, каждый из которых управляется рекуррентной нейронной сетью, состоящей из 5 нейронов. На входы нейронов поступают сигналы от 8 инфракрасных датчиков и от 4 датчиков, воспринимающих звуковые сигналы с разных сторон. Нейронная сеть имела 3 выходных нейрона, 2 из которых определяли скорость движения двух колес, а третий – интенсивность силы звука, издаваемого в данный момент роботом. В ограниченной области пространства имелось две кормушки, и роботам нужно было, используя свои нейронные сети и звуковые сигналы разной интенсивности, как можно быстрее распределиться по кормушкам: по 2 робота на каждую.

Нейронные сети роботов оптимизировались эволюционным путем. В результате в течение 2000 поколений у роботов сформировались сигналы 5 различных видов (т. е. разной интенсивности). Используя эти сигналы, роботы достаточно устойчиво находили требуемое распределение по кормушкам.

В целом в рассматриваемой работе (Marocco, Nolfi, 2006) продемонстрировано, что в эволюционирующей популяции роботов, управляемых рекуррентными нейронными сетями, может формироваться простая сигнальная система, а именно система коммуникаций, позволяющая решать нетривиальную задачу распределения роботов по кормушкам.

3.3. Бионическая модель поискового адаптивного поведения

Одно из актуальных направлений исследований в рамках моделирования адаптивного поведения – имитация поискового поведения животных. В работе В. А. Непомнящих, Е. Е. Попова и В. Г. Редько (2008) исследовалось поисковое поведение на примере личинок ручейников *Chaetopteryx villosa*, обитающих на дне водоемов. Личинки носят на себе «домик» – трубку из песка и других частиц, которые они собирают на дне водоемов. Частицы скрепляются между собой по краям с помощью клейкой белковой нити. Строительство требует меньше времени, усилий и белка, если личинки используют относительно крупные и плоские частицы: при одинаковых размерах домика общая протяженность швов между составляющими его немногими крупными частицами оказывается меньше, чем в том случае, когда домик сооружается из большого числа мелких частиц. Однако поиск крупных частиц на дне

водоема требует затрат времени и энергии, не известных личинке заранее. Задача осложняется еще и тем, что личинки при поиске частиц не пользуются зрением и могут обнаружить частицу и определить ее размер только наощупь, что требует дополнительных затрат времени.

В рассматриваемой работе (Непомнящих, Попов, Редько, 2008) построена компьютерная модель поискового поведения личинки ручейников, строящих чехол-домик из частиц разного размера и ведущих поиск скоплений подходящих частиц. В модели используется понятие мотивации, а именно мотивации к прикреплению частиц к домику. В модель включен механизм регулирования мотивации $M(t)$, соответствующий принципу частичного успеха: при тестировании крупной частицы, которая все же не прикрепляется из-за недостаточно высокого уровня текущей мотивации, происходит рост $M(t)$, в результате чего повышается тенденция к прикреплению следующих крупных частиц. Продемонстрирована адекватность построенной модели биологическим экспериментальным данным. Модель характеризуется как своей спецификой, обусловленной памятью о размерах последних обработанных частиц, так и общими свойствами инерционного переключения между тактиками поведения, позволяющими животным выявлять и использовать при адаптивном поведении наиболее общие закономерности взаимодействия с внешней средой.

Обнаруженная в данном исследовании инерционность переключения между тактиками соответствует известному принципу доминанты (Ухтомский, 1966); она должна быть полезна и для искусственных автономных адаптивных систем при формировании поведения с несколькими тактиками или целями.

Отметим, что представленные модели довольно разнородны и в целом исследования адаптивного поведения носят несколько фрагментарный характер. Поэтому в ряде работ (Анохин, Бурцев, Зарайская, Лукашев, Редько, 2002, Redko, Prokhorov, Burtzev, 2004) начата разработка проекта «Мозг анимата», нацеленного на формирование общей платформы для систематического построения моделей адаптивного поведения (термин «Мозг анимата» был предложен К. В. Анохиным). Проект основан на теории функциональных систем.

4 Проект «Мозг анимата»

Теория функциональных систем была предложена и развита в 1930–1970-х годах известным советским нейрофизиологом П. К. Анохиным (Анохин, 1979). Функциональная система по П. К. Анохину – это схема управления, нацеленная на достижение полезных для организма результатов. Проект «Мозг анимата», основанный на теории функциональных систем, излагается ниже.

4.1. Общая архитектура «Мозга анимата»

Предполагается, что система управления аниматом имеет иерархическую архитектуру. Базовым элементом системы управления является отдельная функциональная система.

Верхний уровень соответствует основным потребностям организма: питания, размножения, безопасности, накопления знаний. Более низкие уровни системы управления соответствуют тактическим целям поведения. Блоки всех этих уровней

реализуются с помощью функциональных систем. Управление с верхних уровней может передаваться на нижние (от «суперсистем» к «субсистемам») и возвращаться назад. Предполагается, что система управления аниматом функционирует в дискретном времени. Также предполагается, что в каждый такт времени активна только одна функциональная система.

В одной из наших работ (Redko, Prokhorov, Burtzev, 2004) предложена простая формализация функциональной системы на основе нейросетевых адаптивных критиков. Обучение адаптивного критика происходит путем самообучения, на основе положительных или отрицательных подкреплений, получаемых из внешней среды. При этом формальная функциональная система моделирует следующие важные особенности своего биологического прототипа: 1) прогноз результата действия, 2) сравнение прогноза и результата, 3) коррекцию прогноза путем обучения в соответствующих нейронных сетях, 4) принятие решения.

Рассматриваемая схема адаптивного критика состоит из двух блоков: Модель и Критик. Предполагается, что Модель и Критик - многослойные перцептроны, и что производные по весам синапсов нейронных сетей этих блоков могут быть вычислены обычным методом обратного распространения ошибки (Rumelhart, Hinton, Williams, 1986). Цель адаптивного критика - максимизировать функцию суммарной награды $U(t)$:

$$[J(t) = \sum_{\infty} JyV(t + \gamma r), \quad (1)$$

где $r(t)$ - текущее подкрепление (поощрение, $r(t) > 0$ или наказание, $r(t) < 0$), полученное адаптивным критиком в данный момент времени t , γ - дисконтный фактор, $0 < \gamma < 1$.

Для развития проекта важно проверить, как функционируют простые схемы адаптивных критиков в конкретных моделях. Далее излагаются результаты исследования такой модели.

4.2. Модель эволюции популяции самообучающихся агентов на базе нейросетевых адаптивных критиков

Исследуется модель эволюции популяции самообучающихся автономных агентов и анализируется взаимодействие между обучением и эволюцией. Модель отрабатывается на примере агента-брокера. Этот пример используется только для определенности, аналогично можно рассматривать функционирование модельного «организма», более подобного биологическим прототипам, например, «организма», помещенного во внешнюю среду, которая определяется зависимостью температуры от времени, аналогичной курсу акций для агента-брокера.

4.2.1. Описание модели Схема агента. Рассматривается модель агента-брокера, который имеет ресурсы двух типов: деньги и акции; сумма этих ресурсов составляет капитал агента $C(t)$; доля акций в капитале равна $u(t)$. Внешняя среда определяется временным рядом $X(t)$; $t = 0, 1, 2, \dots$; $X(t)$ - курс акций на бирже в момент времени t . Агент стремится увеличить свой капитал $C(t)$, изменяя значение $u(t)$. Динамика капитала определяется выражением:

$$C(t + 1) = C(t) [1 + u(t + 1) \Delta X(t + 1) / X(t)], \quad (2)$$

где $\Delta X(t + 1) = X(t + 1) - X(t)$ – текущее изменение к урса акций. Используется логарифмическая шкала для ресурса агента, $R(t) = \log C(t)$. Текущее подкрепление агента $r(t) = R(t + 1) - R(t)$ равно:

$$r(t) = \log [1 + u(t + 1) \Delta X(t + 1) / X(t)]. \quad (3)$$

Для простоты предполагается, что переменная u может принимать только два значения $u = 0$ (весь капитал в деньгах) или $u = 1$ (весь капитал в акциях).

Алгоритм обучения. Система управления агента представляет собой простой адаптивный критик, состоящий из двух нейронных сетей (НС): Модель и Критик (рисунок 2). В предположении $\Delta X(t) \ll X(t)$ считаем, что ситуация $\mathbf{S}(t)$, характеризующая состояние агента, зависит только от двух величин, $\Delta X(t)$ и $u(t)$: $\mathbf{S}(t) = \{\Delta X(t), u(t)\}$.

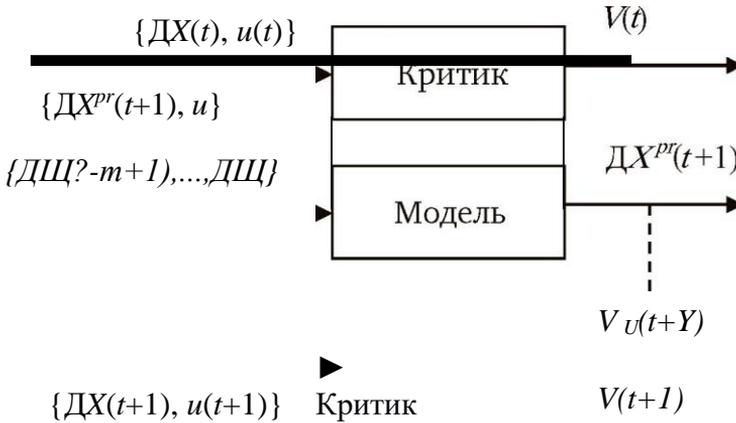


Рис. 2. Схема системы управления агента. Нейронная сеть Критика показана для двух последовательных тактов времени. Модель предназначена для прогнозирования изменения курса временного ряда. Критик предназначен для оценки качества ситуаций $V(\mathbf{S})$ для текущей ситуации $\mathbf{S}(t) = \{\Delta X(t), u(t)\}$, для ситуации в следующий такт времени $\mathbf{S}(t + 1) = \{\Delta X(t + 1), u(t + 1)\}$ и для предсказываемых ситуаций для обоих возможных действий $\mathbf{S}^{pr}(t + 1) = \{\Delta X^{pr}(t + 1), u\}$, $u = 0$ либо $u = 1$

Модель предназначена для прогнозирования изменения курса временного ряда. На вход Модели подает с m предыдущих значений изменения курса $\Delta X(t - m + 1), \dots, \Delta X(t)$, на выходе формируется прогноз изменения курса в следующий такт времени $\Delta X^{pr}(t + 1)$. Модель представляет собой двухслойную НС, работа которой описывается формулами:

$\mathbf{x}^M = \{\Delta X(t - m + 1), \dots, \Delta X(t)\}$, $y_j^M = \text{th}(\sum_i w_{ij}^M x_i^M)$, $\Delta X^{pr}(t + 1) = \sum_j v_j^M y_j^M$, где \mathbf{x}^M – входной вектор, y^M – вектор выходов нейронов скрытого слоя, w_{ij}^M и v_j^M – веса синапсов НС.

Критик предназначен для оценки качества ситуаций $V(\mathbf{S})$ по формуле (1), а именно оценки функции полезности $U(t)$ для агента, находящегося в рассматриваемой ситуации \mathbf{S} . Критик представляет собой двухслойную НС, работа которой описывается формулами:

О моделировании происхождения способностей к научному познанию

$x^c = \mathbf{S}(t) = \{\Delta X(t), u(t)\}$, $y^c = \text{th}(2w^c \cdot x^c)$, $V(t) = V(\mathbf{S}(t)) = 2v^c y^c$, где x^c - входной вектор, y^c - вектор выходов нейронов скрытого слоя, w^c и v^c - веса синапсов НС.

Каждый момент времени t выполняются следующие операции:

- 1) Модель предсказывает следующее изменение временного ряда $\Delta X^{Pr}(t+1)$.
- 2) Критик оценивает величину V для текущей ситуации $V(f) = V(\mathbf{S}(t))$ и для предсказываемых ситуаций для обоих возможных действий $V^{Pr}(t+1) = V(\mathbf{S}^{Pr}(t+1))$, где $\mathbf{S}^{Pr}_u(\xi+1) = \{\Delta X^{Pr}(\xi+1), u\}$, $u = 0$ либо $u = 1$.
- 3) Применяется ϵ -жадное правило: действие, соответствующее максимальному значению $V^{Pr}(t+1)$ выбирается с вероятностью $1 - \epsilon$, и альтернативное действие выбирается с вероятностью ϵ ($0 < \epsilon < 1$). Выбор действия есть выбор величины $u(t+1)$: перевести весь капитал в деньги, $u(t+1) = 0$; либо в акции, $u(t+1) = 1$.
- 4) Выбранное действие $u(t+1)$ выполняется. Происходит переход к моменту времени $\xi+1$. Наблюдаемое значение $\Delta X(t+1)$ сравнивается с предсказанием $\Delta X^{Pr}(t+1)$. Веса НС Модели подстраиваются так, чтобы минимизировать ошибку предсказания методом обратного распространения ошибки. Скорость обучения Модели равна $a_m > 0$.
- 5) Критик подсчитывает $V(t+1) = V(\mathbf{S}(t+1))$; $\mathbf{S}(\xi+1) = \{\Delta X(t+1), u(t+1)\}$. Рассчитывается ошибка временной разности:

$$5(f) = r(f) + yV(t+1) - V(f). \quad (4)$$
- 6) Веса НС Критика подстраиваются так, чтобы минимизировать величину $5(\xi)$, это обучение осуществляется градиентным методом, аналогично методу обратного распространения ошибки. Скорость обучения Критика равна $a_n > 0$.

Схема эволюции. Рассматривается эволюционирующая популяция, состоящая из n агентов. Каждый агент имеет ресурс $R(f)$, который изменяется в соответствии с подкреплениями агента: $R(t+1) = R(f) + r(t)$, где $r(f)$ определено в (3).

Эволюция происходит в течение ряда поколений, $n = 1, 2, \dots$. Продолжительность каждого поколения n равна Γ тактов времени (Γ - длительность жизни агента). В начале каждого поколения ресурс каждого агента равен нулю, т. е. $R(T(n-1)+1) = 0$.

Начальные веса синапсов обеих НС (Модели и Критика) формируют геном агента $\mathbf{G} = \{\mathbf{W} \quad \mathbf{V}\}$. Геном \mathbf{G} задается в момент рождения агента и не меняется в течение

мв со

его жизни. В противоположность этому текущие веса синапсов НС \mathbf{W}_M и \mathbf{V}_L подстраиваются в течение жизни агента путем обучения.

В конце каждого поколения определяется агент, имеющий максимальный ресурс $R(n)$ (лучший агент поколения n). Этот лучший агент порождает n потомков,

которые составляют новое $(n+1)$ -е поколение. Геномы потомков \mathbf{G} отличаются от генома родителя небольшими мутациями. Более конкретно, предполагается, что в начале каждого нового $(n+1)$ -го поколения для каждого агента его геном формируется следующим образом: $G(n+1) = G(n) + \text{rand.}$, $\mathbf{W}_0(n+1) = \mathbf{G}(n+1)$, где $\mathbf{G}(n)$ - геном лучшего агента предыдущего n -го поколения и rand. - это нор-

best g

мально распределенная случайная величина с нулевым средним и стандартным отклонением P (интенсивность мутаций), которая добавляется к каждому весу.

Таким образом, геном \mathbf{G} (начальные веса синапсов, получаемые при рождении агента) изменяется только посредством эволюции, в то время как текущие веса си-

В. Г. Редько

напсов \mathbf{W} дополнительно к этому подстраиваются посредством обучения. При этом в момент рождения агента $\mathbf{W} = \mathbf{W}_0 = \mathbf{G}$.

4.2.2. *Результаты моделирования* Общие особенности адаптивного поиска. Изложенная модель была реализована в виде компьютерной программы. В компьютерных экспериментах использовалось два варианта временного ряда:

1) синусоида:

$$X(f) = 0,5(1 + \sin(2\pi f/20)) + 1,$$

2) стохастический временной ряд:

$$X(f) = \exp(p(t)/1200), \quad p(f) = p(\xi - 1) + |3(\xi - 1) + f c_1 A(\xi), \quad P(\xi) = f c_2 |3(\xi - 1) + |i(f), \text{ где}$$

$L(\xi)$ и $|i(f)$ - два нормальных процесса с нулевым средним и единичной дисперсией, $\kappa_1 = 0,3$; $\kappa_2 = 0,9$.

Некоторые параметры модели имели одно и то же значение для всех экспериментов: дисконтный фактор $\gamma = 0,9$; количество входов НС Модели $m = 10$; количество нейронов в скрытых слоях НС Модели и Критика $N_{HM} = N_{HC} = 10$; скорость обучения Модели и Критика $a_m = a_c = 0,01$; параметр е-жадного правила $\epsilon = 0,05$; интенсивность мутаций $P = 0,1$. Остальные параметры (продолжительность поколения T и численность популяции n) принимали разные значения в разных экспериментах. Были проанализированы следующие варианты рассматриваемой модели:

- Случай L (чистое обучение); в этом случае рассматривался отдельный агент, который только обучался.
- Случай E (чистая эволюция), т. е. рассматривается эволюционирующая популяция без обучения.
- Случай LE (обучение + эволюция), т. е. полная модель, изложенная выше.

Было проведено сравнение ресурса, приобретаемого агентами за 200 временных тактов для этих трех способов адаптации. Для случаев E и LE бралось $T = 200$ (T -продолжительность поколения) и регистрировалось максимальное значение ресурса в популяции $R(n)$ в конце каждого поколения. В случае L (чистое обучение) рассматривался только один агент, ресурс которого для удобства сравнения со случаями E и LE обнулялся каждые $T = 200$ тактов времени: $R(T(n - 1) + 1) = 0$. В этом случае индекс n увеличивался на единицу после каждых T временных тактов, и полагалось $R(n) = R(Tn)$.

Графики $R(n)$ для синусоиды (5) показаны на рисунке 3. Чтобы исключить уменьшение значения $R(n)$ из-за случайного выбора действий при применении е-жадного правила для случаев LE и L, полагалось $\epsilon = 0$ после $n = 100$ для случая LE и после $n = 2000$ для случая L. Результаты усреднены по 1000 экспериментам; $n = 10$, $\Gamma = 200$.

Из рисунка 3 видно, что обучение, объединенное с эволюцией (случай LE), и чистая эволюция (случай E) дают одно и то же значение конечного ресурса $R(500) = 6,5$. Однако эволюция и обучение вместе обеспечивают нахождение больших значений R быстрее, чем эволюция отдельно - существует симбиотическое взаимодействие между обучением и эволюцией.

максимальное значение ресурса достигается при симбиотическом взаимодействии между обучением и эволюцией.

О моделировании происхождения способностей к научному познанию

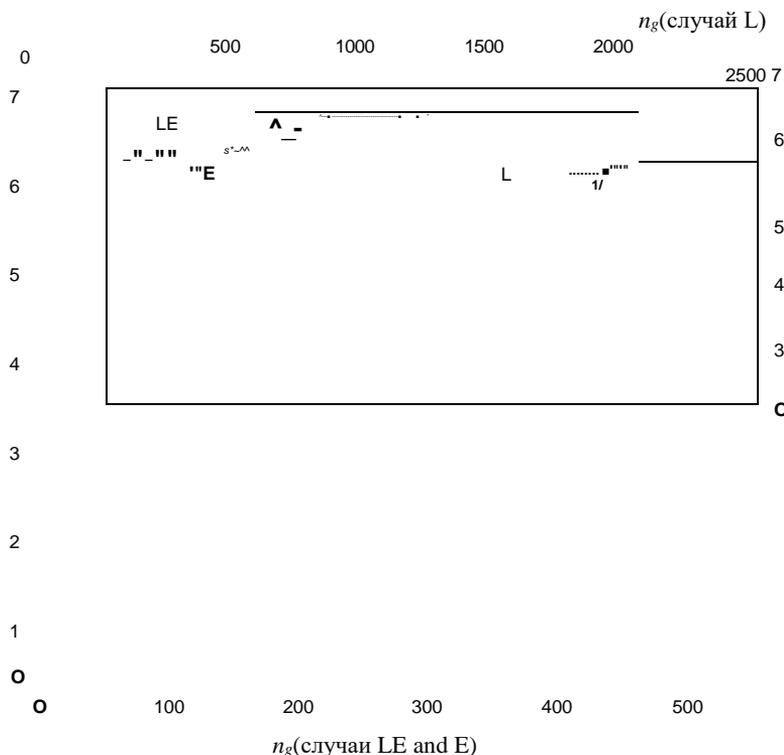


Рис. 3. Зависимости $R_{max}(n_g)$. Кривая LE соответствует случаю обучения, объединенного с эволюцией, кривая E – случаю чистой эволюции, кривая L – случаю чистого обучения. Временная шкала для случаев LE и E (номер поколения n_g) представлена снизу, для случая L (индекс n_g) – сверху. Моделирование проведено для синусоиды, кривые усреднены по 1000 экспериментам; $n = 10$, $T = 200$

Из (3) следует, что существует оптимальная стратегия поведения агента: вкладывать весь капитал в акции ($u(t+1) = 1$) при прогнозе роста курса ($\Delta X^{pr}(t+1) > 0$), вкладывать весь капитал в деньги ($u(t+1) = 0$) при прогнозе падения курса ($\Delta X^{pr}(t+1) < 0$). Анализ экспериментов, представленных на рисунке 3, показал, что в случаях LE (обучение + эволюция) и E (чистая эволюция) такая оптимальная стратегия находится. Это соответствует асимптотическому значению ресурса $R_{max}(500) = 6,5$.

В случае L (чистое обучение) асимптотическое значение ресурса ($R_{max}(2500) = 5,4$) существенно меньше. Анализ экспериментов для этого случая показал, что обучение обеспечивает нахождение только следующей «субоптимальной» стратегии поведения: агент держит капитал в акциях при росте и при слабом падении курса и переводит капитал в деньги при сильном падении курса. Та же тенденция к явному предпочтению вкладывать капитал в акции при чистом обучении наблюдалась и в экспериментах на стохастическом ряде (6).

Представленные результаты демонстрируют, что хотя обучение в настоящей модели и несовершенно, оно способствует более быстрому нахождению оптимальной стратегии поведения по сравнению со случаем чистой эволюции.

Взаимодействие между обучением и эволюцией. Эффект Болдуина. Если длительность поколения T была достаточно большой (1000 и более тактов времени), то для

случая LE часто наблюдалось сильное влияние обучения на эволюционный процесс (рисунок 4).

В первых поколениях эволюционного процесса существенный рост ресурса агентов наблюдался не с самого начала поколения, а спустя 200–300 тактов, т. е. агенты явно обучались в течение своей жизни находить более или менее приемлемую стратегию поведения, и только после смены ряда поколений рост ресурса

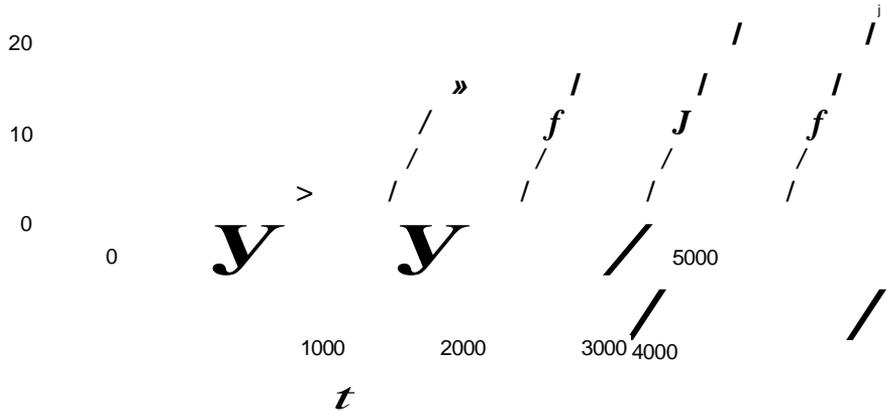


Рис. 4. Зависимость ресурса лучшего в популяции агента R_{max} от времени t для первых пяти поколений. Случай LE (обучение, объединенное с эволюцией); размер популяции $n = 10$, длительность поколения $T = 1000$. Моменты смены поколений показаны вертикальными линиями. Для первых двух поколений есть явная задержка в 100–300 тактов времени в росте ресурса агента. К пятому поколению лучший агент «знает» хорошую стратегию поведения с самого рождения, т. е. стратегия, изначально приобретаемая посредством обучения, становится наследуемой

начинался с самого начала поколения. Это можно интерпретировать как проявление известного эффекта Болдуина: исходно приобретаемый навык в течение ряда поколений становился наследуемым (Baldwin, 1896; Turney, Whitley, Anderson, 1996). Этот пример показывает, что в рамках эволюции наблюдаются определенные особенности, характерные для ламарковской эволюции, – приобретенные навыки переходят в наследуемые всего за 5 поколений.

4.4. Обсуждение вариантов проекта «Мозга анимата»

В исследованной модели получены нетривиальные результаты. В частности, показано, что эволюционная оптимизация может быть эффективней самообучения (это обусловлено тем, что в используемом варианте метода обучения с подкреплением оценка качества ситуаций $V(S)$ формируется с использованием стохастического поиска, что само по себе непросто). Кроме того, в этой модели наблюдается весьма нетривиальный эффект Болдуина: ассимиляция приобретаемых навыков в течение ряда поколений. Однако в данной модели, как показывают компьютерные расчеты, есть и слабые места: Модель этих агентов в определенных условиях может делать неправильные предсказания. А именно, хотя по форме кривой изменения курса акций предсказываются правильно, предсказанные изменения могут сильно отличаться от реальных по величине. И эти, строго говоря, неверные предсказания могут вполне разумно использоваться. Это показывает, что необходима определенная осторожность при выборе базовой модели функциональной системы для проекта «Мозг анимата». Поэтому имеет смысл рассмотреть и другие возможности базовой модели функциональных систем. С этой целью нами (Redko, Anokhin, 2007) была начата разработка нейросетевой системы «Мозга анимата» на основе использования понятия хеббовских ансамблей (Hebb, 1949), в

которой предполагается, что есть эво-

люционирующая популяция аниматов, оптимизация систем управления которыми происходит как в процессе обучения, так и в процессе эволюции популяции. Этот вариант интересен тем, что в нем предусмотрена простая возможность изменения архитектуры: связи между функциональными системами и сами системы могут меняться в рамках процессов обучения и эволюции. Это фактически соответствует принципам метаобучения (обучения как в отдельных моделях, блоках, так и обучения путем подбора моделей или блоков), предложенным в вычислительном интеллекте (Duch, 2008). Тем не менее, необходимо согласование функционирования всех элементов системы управления аниматом, и это накладывает довольно серьезные ограничения на ее архитектуру. Следовательно, важны дальнейшие исследования по данному перспективному проекту, в том числе и на основе представленного выше опыта моделирования на базе нейросетевых адаптивных критиков. Отметим также, что исследования по проекту «Мозг анимата» могут использоваться при изучении простых когнитивных свойств, т. е. составлять начальный этап моделирования когнитивной эволюции.

5 Контур программы будущих исследований когнитивной эволюции

Вернемся к обсуждению проблемы происхождения способностей к научному познанию. Итак, есть подход к изучению этой проблемы – построение математических и компьютерных моделей когнитивной эволюции, и существует направление исследований «Адаптивное поведение», в котором есть задел по этим моделям.

При постановке работ по исследованию эволюционного происхождения познавательных способностей целесообразно: 1) выделить ключевую проблему, непосредственно связанную с основаниями науки, 2) уточнить методы исследования, 3) предложить контуры программы будущих исследований когнитивной эволюции.

Ключевая проблема – проблема происхождения правил логического вывода. Как подчеркнуто в параграфе 1 статьи, интересно и важно исследовать вопрос о том, как произошли правила логического вывода, используемые математиками при доказательствах теорем – такие правила, как, например, правило *modus ponens*. Отметим еще раз, что правила логического вывода достаточно хорошо формализованы (Математическая теория логического вывода, 1967). Таким образом, данная ключевая проблема связана с основаниями математики, с основаниями математической логики.

Феноменологический подход – методология исследования когнитивной эволюции. В направлении исследований «Адаптивное поведение» часто используется феноменологический подход: предполагается, что существуют формальные правила поведения, и эти правила не обязательно связаны с конкретными микроскопическими нейронными или молекулярными структурами, которые есть у живых организмов. Естественно ожидать, что для моделирования когнитивной эволюции феноменологический подход должен быть эффективен, так как очень трудно сформировать целостную картину познавательных способностей на основе анализа всего сложного многообразия функционирования нейронов, синапсов, молекул.

Контур программы будущих исследований когнитивной эволюции. Анализ современных исследований адаптивного поведения показывает, что хотя проделана большая работа и построено много интересных моделей, ученые еще далеки от по-

нимания того, как возникали и развивались системы управления живых организмов, как развитие этих систем способствовало эволюции когнитивных способностей животных, и как процесс когнитивной эволюции привел к возникновению логического мышления. Образно говоря, у нас уже есть некоторые небольшие фрагменты картины, но мы еще не видим ее целиком. Предложим контуры программы будущих исследований, нацеленных на моделирование эволюционного происхождения способностей к научному познанию.

- А) Моделирование адаптивного поведения аниматов с несколькими естественными потребностями: питания, размножения, безопасности.** Фактически, уже начато моделирование в этом направлении (Анохин, Бурцев, Зарайская, Лукашев, Редько, 2002, Redko, Prokhorov, Burtsev, 2004, Redko, Anokhin, 2007); в частности, моделирование на базе проекта «Мозг анимата» предназначено для исследования поведения простых аниматов с естественными потребностями.
- Б) Исследование перехода от физического уровня обработки информации в нервной системе животных к уровню обобщенных образов.** Такой переход можно рассматривать как появление в «сознании» животного свойства «понятия». Обобщенные образы можно представить как мысленные аналоги наших слов, не произносимых животными, но реально используемых ими. Например, у собаки явно есть понятия «хозяин», «свой», «чужой», «пища». И важно осмыслить, как такой весьма нетривиальный переход мог произойти в процессе эволюции. Использование понятий приводит к существенному сокращению и требуемой памяти, и времени обработки информации, поэтому оно должно быть эволюционно выгодным.
- В) Исследование процессов формирования причинных связей в памяти животных.** По-видимому, запоминание причинно-следственных связей между событиями во внешней среде и адекватное использование этих связей в поведении – одно из ключевых свойств активного познания животным закономерностей внешнего мира. Такая связь формируется, например, при выработке условного рефлекса: животное запоминает связь между условным стимулом (УС) и следующим за ним безусловным стимулом (БС), что позволяет ему предвидеть события в окружающем мире и адекватно использовать это предвидение. Естественный следующий шаг – переход от отдельных причинных связей к логическим выводам на основе уже сформировавшихся знаний.
- Г) Исследование процессов формирования логических выводов в «сознании» животных.** Фактически, уже на базе классического условного рефлекса животные способны делать «логический вывод» вида: $\{УС, УС \rightarrow БС\} \Rightarrow БС$ или «Если имеет место условный стимул, и за условным стимулом следует безусловный, то нужно ожидать появления безусловного стимула». Можно даже говорить о том, что такие выводы подобны выводам математика, доказывающего теоремы. И целесообразно разобраться в системах подобных выводов, понять, насколько адаптивна логика поведения животных и насколько она подобна нашей, человеческой логике.
- Д) Исследование коммуникаций, возникновения языка.** Наше мышление тесно связано с языком, с языковым общением между людьми. Поэтому целесообразно проанализировать: как в процессе биологической эволюции возникал язык

общения животных, как развитие коммуникаций привело к современному языку человека, как развитие коммуникаций и языка способствовало развитию логики, мышления, интеллекта человека.

Наметив контуры программы, отметим еще одну модель (Butz, Hoffmann, 2002), которую можно рассматривать как попытку анализа того, как животное в своем поведении делает индуктивный «вывод», формируя и используя определенные логические правила. Ее авторами моделировалась система управления поведением животного на основе использования одновременно метода классифицирующих систем и метода обучения с подкреплением (Holland, Holyoak, Nisbett, Thagard, 1986, Sutton, Barto, 1998). А именно, формировалась популяция «логических» правил вида: если имеет место ситуация $S(t)$, то нужно выполнить действие $A(t)$, после этого действия возникнет следующая ситуация $S(t + 1)$, t – время. Эта популяция правил оптимизировалась путем: 1) обучения (посредством изменения вероятности применения того или иного правила и обобщения правил) и 2) эволюции (отбора и мутаций правил в популяции).

При этом методом компьютерного моделирования анализировался биологический эксперимент (Collwill, Rescorla, 1990), в котором крыс обучали следующему. Если в ситуации S_1 крыса нажмет педаль, т. е. выполнит действие A_1 , то она получит пищу одного вида O_1 , если в этой же ситуации S_1 крыса потянет за цепочку, т. е. выполнит действие A_2 , то она получит пищу другого вида O_2 . В ситуации S_2 вид пищи менялся. Если в этой ситуации S_2 крыса нажмет педаль (действие A_1), то она получит пищу O_2 , если потянет за цепочку (действие A_2), то она получит пищу O_1 .

$S_1: A_1 \rightarrow O_1, A_2 \rightarrow O_2, \quad S_2: A_1 \rightarrow O_2, A_2 \rightarrow O_1$.

Проводили достаточно длительное обучение. После обучения пищу O_1 сопровождали наказанием (добавляли к этой пище «невкусное» вещество). В результате в ситуации S_1 крысы предпочитали действие A_2 , а в ситуации S_2 – действие A_1 , и, тем самым, избегали пищи O_1 . Следовательно, крысы должны были сделать определенный «логический» вывод, связывающий ранее полученное обучение, сочетание вида пищи с наказанием и предвидение результата действия, и использовать результат вывода при принятии решения о выполняемом действии.

Компьютерная модель (Butz, Hoffmann, 2002) качественно описывает «логику» поведения животных, т. е. фактически соответствует пункту Г) изложенных выше контуров программы исследований. Хотя, конечно, это только одна из попыток моделирования познавательных процессов, используемых животными в поведении.

Подчеркнем, что перечисленные выше пункты намечают путь исследований от моделирования простейших форм поведения к логическим правилам, используемым в математике. Работы в этих направлениях уже ведутся, но четкой последовательности серьезных, канонических моделей еще нет.

6 Еще раз об актуальности моделирования когнитивной эволюции

Просуммируем аргументы в пользу актуальности исследований когнитивной эволюции.

- 1 Эти исследования связаны с основаниями науки, с основаниями математики, с серьезной проблемой: почему логические выводы, математические доказательства применимы к реальной природе.

- 2 Данные исследования важны с философской, эпистемологической точки зрения – они нацелены на прояснение причин применимости человеческого мышления к познанию природы. Моделирование когнитивной эволюции может способствовать формированию симбиоза эпистемологии с естественнонаучными исследованиями.
- 3 Направление исследований «Адаптивное поведение», дальняя цель которого близка к задаче моделирования эволюционного происхождения познавательных способностей живых организмов, дает задел математическому и компьютерному моделированию когнитивной эволюции.
- 4 Эти исследования важны с точки зрения развития когнитивных наук, так как они связаны с наиболее важными когнитивными процессами – процессами научного познания.
- 5 Анализ когнитивной эволюции, причин происхождения естественного интеллекта должен привести к дальнейшему развитию научных основ искусственного интеллекта.
- 6 Рассмотренные исследования важны с социальной точки зрения. Проблемы происхождения логики, мышления, интеллекта интересны и пытливому ученому, и просто образованному любознательному человеку. Исследования когнитивной эволюции могут способствовать повышению престижа науки.

Итак, предложен подход к исследованию эволюционного происхождения способностей к научному познанию путем построения математических и компьютерных моделей когнитивной эволюции. Эти исследования тесно связаны с глубокой гносеологической проблемой: почему мышление человека применимо к познанию природы? Задел таких работ дается в направлении «Адаптивное поведение». Намечены контуры программы будущих исследований когнитивной эволюции.

Литература

- Анохин К. В., Бурцев М. С., Зарайская И. Ю., Лукашев А. О., Редько В. Г.* Проект «Мозг анимата»: разработка модели адаптивного поведения на основе теории функциональных систем // Восьмая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием. Труды конференции. М.: Физматлит, 2002. Т. 2. С. 781–789.
- Анохин П. К.* Системные механизмы высшей нервной деятельности. М.: Наука, 1979.
- Бонгард М. М., Лосев И. С., Смирнов М. С.* Проект модели организации поведения – «Животное» // Моделирование обучения и поведения. М.: Наука, 1975. С. 152–171.
- Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А.* От амебы до робота: модели поведения. М.: Наука, 1987. М.: УРСС, 2004.
- Кант И.* Критика чистого разума. Соч. в 6-и томах. Т. 3. М.: Мысль, 1964.
- Кант И.* Прологомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука. Соч. в 6-и томах. Т. 4. Ч. 1. М.: Мысль, 1965. С. 67–210.
- Математическая теория логического вывода / Под ред. А. В. Идельсона, Г. Е. Минца. М.: Наука, 1967.
- Непомнящих В. А.* Поиск общих принципов адаптивного поведения живых организмов и аниматов // Новости искусственного интеллекта. 2002. № 2. С. 48–53.

О моделировании происхождения способностей к научному познанию

- Непомнящих В. А., Попов Е. Е., Редько В. Г.* Бионическая модель адаптивного поискового поведения // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2008. № 1. С. 85–93.
- От моделей поведения к искусственному интеллекту / Под ред. В. Г. Редько. М.: Изд-во УРСС (Серия «Науки об искусственном»), 2006.
- Поппер К.* Эволюционная эпистемология // Эволюционная эпистемология и логика социальных наук: Карл Поппер и его критики / Сост. Д. Г. Лахути, В. Н. Садовский, В. К. Финн. М.: Эдиториал УРСС, 2000. С. 57–74.
- Редько В. Г.* Прологомены к теории происхождения мышления // Методы исследования психологических структур и их динамики. Вып. 3 / Под ред. Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Издательство «Институт психологии РАН», 2005. С. 21–31.
- Редько В. Г.* Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики. М.: УРСС (Серия «Синергетика: от прошлого к будущему»), 2005.
- Ухтомский А. А.* Доминанта. М.–Л.: Наука, 1966.
- Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.
- Цетлин М. Л.* Исследования по теории автоматов и моделирование биологических систем. М.: Наука, 1969.
- Эйнштейн А.* Собрание научных трудов в 4-х томах. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 569–570.
- Baldwin J. M.* A new factor in evolution // American Naturalist. 1896. V. 30. P. 441–451.
- Butz M. V., Hoffmann J.* Anticipations control behavior: animal behavior in an anticipatory learning classifier system // Adaptive Behavior. 2002. V. 10. P. 75–96.
- Colwill R. M., Rescorla R. A.* Evidence for the hierarchical structure of instrumental learning // Animal Learning and Behavior. 1990. V. 18. № 1. P. 71–82.
- Donnart J. Y., Meyer J. A.* Learning reactive and planning rules in a motivationally autonomous animat // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part B: Cybernetics, 1996. V. 2
- Duch W.* Towards comprehensive foundations of computational intelligence // Challenges for Computational Intelligence / Ed. by W. Duch, J. Mandziuk. 2008. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. P. 261–316.
- Hebb D. O.* The Organization of Behavior. A Neuropsychological Theory. New York: Wiley and Sons, 1949.
- Holland J. H., Holyoak K. J., Nisbett R. E., Thagard P.* Induction: Processes of Inference, Learning, and Discovery. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
- Holland J. H.* Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press, 1975 (1st edn.). Boston, MA: MIT Press, 1992 (2nd edn.).
- Krichmar J. L., Seth A. K., Nitz D. A., Fleischer J. G., Edelman G. M.* Spatial navigation and causal analysis in a brain-based device modeling cortical-hippocampal interactions // Neuroinformatics, 2005. V. 3. № 3. P. 197–221.
- Lorenz K.* Kant's doctrine of the a priori in the light of contemporary biology (1941) // Learning, Development and Culture: Essays in Evolutionary Epistemology / Ed. by H. Plotkin. New York: Wiley, 1982. P. 121–143. (Рус. пер.: Лоренц К. Кантовская концепция а priori в свете современной биологии // Эволюция. Язык. Познание / Отв. ред. И. П. Меркулов. М.: Языки русской культуры, 2000. С. 15–41.
- Marocco D., Nolfi S.* Origins of communication in evolving robots // From Animals to Animats 9: Proceedings of the Ninth International Conference on Simulation of Adap-

tive Behavior / Ed. by S. Nolfi, G. Baldassarre, R. Calabretta, J. Hallam, D. Marocco, O. Miglino, J.-A. Meyer, D. Parisi. LNAI. Volume 4095. Berlin, Germany: Springer Verlag, 2006. P. 789–803.

Meyer J.-A., Wilson S. W. (Eds.). From Animals to Animats. Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior. The MIT Press: Cambridge, Massachusetts, London, England, 1991.

Red'ko V. G., Anokhin K. V. et al. Project «Animat Brain»: Designing the animat control system on the basis of the functional systems theory // Anticipatory Behavior in Adaptive Learning Systems: From Brains to Individual and Social Behavior / Ed. by M. V. Butz, O. Sigaud, G. Pezzulo, G. Baldassarre. LNAI. Volume 4520. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2007. P. 94–107.

Red'ko V. G., Prokhorov D. V., Burtsev M. S. Theory of functional systems, adaptive critics and neural networks // International Joint Conference on Neural Networks. Budapest, 2004. P. 1787–1792.

Rumelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. G. Learning representation by back-propagating error // Nature. 1986. V. 323. № 6088. P. 533–536.

Sutton R., Barto A. Reinforcement Learning: An Introduction. Cambridge: MIT Press, 1998.

Turney P., Whitley D., Anderson R. (Eds.). Evolution, Learning, and Instinct: 100 Years of the Baldwin Effect // Special Issue of Evolutionary Computation on the Baldwin Effect. V. 4. № 3. 1996. P. 67–79.

Развитие синергетического подхода в психологии и искусственном интеллекте: новые горизонты математической психологии

В. Б. Тарасов

Одной из ведущих тенденций современной психологической науки является широкое развитие междисциплинарных исследований, осуществляемых как внутри психологии в результате взаимодействия ее различных отраслей, так и на стыках психологической науки с другими областями знания (Журавлев, 2006, 2007). Показательными примерами здесь служат такие новые гибридные структуры знания, как этическая психология, экономическая психология, социальная психофизика, психосемиотика, психология виртуальной реальности или психология интенциональных агентов.

Общей основой для внутренней интеграция психологического знания и внешней интеграции психологии с другими общественными и естественными науками, а также «науками об искусственном» (термин Г. Саймона [1972]), могут служить системный подход (Ломов, 1984, 1999) и синергетическая методология (Хакен, 1980). Согласно Б. Ф. Ломову, системный подход должен стать главным инструментом синтеза новых специальных областей психологии и дальнейшего развития общей психологической теории. При этом сегодня особое значение приобретают исследования проблем самоорганизации (аспекты автономии и активности), реорганизации (аспекты обучения и динамики) и экологической организации (аспекты эволюционной и оперативной адаптации к среде) психологических систем.

Следует отметить, что в последние годы повышенный интерес привлекают вопросы интеграции и гибридизация различных областей психологии и информатики, в частности, психологии и искусственного интеллекта. Естественным основанием для такой интеграции и даже своего рода мостом между психологией и искусственным интеллектом может быть **математическая психология** – раздел теоретической психологии, применяющий математический аппарат и аксиоматические (или квазиаксиоматические) построения при исследовании и моделировании психических явлений (Головина, Савченко, 1999; Журавлев, 1983; Крылов, 2000; Савченко, 2002; Суходольский, 1998; RPMP, 1998). На наш взгляд, математическая психология имеет

1 В данной публикации использованы материалы докладов автора на конференциях «Тенденции развития современной психологической науки» (31 января–1 февраля 2007 г.) и «Математическая психология: история, состояние, перспективы» (21 февраля 2008 г.), состоявшихся в Институте психологии РАН.

неплохие шансы для того, чтобы стать теоретическим фундаментом разработки интеллектуальных систем новых поколений.

Поэтому, с одной стороны, тема настоящей работы, посвященной развитию синергетической методологии в математической психологии и искусственном интеллекте, системному анализу взаимосвязей между математической психологией и искусственным интеллектом в интересах уточнения представлений о гибридном, коллективном, синергетическом интеллекте, вполне отражает современные реалии постепенного сближения объекта и предмета этих научных областей.

С другой стороны, проблематика данной статьи навеяна субъективными воспоминаниями автора о незаурядной личности Владимира Юрьевича Крылова – известного математика, психолога, методолога и организатора науки, основоположника отечественной математической психологии, также внесшего заметный вклад в развитие кибернетики (теории автоматов) и искусственного интеллекта. По окончании механико-математического факультета МГУ, он начал свой научный путь в школе замечательного ученого М. Л. Цетлина (Цетлин, 1969) – родоначальника теории коллективного поведения автоматов. Эта теория была предвестником столь популярных ныне междисциплинарных направлений, как эволюционная кибернетика и искусственная жизнь (см., например: Редько, 2001; Тарасов, 1995). В области теории автоматов В. Ю. Крылов достиг существенных результатов, предложив интересную модель автомата с асимптотически оптимальным поведением в стационарной случайной среде, вошедшего в историю как «автомат Крылова», и разработав несколько вариантов игр автоматов (Крылов, 1963; Крылов, Цетлин, 1963).

С 1977 г. вся основная деятельность Владимира Юрьевича была связана с Институтом психологии Академии наук, где он основал Лабораторию математической психологии, которой руководил более 20 лет.

В ходе работы Владимира Юрьевича в Институте психологии его научные интересы были, в первую очередь, связаны с теоретическими проблемами математической психологии (Крылов, 2000), вопросами использования кибернетических моделей в психологии (Крылов, Морозов, 1984), моделями рефлексивного поведения (Крылов, Казанцева, 1991), методами многомерного шкалирования и построением геометрической теории субъективных пространств (Крылов, 1990), моделями принятия решений (Крылов и др., 1985) как «сквозного процесса», пронизывающего всю человеческую деятельность. Здесь нельзя не вспомнить, что В. Ю. Крылов был одним из главных организаторов знаменитого советско-американского междисциплинарного семинара «Нормативные и дескриптивные модели принятия решений», состоявшегося в 1979 г. в Тбилиси. В его работе приняли участие основоположники математической психологии и видные ученые в этой области: Р. Д. Льюс, В. К. Эстес, К. Х. Кумбс, П. Суппес, Р. Н. Шепард, Ж.-К. Фалмань, А. Тверски и др. На этом представительном семинаре были рассмотрены психологические и психофизиологические, информационные и математические аспекты принятия решений, затронуты проблемы моделирования индивидуальных и коллективных, управленческих и плановых решений, раскрыты особенности принятия решений в сенсомоторной, перцептивной, мыслительной деятельности (НДМПР, 1981).

В 90-е годы XX в. в сферу деятельности В. Ю. Крылова вошли проблемы развития синергетического подхода применительно к моделированию психологических сис-

тем и построения *психосинергетики* как новой парадигмы психологической науки. В русле идей психосинергетики им были очерчены общие контуры нелинейной психологии, отмечена важность изучения явлений недетерминированности, неравновесности, неустойчивости в разных отраслях психологической науки.

Эти идеи находят свое продолжение и в настоящей работе. Она состоит из трех основных частей. В первой части рассмотрены проблемы становления синергетической методологии в современной науке, проведено обсуждение особенностей ее применения в психологии и искусственном интеллекте. Во второй части исследованы перспективы развития математической психологии как интегративной, междисциплинарной, синергетической науки. Показано, что в этом контексте психология и математика должны двигаться встречным курсом. С одной стороны, в русле формализации и компьютеризации гуманитарного, психологического знания должна развиваться собственно *математическая психология*, связанная с переводом идей, моделей и результатов психологии с естественного языка на формальные и полужормальные языки. С другой стороны, работа над психологическими проблемами требует формирования новых идей, методов и даже разделов математики, предполагая появление так называемой *психологической математики*, специально ориентированной на описание психологических явлений, процессов, свойств и состояний. Описаны взаимосвязи между математической психологией и искусственным интеллектом. В третьей части работы очерчены некоторые перспективные проблемы математической психологии, в частности, проблема психологического синтеза искусственных агентов, связанная с выделением и моделированием семейства когнитивных единиц – когнитонов, проблема определения, систематизации и моделирования психологических НЕ-факторов, проблема развития теории психологического оценивания (в дополнение к психологическим измерениям), проблема построения психо-логик и психо-алгебр в русле психологической математики и др.

1 Синергетическая методология в психологии и искусственном интеллекте

1.1. Синергетика и синергетическая парадигма в современной науке

Синергетика есть междисциплинарное научное направление, изучающее универсальные закономерности процессов самоорганизации, взаимодействия, эволюции, кооперации. Термин «синергетика» происходит от слова «синергия», означающего совместное действие, сотрудничество. Сотрудничество, а в более широком аспекте – кооперация понимается как универсальная характеристика самоорганизации в сложных системах. По мнению «отца синергетики» Г. Хакена, предложившего этот термин, его введение для обозначения современной теории самоорганизующихся систем оправдано по двум причинам (Хакен, 1980): а) исследуются совместные действия многих элементов развивающейся системы; б) для отыскания общих принципов самоорганизации требуется объединение усилий представителей различных дисциплин.

Особое место в синергетике занимают вопросы спонтанного образования упорядоченных структур различной природы в процессах взаимодействия, когда исходные системы находятся в неустойчивых состояниях. Следуя И. Пригожину (Пригожин, 1985), ее можно кратко охарактеризовать как *комплекс наук о возникающих*

системах. В то же время, по Г. Хакену, синергетика есть *учение о взаимодействиях, ведущих к появлению новых структур*, или теория образования новых качеств.

Таким образом, взаимодействие разнородных компонентов, интеграция различных методов и технологий позволяют решать трудные, инновационные задачи, которые нельзя решить другими путями. При этом интегрированность как фундаментальное свойство сложной системы, будучи тесно связанным с ее целостностью, предполагает не просто объединение, но также взаимную адаптацию и совместную эволюцию ее компонентов, что обеспечивает возможность появления новых качеств.

Интеграция всегда выступает как необходимое условие гибридизации. Гибридные системы всегда являются интегрированными, но интегрированные системы не обязательно порождают гибриды. Так, в биологии гибридизация рассматривается как наиболее сильная форма интеграции, когда речь идет о соединении в одном организме разнородных наследственных признаков и компонентов. Аналогично в системологии можно определить гибридную систему как систему, состоящую из двух или большего числа интегрированных разнородных подсистем, объединенных общей целью или совместными действиями (хотя эти подсистемы могут иметь различную природу и разные языки описания).

Синергетическая система являет собой пример гибридной системы с положительными обратными связями, в которой взаимодействие разнородных компонентов приводит к формированию новых структур. В результате такого взаимодействия наблюдаются нелинейные коллективные эффекты, в частности усиление достоинств и компенсация недостатков взаимосвязанных подсистем. Определение различных дисфункций системы и изучение кризисных явлений являются одними из предпосылок ее развития.

Синергетическая (или постнеклассическая) парадигма в современной науке, постепенно вытесняющая парадигму классического рационализма и исходную неклассическую парадигму (возникшую в связи с появлением теории относительности и квантовой механики), опирается на ряд базовых принципов, перечисленных ниже.

- 1 Принцип междисциплинарности.
- 2 Принцип инженерии взаимодействий (принцип первичности взаимодействий и вторичности структур).
- 3 Принцип целостности (неаддитивности).
- 4 Принцип дополнительности Н. Бора (компенсации различных моделей).
- 5 Принцип соответствия (язык описания системы должен соответствовать характеру имеющейся информации о ней).
- 6 Принцип нелинейной динамики с использованием положительных обратных связей.
- 7 Принцип разнообразия путей развития (сочетание разных стратегий эволюции, волновая эволюция).
- 8 Принцип спонтанного возникновения И. Пригожина.
- 9 Принцип учета неопределенности (а в более широком контексте – множества НЕ-факторов, «пронизывающих» жизнь сложной системы).

Остановимся на некоторых из этих принципов. Так, согласно *принципу целостности* свойства целого не сводятся к свойствам составляющих его частей. При этом на-120

блюдается неаддитивность: целое может быть как больше (супераддитивность), так и меньше (субаддитивность) суммы частей. В то же время для определения свойств частей надо знать свойства целого.

В соответствии с *принципом дополнительности* в сложных системах возникает необходимость сочетания различных, ранее казавшихся несовместимыми, а по сути, взаимодополняющих друг друга методов и моделей. С этим принципом тесно связан принцип взаимной адаптации разных компонентов системы, приводящий к развитию в ней компенсаторных механизмов.

По *принципу соответствия*, сформулированному В. В. Налимовым, один и тот же объект может описываться семейством языков разной жесткости.

Согласно *принципу разнообразия путей развития*, эволюция сложной системы многовариантна и альтернативна, существует своего рода «спектр» путей ее развития. Эволюция проходит через неустойчивость, т. е. любое развитие представляет собой как бы конъюнкцию порядка и хаоса. При этом процесс системной эволюции подчас носит не поступательный, а циклический или волновой характер, сочетая в себе дивергентные (рост разнообразия) и конвергентные (свертывание разнообразия) тенденции, фазы зарождения порядка и поддержания порядка.

Исходя из *принципа спонтанного возникновения*, в сложных системах возможны особые критические состояния (режимы с обострением по С. П. Курдюмову, см.: Князева, Курдюмов, 2005), когда малейшие флуктуации могут привести к появлению новых структур, совершенно отличных от обычных (например, «эффект бабочки» Р. Бредбери или эффект «снежного кома»).

Наконец, по *принципу учета неопределенности* в случае сложных систем требуется мировоззренческий переход от классической идеи борьбы с неопределенностями к новым представлениям о необходимости учета различных неопределенностей (или даже управления неопределенностями). Более того, разные виды неопределенностей могут даже преднамеренно вводиться в модель системы, поскольку неопределенность благоприятствует инновациям (системным мутациям). Отныне в русле синергетической методологии *неопределенность, неустойчивость, нелинейность* и пр. считаются не столько негативными характеристиками, подлежащими нейтрализации, сколько позитивными факторами эволюции, обеспечивающими выживание и развитие сложных систем в открытой, нестационарной, динамической среде. Общим термином для этих характеристик может служить понятие НЕфакторов: оно обозначает комплекс имманентных свойств реальных человеческих знаний, которые, опираясь на суждения «здравого смысла», отрицают классические свойства логики Аристотеля и формальных систем, но слабо учитываются в традиционных жестких математических языках.

Итак, термин «НЕ-факторы», введенный А. С. Нариньяни в 1980 г. (см.: Нариньяни, 1994, 2004), служит для обозначения комплекса факторов, которые лексически и содержательно отрицают одно из свойств формальных систем – определенность, замкнутость, точность, однозначность, полноту, непротиворечивость, монотонность и пр. Подход А. С. Нариньяни идет от лингвистики: главную роль в нем играет доформальное исследование функционирования НЕ-факторов в языке.

Принцип учета множества НЕ-факторов, несомненно, занимает одно из главных мест в синергетической методологии, поскольку ряд известных определе-

ний синергетики – «наука о неравновесных системах» (по И. Пригожину), «наука о нелинейных процессах (по С. М. Курдюмову), «наука о неустойчивых процессах» (по Д. С. Чернавскому) – в явном виде позиционируют ее как науку о НЕ-факторах. Проблематике междисциплинарного исследования НЕ-факторов посвящен специальный тематический выпуск журнала «Новости искусственного интеллекта» (№ 2 за 2004 г.), снабженный красноречивым подзаголовком «Моделирование НЕфакторов: ключевое направление искусственного интеллекта в начале XXI века» (см. в нем работы: Нариньяни, 2004; Валькман, 2004; Тарасов, 2004).

Нелинейные системы, а также системы, находящиеся в неустойчивом, неравновесном состоянии, более чутки и восприимчивы к воздействиям, согласованным с их собственными свойствами. Поэтому изменения во внешней среде подчас оказываются не «шумом», а фактором генерации новых структур. Иными словами, неравновесность сложной системы может стать причиной спонтанного морфогенеза. В этой связи представляют несомненный интерес воззрения Г. Хакена на мозг как на синергетическую систему, работающую неподалеку от границы устойчивости.

В следующих параграфах рассмотрим некоторые исторические вехи становления и развития системной и синергетической методологии в психологии и искусственном интеллекте.

1.2. Системный и синергетический подходы в психологии

Широкую разработку системного подхода в отечественной психологии начал еще в 1975 г. Б. Ф. Ломов (см.: Ломов, 1984, 1999, 2006), сформулировавший принципы многомерности, многоуровневости, динамичности, нелинейности организации системы психики. Системный анализ психики начинается с анализа ее функций: определения их состава и отношений между ними. Б. Ф. Ломовым (Ломов, 1984) были выделены и исследованы три основные функции психики: когнитивная, регулятивная и коммуникативная. В монографии А. М. Волкова с соавторами (1987) помимо трех вышеуказанных функций была выделена еще ресурсная функция психики, обеспечивающая ее целостность и самоорганизацию, а также рассмотрены процессы когнитивно-регулятивной координации. В свою очередь, В. А. Ган-зен (Ганзен, 1984) подчеркивал, что системные описания выступают как главный результат системного подхода в психологии: в частности, им были рассмотрены логико-математические основы системных описаний и построены различные психологические базисы. Современными реализациями системной методологии в психологической науке являются *субъектный подход* (Брушлинский, 1990, 2003; Лепский, 1998; Сергиенко, 2007), концепция *метапсихологии* (Гербер, 2006),

Развивая системный подход, в работе «Математическая психология и синергетика» (Крылов, 2000) В. Ю. Крылов подчеркнул, что развитие синергетической методологии психологических исследований отражает господствующую роль процессов самоорганизации в психологии.

Общая теория самоорганизации имеет дело с открытыми, нелинейными системами, далекими от положения равновесия. Очень многие объекты психологии можно отнести к этому классу; особенно это касается психологической системы деятельности (Леонтьев, 1975; Ломов, 2006; Головина и Савченко, 1998). Взаимосвязи между синергетикой и психологией отражены в препринте «Психология

и синергетика» (1990), сборниках «Синергетика и психология» (1997, 2000, 2004), «Синергетический подход к моделированию психологических систем» (1998).

Предшественниками синергетических подходов в психологии можно смело считать гештальт-психологию, топологическую психологию К. Левина, генетическую эпистемологию Ж. Пиаже. В *гештальт-психологии* первичными аспектами психических процессов являются не отдельные компоненты, а целостные, неделимые структуры – гештальты, выражающие принцип неаддитивности психики (см., например: Вертгеймер, 1987). Именно в гештальт-психологии возникло представление о динамическом поле, где каждая точка взаимодействует с другими точками, причем изменение напряжения в одной из точек порождает стремление к устранению этого напряжения и восстановлению равновесия (идея поля «психологического тяготения»).

Топологическая психология К. Левина (см., например: Зейгарник, 1981) опирается на концепцию многоуровневого психологического поля личности, согласно которой психологическое прошлое, настоящее и будущее являются частями психологического поля в настоящем. Базируясь на общих представлениях гештальт-теории о психологическом поле, К. Левин сосредоточил свое внимание не на перцептивных структурах (как гештальтисты), а на мотивационном аспекте психики. Внутри психологического поля личности возникают и изменяются «психологические силы»: стремление, намерения, мотивы, идеалы, имеющие определенную направленность, величину и точку приложения. Любое психологическое явление, влияющее на личность, должно занимать определенное место в этом поле, производя определенные динамические эффекты и будучи причиной тех или иных событий. Структура психологического поля личности оказывается многоуровневой и неоднородной, где одни области (аттракторы) притягивают субъекта, а другие – отталкивают. Таким образом, мотивационная структура поведения характеризуется определенной валентностью (положительной или отрицательной).

Наконец, в русле подхода *генетической эпистемологии* (Пиаже, 1994) ключевыми функциями психики (интеллекта) полагаются самоорганизация и адаптация. Функция самоорганизации связана с управлением поведением организма, а функция адаптации обеспечивает динамическое равновесие между воздействием организма на среду и обратным воздействием среды.

Другими характерными примерами психологических теорий, непосредственно имеющих дело с феноменами психологической неравновесности или неустойчивости, являются теория бистабильности восприятия, теория структурного баланса и дисбаланса Ф. Хайдера (треугольник Хайдера) и теория когнитивного диссонанса Л. Фестингера (Фестингер, 1999).

Ниже применим основные положения системного и синергетического подходов в психологии к анализу естественного интеллекта.

1.3. Что такое естественный интеллект?

Достаточно емкие и интересные определения интеллекта даны в английском словаре Вебстера и Большой Советской Энциклопедии. В словаре Вебстера: «интеллект – это: а) способность успешно реагировать на любую, особенно, новую ситуацию путем надлежащих корректировок поведения; б) способность понимать связи между фактами действительности для выработки действий, ведущих к достиже-

нию поставленной цели». Таким образом, здесь прослеживаются взаимоотношения между *интеллектом* и характером *поведения*, или между пониманием связей и организацией действий.

Во втором издании БСЭ: «Интеллект <...> в широком смысле – вся познавательная деятельность человека, в узком смысле – процессы мышления, неразрывно связанные с языком как средством общения, обмена мыслями и взаимного понимания людей». Здесь *интеллект* прямо связывается с когнитивной психологией, теорией деятельности и языком коммуникации.

Многие психологи стремились выделить специфику естественного интеллекта путем сопоставления его с другими психическими способностями, например с инстинктом (см., например: Ярошевский, 1985; Холодная, 1997). Так А. Бергсон считал, что *инстинкт* связан с *вещами*, а *интеллект* – с *отношениями*. По его мнению, главными функциями интеллекта являются установление отношений, а также обнаружение сходства фактов и повторяемость этого сходства («интеллект ищет сходство с уже известным»).

Гештальтисты К. Бюлер и В. Келер еще резче противопоставляли интеллектуальное поведение инстинктивному. Они называли инстинкт «памятью поколений», считая ее очень крепкой и передающейся из рода в род. Инстинктивные действия оказываются приспособленными к вполне определенным жизненным условиям и только к ним одним. Поэтому они выполняются с большим совершенством и без всяких предварительных упражнений. Напротив, *интеллектуальное поведение* связано с «*актом внезапного понимания*» – *инсайтом*, что предполагает резкое изменение принципов работы психических структур. При этом найденное решение запоминается раз и навсегда, что обеспечивает возможность его широкого переноса и применения в сходных условиях.

По мнению А. Н. Леонтьева, интеллект возникает впервые там, где поведенческий акт дифференцируется на две фазы: фазу подготовки того или иного действия и фазу его осуществления (Леонтьев, 1975).

Ресурсную функцию интеллекта и его связь с категорией деятельности отмечает Т. Парсонс: термин «интеллект» характеризует обобщенную способность деятеля эффективно мобилизовывать ресурсы, необходимые для решения познавательных проблем и процессов коммуникации (Парсонс, 2000).

Интеллект также соотносится с возможностью адаптации к среде. Так Э. Клапа-ред и В. Штерн понимали интеллект как «*психическую адаптацию к новым условиям*». По Ж. Пиаже, интеллект – это наиболее совершенная *форма адаптации организма к среде*, представляющая собой единство процессов ассимиляции (построение внутренней модели среды в виде когнитивных схем) и аккомодации (изменения этих схем в зависимости от требований среды). Вообще Ж. Пиаже дал несколько интересных формулировок понятия интеллекта. Так, например он связывал интеллект с «прогрессирующей обратимостью мобильных динамических структур». Он также говорил, что интеллект – это гибкое и одновременно устойчивое равновесие поведения (Пиаже, 1994).

Наиболее полная классификация различных психологических подходов к определению и изучению естественного интеллекта дана М. А. Холодной (Холодная, 1997). Ею описаны:

- *Информационный* подход (интеллект изучается как совокупность элементарных процессов переработки информации), зародившийся в недрах американской когнитивной психологии.
- *Образовательный* подход (интеллект выступает как продукт целенаправленного обучения).
- *Феноменологический* подход (интеллект есть особая форма содержания сознания), опирающийся на идеи гештальт-психологии.
- *Процессуально-деятельностный* подход (интеллект понимается как особая форма человеческой деятельности), восходящий к С. Л. Рубинштейну (Рубинштейн, 1997).
- *Регуляционный* подход (интеллект есть ведущий фактор саморегуляции психической активности).
- *Структурно-уровневый* подход Б. Г. Ананьева (интеллект – система разнородных познавательных процессов) (Ананьев, 2001).
- *Социокультурный* подход (интеллект трактуется как результат процесса социализации, а также влияния культуры в целом), опирающийся на культурно-историческую теорию развития высших психических функций Л. С. Выготского (Выготский, 1982).
- *Генетический* подход Ж. Пиаже (интеллект есть следствие усложняющейся адаптации к требованиям окружающей среды в изменяющихся условиях взаимодействия человека с внешним миром).

Проблема интеграции (хотя бы некоторых из) этих подходов в интересах построения единой теории и конструктивных моделей интеллекта, полезных для практической разработки компьютерных интеллектуальных систем новых поколений, представляется одной из первоочередных задач психологии XXI в. Эта проблема созвучна идеям развития интегративной (Мазиллов, 2006 и 2007) и междисциплинарной (Журавлев, 2006, 2007) методологии психологических исследований в русле пост-неклассической парадигмы.

1.4. Системный и синергетический подходы в искусственном интеллекте

Как и в параграфе 1.2, проследим переход от использования системного подхода к зарождению синергетических концепций – теперь уже в области искусственного интеллекта (ИИ). Среди базовых проблем системного подхода в ИИ необходимо отметить задачу соотнесения друг с другом естественного и искусственного интеллекта, хотя она отнюдь не нова (см., например: БИИ, 1991; Журавлев, 1983; Поспелов, 1982; Садовский, 1991; Серкин, 2004) и имеет много различных сторон. Ее рассмотрение начнем в широком аспекте с изложения исторических примеров успешной разработки искусственных систем на основе изучения свойств естественных.

Так, в период кибернетического бума конца 1950-х–начала 1970-х годов рождались новые научные направления, связанные с отображением и имитацией базовых характеристик сложных естественных систем в искусственных системах. Одно из таких направлений – *бионика* – провозгласило своей целью практическое применение в технических системах биологических механизмов и принципов действия,

которые природа «отработала» в ходе эволюции живых организмов. Дальнейшее развитие бионического подхода привело к появлению «искусственной жизни» – обширного междисциплинарного научного движения, связанного с компьютерным моделированием ключевых принципов и механизмов организации живых систем и разработкой искусственных организмов. По сути, это направление можно охарактеризовать как «биологию искусственных систем».

Вариантом реализации имитационной бионической программы в искусственном интеллекте стал *нейробионический подход* (БНИ, 1991; Тарасов, 2002), в рамках которого ведутся исследования по созданию и реализации искусственных нейронов и построению на их основе структур, подобных биологическим. В русле этого направления искусственные интеллектуальные системы имитируют те или иные свойства и механизмы работы человеческого мозга, поэтому их стремятся использовать для объяснения процессов, протекающих у человека.

Еще на заре развития искусственного интеллекта стало ясно, что бионика в ее исходном понимании в большей степени охватывает проблемы «тела» искусственных систем, а вопросы их «одушевления» оказываются как бы на периферии. Так родилась *психоника* (термин Д. А. Пospelова) – научная область, основной задачей которой стало изучение и использование в искусственных системах результатов исследований психики человека и способов организации человеческой деятельности (Пospelов, 1967). К наиболее важным направлениям исследований в психонике можно отнести: 1) создание в искусственной системе внутренней модели внешней среды; 2) построение моделей поведения и деятельности и их использование при разработке искусственных систем; 3) разработка моделей личности и коллектива в интересах создания систем коллективного искусственного интеллекта.

Хотя в целом термин «психоника» не прижился, исследования в этой области «психологии искусственных систем» обеспечили существенное расширение психологического базиса искусственного интеллекта, и, в частности, послужили предпосылкой для формирования многих разделов теории искусственных агентов и многоагентных технологий (Тарасов, 2002). Ранним каноническим примером успешного взаимодействия психолога и специалиста в области информатики, приведшего к «синергии» психологического и кибернетического знания, является сотрудничество В. Н. Пушкина и Д. А. Пospelова, отраженное в их совместной монографии «Мышление и автоматы» (Пospelов, Пушкин, 1972) (см. построение модели гиромата как искусственной системы с переменной структурой, опирающееся на результаты психологических исследований мыслительной деятельности, самообучения и интуиции).

Рассмотрим теперь современные представления об объекте и содержании искусственного интеллекта. Пожалуй, наиболее конкретное и специфическое определение искусственного интеллекта дано в известной монографии Т. А. Гавриловой и В. Ф. Хорошевского (2000): «Искусственный интеллект – это одно из направлений информатики, целью которого является разработка программно-аппаратных средств, позволяющих пользователю-непрограммисту ставить и решать свои, традиционно считающиеся интеллектуальными задачи, общаясь с компьютером на ограниченном подмножестве естественного языка» (с. 15). В данном определении четко отражена известная позиция Г. С. Пospelова, всегда подчеркивавшего

метафоричность термина «искусственный интеллект» и существование диалогового человеко-машинного контекста в искусственном интеллекте.

В свою очередь, Н. Нильсон считает, что «искусственный интеллект ставит перед собой серьезную задачу построения *общей теории интеллекта*, базирующейся на обработке информации. Если бы такую теорию интеллекта удалось создать, то с ее помощью можно было бы направленно вести разработку интеллектуальных машин» (БИИ, 1991, с. 64). Близкие мысли высказывает А. Хоффман: «Искусственный интеллект стремится открыть *общие принципы* работы интеллекта. Эти общие принципы могут плодотворно применяться даже без использования программных средств» (Hoffman, 1991, с. 36). По мнению В. Н. Садовского (Садовский, 1991), целостная концепция ИИ означает, что его проблемная область охватывает вопросы теории и практики функционирования как искусственных, так и естественных интеллектуальных систем.

Более 25 лет назад в недрах инженерной психологии возникла концепция *гибридного интеллекта*, под которым понимается усиленный с помощью компьютерных программ совокупный интеллект коллектива (Венда, 1990). Близкие к этой концепции позиции занимает В. К. Финн (Финн, 2006), который полагает, что одной из важнейших функций искусственного интеллекта является расширение и усиление возможностей естественного интеллекта: как индивидуального, так и группового. Примерно тогда же В. Б. Тарасовым (Tarassov, 1996) было введено представление о *метаинтеллекте* искусственных систем и разработаны (Тарасов, 1997) основы системно-организационного подхода в искусственном интеллекте, согласно которому были выделены три уровня исследований: уровень индивидуального ИИ (традиционная интеллектуальная система), уровень группового или коллективного ИИ (гибридная или многоагентная система), уровень социального ИИ (искусственная интеллектуальная организация). Наконец, по теории Н. Н. Моисеева процессы самоорганизации и взаимодействия индивидуальных естественных интеллектов с участием искусственных систем приведут к возникновению качественно нового явления – сетевого или планетарного интеллекта (Моисеев, 1995).

Результатом естественного развития системного подхода в искусственном интеллекте является зарождение нового интеграционистского направления – *си-нергетического искусственного интеллекта* (Тарасов, 2001). Основным объектом *синергетического ИИ* выступают *сложные самоорганизующиеся интеллектуальные системы*. Подобные системы обладают такими характеристиками как: а) наличие множества неоднородных компонентов n ($n \geq 2$); б) активность (целенаправленность), автономность, кооперативное поведение компонентов; в) наличие множества различных взаимосвязей между компонентами, носящих семиотический характер; г) открытость, распределенность, сетевая организация; д) неустойчивость, адаптивность; е) высокий эволюционный потенциал, обучаемость.

Область *синергетического ИИ* включает, в первую очередь, исследования процессов *формирования, деятельности, коммуникации, эволюции и кооперации* искусственных систем. Прежде всего, изучаются неустойчивые состояния, динамика, взаимные переходы, способы создания и разрушения сложных интеллектуальных систем. Примерами синергетических искусственных систем служат: гибридные интеллектуальные системы, системы «мягких вычислений» (Soft Computing)

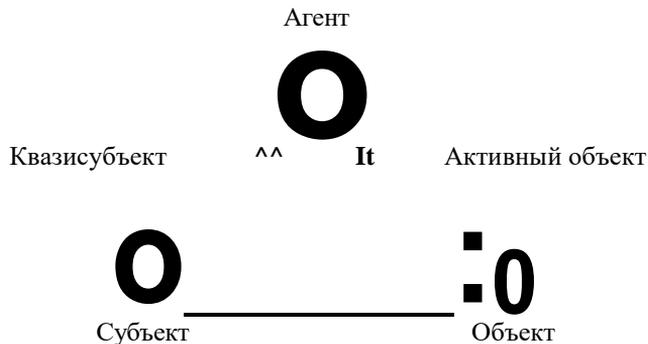


Рис. 1. Иллюстрация двойственности понятия «агент»

(Zadeh, 1994), распределенные системы управления, интеллектуальные агенты, многоагентные системы, виртуальные организации, эволюционирующие искусственные сообщества и пр.

Кроме того, речь идет о введении «синергетического измерения», т. е. элементов неопределенности, самоорганизации, динамики, обучения, эволюции в классические методы и модели ИИ. Здесь имеется в виду построение открытых динамических баз знаний в русле прикладной семиотики, построение синтетических моделей рассуждений (Финн, 2006), моделей эволюционной семиотики (Тарасов, 2002), изучение вопросов происхождения логики на базе биологической эволюции (Редь-ко, 2001) и пр.

Одним из важнейших направлений синергетического искусственного интеллекта является теория агентов и многоагентных систем (Тарасов, 2002; Ferber, 1995; Wooldridge, 1999). Понятие «агент» имеет очень важное методологическое значение, поскольку его можно рассматривать как промежуточное звено между субъектом и объектом (рисунок 1).

По сути, оно по-новому раскрывает тезисы П. А. Флоренского о взаимодействии субъекта с объектом и относительности их противопоставления, а также иллюстрирует знаменитое изречение В. Гейзенберга о том, что разрыв между субъектом и объектом невозможен.

Так, если двигаться от субъектного полюса, то агент может пониматься как «квазисубъект», способный в некотором смысле замещать другого субъекта (своего «хозяина»), имеющий определенные обязательства перед ним и действующий по его поручению. Напротив, при движении от объектного полюса агентом считается «активный объект» или метаобъект, способный формировать собственное поведение, которое удовлетворяет некоторому набору экстремальных принципов.

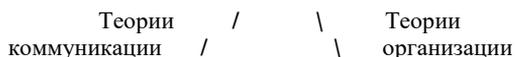
Здесь важно отметить, что понятие агента носит весьма универсальный и междисциплинарный характер: оно может использоваться для выражения свойств как естественных, так и искусственных систем, как индивидуального, так и коллективного поведения. В самом деле, индивидуальные агенты, формирующие многоагентную систему (МАС), могут рассматриваться как групповой или коллективный агент, а взаимодействие коллективных агентов приводит к формированию сообществ МАС, понимаемых как социальные агенты. Термин «агент» давно ис-

пользуется в экономике (экономический агент), биологии (биологический агент) и ИИ. В целом понятие «агент» может стать связующим звеном между психологией и искусственным интеллектом.

Возможными интерпретациями искусственных агентов помимо квазисубъекта и активного объекта являются такие их толкования, как: «виртуальный организм», «персонафицированный интерфейс» пользователя, «искусственный деятель». Отсюда становятся понятными основные пути построения искусственных агентов и их базовые характеристики.

Обычно агент считается способным воспринимать информацию из внешней среды и обрабатывать ее на основе собственных ресурсов, взаимодействовать с другими агентами и *действовать на среду в течение некоторого времени, преследуя свои собственные цели*. Иными словами, при построении искусственного агента минимальный набор его базовых характеристик включает такие свойства, как: а) *активность*, способность к организации и реализации действий; б) *реактивность*, способность воспринимать состояние среды; в) *автономность*, относительная независимость от окружающей среды или наличие некоторой «свободы воли», обуславливающей собственное поведение, которое должно иметь хорошее ресурсное обеспечение; г) *общительность*, вытекающая из необходимости решать свои задачи совместно с другими агентами и обеспечиваемая развитыми протоколами коммуникации; д) *целенаправленность*, предполагающая наличие внешних источников *мотивации*, а в более широком плане – формирование собственных интенциональных характеристик.

Построение искусственных агентов и многоагентных систем (МАС) означает существенное расширение психологического базиса искусственного интеллекта. Если разработка классической интеллектуальной системы, называемая инженерией знаний, опирается в основном на методы и результаты когнитивной психологии и психосемантики, то переход к искусственным агентам и МАС требует дополнения методов инженерии знаний (а скорее, инженерии мнений агентов) моделями самоорганизации действий агентов и инженерии (проектирования) взаимодействий между ними. Данную ситуацию уместно проиллюстрировать с помощью модифицированного треугольника А. Моля (рисунок 2), демонстрирующего основные координаты его классификации наук.



Теории деятельности **Рис. 2.** Треугольник Моля:

новые разделы теории интеллектуальных систем

Таким образом, развитие синергетического подхода и агентно-ориентированных технологий в искусственном интеллекте подразумевает обращение к результатам психологии деятельности, психологии общения, социальной и организационной психологии (психологии малых и больших групп, психологии команды, психологии межгрупповых отношений). Более того, в сферу интересов искусственного интеллекта начинают проникать идеи психологических теорий интенций и эмоций (Кузнецова и Чудова, 2008). Например, И. Б. Фоминых (2006) предложена модель эмоций как аппарата оценки и регуляции поведения интеллектуальных систем.

В психологии еще Ф. Brentano и Э. Husserl считали интенциональность основным психическим качеством, выступающим как главный критерий различия между физическими и психическими явлениями. Следуя им, мы будем понимать под интенцией агента любую устремленность к деятельности, отражающую определенное психическое состояние. Общая схема интенционального агента представлена на рисунке 3.

Нетрудно понять, что в данной системе происходит взаимодействие когнитивной, регулятивной и интенциональной подсистем. Построение формальных моделей этих подсистем и их взаимодействия есть важная перспективная задача математической психологии.

В русле синергетического подхода в ИИ центральное место занимает выделение, исследование и моделирование комплекса НЕ-факторов, в особенности характерных для работы агентов и многоагентных систем. При этом важную роль играет переход от «доформального исследования объекта моделирования к его формальной модели» (Нариньяни, 1994), предполагающий предварительное раскрытие принципов и механизмов функционирования НЕ-факторов в конкретных предметных областях.

Согласно В. Б. Тарасову (2002), автономные агенты обладают следующими основными характеристиками:



Рис. 3. Каноническая структура искусственного агента

Синергетический подход в психологии и искусственном интеллекте

- 1) *локальное восприятие* среды и *ограниченное воздействие* на среду;
- 2) *неточность* и *неполнота* и *внутреннего представления*;
- 3) *изменчивость* и *относительность мнений*, *смутность*, *неясность*, *противоречивость стремлений*, *намерений*, *целей*;
- 4) *обработка информации* и *выработка решений* в условиях *неопределенности* или *неуверенности* (в частности, это предполагает ограничение числа рассматриваемых вариантов и незнание последствий принимаемых решений);
- 5) *неопределенность* или *фрагментарность планов* действий;
- 6) случайность *реализаций* действий;
- 7) случайные или преднамеренные *ошибки* при передаче информации в процессах коммуникации, т. е. принципиальная *неполнота*, *неточность* и *ненадежность* информации, получаемой от других агентов.

Таким образом, все «сферы жизни» индивидуальных агентов буквально пронизаны НЕ-факторами. Тем более это касается коллективных агентов, у которых совместные намерения, коллективные цели и решения формируются на основе отдельных, нередко противоречивых желаний и интересов. Вообще, некоторыми исследователями, например, Ю. В. Валькманом (2004), формулируется новый вариант современного «основного вопроса ИИ»: может ли компьютерная система вообще называться интеллектуальной, если она не моделирует какие-либо НЕ-факторы?

Различные НЕ-факторы в синергетическом ИИ можно разделить на два больших класса – *информационные* и собственно *синергетические* (последние можно иначе назвать НЕ-факторами развития интеллектуальных систем и организаций) (рисунок 4).

Одним из главных информационных НЕ-факторов является *противоречивость* информации (переопределенность), связанная со сложностью, многоаспектностью исследуемого объекта или поступлением информации из различных источников. Противоположным НЕ-фактором является *неполнота* информации (недоопределенность), отражающая ресурсные ограничения, связанные с ее поиском, приемом,

НЕ-ФАКТОРЫ

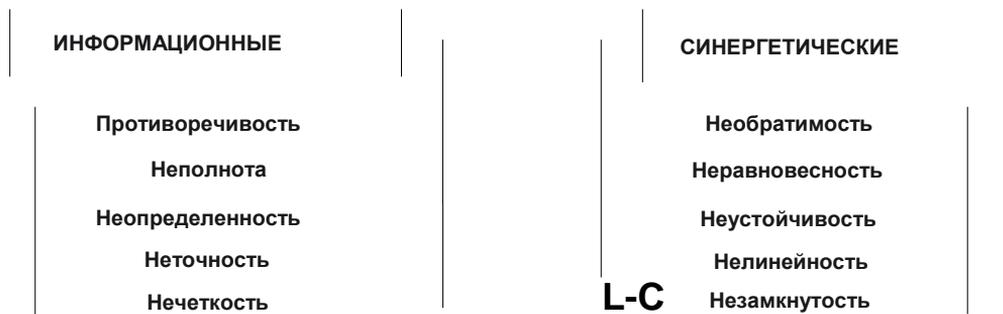


Рис. 4. Общая классификация НЕ-факторов в синергетическом ИИ

переработкой и хранением. Среди различных факторов *неопределенности* можно выделить объективные стохастические (случайность) и субъективные психолингвистические (неоднозначность). Мерами неопределенности могут служить меры вероятности, возможности, желательности, уверенности, правдоподобия и т. п. *Неточность* информации обычно выражается как интервальное ограничение (сверху и снизу) по точности определения любой характеристики объекта, а *нечеткость* предполагает наличие некоторого распределения, соответствующего лингвистическому значению признака или критерия.

В русле построения синергетических интеллектуальных систем особую значимость приобретает изучение сочетаний НЕ-факторов различных классов, где наряду с вышерассмотренными информационными НЕ-факторами следует учитывать и синергетические НЕ-факторы.

Как уже упоминалось, такие НЕ-факторы существования и развития сложных систем, как *необратимость*, *неравновесность*, *неустойчивость*, *нестационарность*, *нелинейность*, были названы синергетическими, поскольку большинство из них были выделены и исследованы как конструктивные характеристики в русле синергетической методологии.

Так, *необратимость* характеризует направленность эволюции (во времени). Она выступает как проявление асимметрии природы, как процесс постоянного нарушения симметрии при развитии (по М. Планку, в природе невозможны процессы, при которых конечному состоянию отдается меньшее предпочтение, чем начальному). С необратимостью связан «энтропийный барьер», который определяет единственное направление времени и выступает как принцип отбора допустимых начальных условий в сложных системах.

Неравновесность определяет возникновение диссипативных структур, связанных с рассеиванием энергии. Как раз неравновесность и есть то, что порождает порядок из хаоса (Пригожин, 1985). Неравновесность в сложной интеллектуальной системе – не источник ее распада, а, напротив, основание для становления упорядоченности, причина спонтанного структурогенеза.

В этой связи следует упомянуть о принципе *устойчивого неравновесия* Э. С. Бауэра, согласно которому живые (и только живые) системы никогда не бывают в равновесии, а исполняют за счет своей свободной энергии работу против равновесия. Таким образом, живая система должна быть открытой и активной.

Неустойчивость означает несохранение близости состояний открытой, сложной, интеллектуальной (например, многоагентной) системы в процессе ее эволюции. Неустойчивость является принципиальной особенностью динамических систем, она выступает как необходимое условие их самоорганизации и развития. Системы, находящиеся только в устойчивых состояниях, не могут успешно эволюционировать.

Наконец, *нелинейность* возникает в результате нарушения аддитивности в процессе развития сложной системы (когда принцип суперпозиции не работает).

По-видимому, рассмотренные выше НЕ-факторы являются «универсальными» в том смысле, что они могут наблюдаться в разных науках или проблемных областях (например, не только в теории агентов и МАС, но и в других областях ИИ и психологии). В то же время для различных проблемных областей помимо «универсальных» НЕ-факторов могут выделяться свои, специальные НЕ-факторы. На-

пример, в психологии мышления А. В. Брушлинским (Брушлинский, 1979) был выделен такой существенный НЕ-фактор, как *недизъюнктивность* системы, т. е. ее генетическая непрерывность и неразделимость, взаимопроникновение элементов системы в каждый момент времени.

В работе Ю. Р. Валькмана (2004) был предложен вариант классификации НЕфакторов в условном трехмерном пространстве: «...типы не факторов – методы и средства их моделирования – моделируемые объекты» (Валькман, 2004, с. 77). На наш взгляд, важно также учитывать методы выявления НЕ-факторов, что приводит к их рассмотрению уже в четырехмерном пространстве.

Далее на основе идей синергетического подхода рассмотрим соотношения между математической психологией и психологической математикой, а также остановимся на классических разделах математической психологии и перспективах ее развития.

2. Современное состояние и перспективы развития математической психологии как синергетической науки

2.1. Математическая психология и психологическая математика

На заре развития МП в 1960-е годы в обзоре «Математика, используемая в математической психологии» Р. Льюс (Luce, 1963) подчеркивал, что в математической психологии доминируют вероятностные, статистические подходы: ее классические разделы, такие как психометрика, модели обучения, модели предпочтений, не говоря уж о средствах анализа психологических экспериментов, буквально пронизаны формализмами теории вероятности. В меньшей степени задействованы аппарат математического анализа, теория графов, геометрические модели. Многие проблемы психологии формулируются в терминах фундаментальных математических понятий множеств, отношений, нечисловых функций (хотя в стандартной форме эти понятия часто не позволяют отразить специфику психологических явлений). В то же время практически не используются конструкции абстрактной алгебры, топологии, неклассических логик.

На наш взгляд, в интересах более широкого распространения и эффективного применения математических методов в психологии обе обширные научные области – математика и психология – должны двигаться встречным курсом. С одной стороны, сегодня трудно не согласиться с пророческим высказыванием Б. Г. Ананьева о том, что «математизация современной психологии распространяется на все ее разделы и дисциплины. В этом смысле вся психология в будущем может стать математической в той же мере, в какой она уже является экспериментальной» (Ананьев, 2001, с. 254). И для подобного становления требуется построение вариантов интеграции различных психологических дисциплин и установление взаимосвязей между ними в русле подходов *математической психологии*.

С другой стороны, нельзя пройти мимо того факта, что пока еще трудно говорить об адекватности значительной части существующего математического аппарата многим психологическим проблемам. Проблема «выращивания» специального математического аппарата для описания психических явлений и связанного с ними поведения, формирования *психологической математики*, поставленная Б. Ф. Ломовым более 30 лет назад (см.: Ломов, 1984), все еще остается далеко не решенной.

Как впрочем, и общая проблема психологического проектирования и, в частности, проектирования деятельности.

Тем не менее, на пути создания психологической математики есть важные ориентиры, в частности, теория (психо) лингвистических переменных и нечетких множеств Л. Заде (Zadeh, 1965; Заде, 1974), предложенный им же аппарат мягких вычислений (Zadeh, 1994), объединяющий средства нечеткой логики, теории нейронных сетей и генетических алгоритмов, вычисления со словами на основе распространения гибких ограничений (Zadeh, 2001), психо-логика (в смысле Ж. Пиаже) и психологическая алгебра, например, модели рефлексии и «алгебра совести» В. А. Лефевра (Лефевр, 2003а, б), геометрия и топология психологических пространств и т. п.

По мнению Ю. М. Забродина, при описании многих психических явлений от весьма привлекательной идеи изоморфизма приходится отказаться под давлением фактического материала, накопленного в экспериментальной и прикладной психологии. Соответственно, к числу основных тенденций развития средств формализации в психологии относятся переходы: от изоморфизмов к инвариантам и от методов функционального анализа к логико-алгебраическому подходу (использованию теоретико-групповых структур, методов теории решеток, многозначных и нечетких логик и пр.).

Так, введенное Л. Заде понятие лингвистической переменной как трехуровневой структуры, где объекты разных уровней связаны отношением полиморфизма («один – ко – многим»), является одной из первых попыток формализации триады «понятие–лингвистические значения–личностный смысл», т. е., по сути, представляет собой не чисто лингвистическую, а психолингвистическую модель. В работе В. Б. Тарасова (1989) в явном виде определено понятие психолингвистической переменной, расширяющей модель лингвистической переменной Заде благодаря учету аспекта грануляции.

2.2. Об интегративном характере математической психологии и ее разделов

Обычно, когда речь идет о математической психологии (МП), в первую очередь, подразумеваются проблемы математического моделирования когнитивных, перцептивных, моторных, мотивационных процессов, механизмов обучения, памяти и мышления.

Как показывает простой анализ тематики журнала *Journal of Mathematical Psychology*, классическая проблематика математической психологии включает целый конгломерат гибридных микронаук, таких как психометрия (теория психологических измерений и психологических шкал), психофизика и обнаружение сигналов, психолингвистика и психосемиотика, психологическая теория принятия решений, нейропсихологическая теория и др. Вариант исходной структуры математической психологии как интегратора четырех ключевых гибридных психологических дисциплин представлен на рисунке 5. Охарактеризуем вкратце эти дисциплины, проследим их взаимосвязи между собой и место в области математической психологии.

С исторической точки зрения, базовой дисциплиной МП является *психометрия*. Под психометрией обычно понимается весь круг вопросов, связанных с измерением в психологии. Эта область возникла на стыке известных математических теорий



Рис. 5. Математическая психология как «наука-перекресток», объединяющая ряд психологических дисциплин и служащая «мостом» между психологией и искусственным интеллектом

(теория измерений, теория меры) и психологического шкалирования. В теории психологических измерений базовое понятие шкалы строится как соответствие между двумя пространствами, а именно как гомоморфное отображение эмпирической системы с отношениями (Y, P_1, \dots, P_n) в числовую систему с отношениями $(\mathcal{R}, Q_1, \dots, Q_n)$:

$$\varphi : (Y, P_1, \dots, P_n) \rightarrow (\mathcal{R}, Q_1, \dots, Q_n).$$

Таким образом, каждому отношению в исходной, плохо структурированной системе точно соответствует его аналог в другой, хорошо структурированной системе.

Основные проблемы классической теории измерений (ПИ, 1967; ПМ, 1976; ТМР, 1984) – это: 1) установление формальных свойств эмпирических соотношений и операций и доказательство их изоморфизма с соответствующим образом выбранными отношениями и операциями над числами; 2) определение типа шкалы, с помощью которой проводятся измерения.

Современные тенденции в этой области связаны с расширением математического базиса психологических измерений: появлением неаддитивных и нечетких мер, развитием нелинейных шкал и мягких измерений, переходом от чисто структурной концепции измерения на основе эталона к прагматической концепции психологического оценивания.

В свою очередь, *психофизика*, восходящая к работам Э. Вебера, Г. Фехнера, С. Сти-венса, опирается на идею психофизических измерений, задачей которых является определение связи между стимулом и ощущением. Здесь все многообразие форм поведения и психических состояний объясняется через различия в вызывающих их физических ситуациях. На первом этапе развития психофизики, исходя из постулата о принципиальной измеримости психических явлений, определялись выражения количественной связи между физическими сигналами и психическими образами. Так в рамках классической психофизики были сформулированы три эмпирических закона: закон Вебера, закон Вебера–Фехнера и закон Стивенса. Например, закон Вебера–Фехнера устанавливает логарифмическую связь между силой ощущения и интенсивностью стимула. Кроме того, важнейшей проблемой психофизики является определение абсолютных и дифференциальных порогов.

Начиная с работ Ю. М. Забродина (Забродин, Лебедев, 1977), психофизическая проблематика стала тесно соотноситься с определением метрики и топологии сенсорного и перцептивного пространства. Было выдвинуто положение о том,

что на сенсорно-перцептивном уровне адекватное психическое отражение сохраняет основные метрические и топологические свойства пространства внешних событий. Однако здесь помимо «внешней составляющей», связанной с динамикой отражаемых объектов, существует и собственная внутренняя динамика образа, отличная от динамики прообраза.

Позднее Ф. Кликс предложил расширить идеи психофизики сенсорных процессов на произвольные когнитивные процессы, рассматривая соответствия между физическими и психическими пространствами.

Примерами современных психофизических методик служат процедуры многомерного шкалирования, позволяющие восстановить взаимное расположение ощущений в многомерных субъективных пространствах.

В целом, по мнению Ю. М. Забродина, психофизика является типичной гибридной наукой, на определенном этапе эволюции которой произошел переход от классической схемы «внешний физический стимул – внутренняя психическая реакция» к трехчленной схеме «внешний мир – физическая модель мира (первопорядковая модель) – психическая модель (модель второго порядка)». Характерными особенностями развития современной психофизики являются формирование субъектного (системно-деятельностного) подхода, отнесение к психофизике любых психических явлений (процессов), связанных с взаимодействием субъекта со средой, представление о полимодальности, неаддитивности, интегральности сенсорно-перцептивных образов.

Психосемантика (Петренко, 1988, 2005; Серкин, 2004) есть область психологии, изучающая генезис, строение и функционирование индивидуальной системы значений, опосредующей процессы восприятия, мышления, принятия решений и пр. Формализация этой области связана с методами семантического дифференциала Осгуда, личностных конструкторов Келли, многомерного шкалирования. Так, метод семантического дифференциала, который представляет собой комбинацию процедур шкалирования и метода контролируемых ассоциаций, сводится к оценке стимулов по оппозиционным шкалам. Эти биполярные шкалы задаются антони-мичными терминами, причем пространство шкалы между противоположными полюсами может пониматься как непрерывный континуум признаков.

Психосемантика входит в состав *психолингвистики* (в широком смысле слова). Последняя также является гибридной наукой: она относится одновременно к дисциплинам лингвистическим, так как изучает язык, и к дисциплинам психологическим, поскольку изучает его в определенном аспекте – как психический феномен. В то же время язык – это знаковая система, обеспечивающая средства коммуникации, включая процессы формирования и передачи знаний: поэтому психолингвистика тесно связана и с семиотикой, и с когнитивной психологией, и с теорией коммуникации.

Когнитивная психология изучает то, как человек получает информацию о внешнем мире и самом себе, в какой форме он ее представляет, как она хранится в памяти и преобразуется в знания, и как эти знания влияют на человеческую деятельность и поведение (Гейвин, 2003; Солсо, 2002). Эта область возникла на стыке психологии и теории информации; ее отличительной особенностью является информационный подход, в частности, информационная теория интеллекта (Холодная, 1997). Здесь

одной из комплексных проблем является *представление знаний* (RPMP, 1998) – одна из приоритетных тем, связывающих между собой математическую психологию и искусственный интеллект.

В свою очередь, психологические аспекты принятия решений являются сквозными для всех этих разделов МП, поскольку в них часто затрагиваются как вопросы психологических измерений, так и проблемы информационной подготовки решения (в русле подходов когнитивной психологии и психосемантики).

Итак, все вышеперечисленные сферы классической математической психологии представляют собой гибридные микронауки, все теснее и теснее взаимодействующие между собой. В то же время, следует подчеркнуть, что математическая психология отнюдь не является «застывшей наукой» – это открытая научная область с подвижными, нечеткими границами. Далее рассмотрим, как взаимосвязи между математической психологией и искусственным интеллектом могут влиять на содержание разделов МП.

2.3. О взаимосвязях между математической психологией и искусственным интеллектом

Для установления взаимосвязей между областями математической психологии и искусственного интеллекта обратимся к соответствующим литературным источникам.

Так, в капитальном учебнике (ПС, 2003) в разделе, посвященном математической психологии, указано, что *объект математической психологии* – это естественные системы, обладающие психическими свойствами, содержательные психологические теории и математические модели таких систем. Предмет математической психологии составляют разработка и применение формального аппарата для адекватного моделирования систем, обладающих психическими свойствами.

Между тем, в монографии «Фантазия или наука: на пути к искусственному интеллекту» Д. А. Поспелов (1982) утверждает, что исследования в *искусственном интеллекте* должны быть нацелены на «изучение *психики человека* с целью ее имитации в технических системах, решающих определенный набор практических задач, традиционно считающихся интеллектуальными» (с. 211). Данную трактовку можно обозначить как позицию «умеренного функционализма», предполагающего возможность абстрагировать характерные свойства некоторого явления и воспроизвести их на других носителях. Здесь речь идет о воспроизведении функций человеческого мозга (а в более широком плане – психики человека) без учета лежащих за ними физиологических явлений.

Соответственно, в обоих случаях мы имеем дело с проблемами изучения психических явлений и попытками их формального моделирования: при этом в математической психологии в центре внимания оказываются математические модели естественных систем с определенными психическими свойствами, тогда как в искусственном интеллекте основное место занимают процессы компьютерного моделирования различных психических процессов, состояний и свойств.

По нашему глубокому убеждению, в начале XXI в. происходит постепенное схождение объекта, предмета, методов и моделей искусственного интеллекта и математической психологии на базе общей синергетической парадигмы. С одной стороны,

ряд моделей, уже разработанных в математической психологии, в особенности модели восприятия, узнавания, обучения, принятия решений, могут и должны применяться при разработке прикладных интеллектуальных систем. С другой стороны, современное развитие искусственного интеллекта, в особенности широкое распространение и практическое использование теории агентов и многоагентных систем, ставит новые задачи перед психологией в целом и математической психологией в частности.

В целом, можно говорить о возникновении системы новых разделов математической психологии, зарождении ее новых базисов на стыке актуальных проблем психологии и искусственного интеллекта. В контексте реализации искусственных агентов несомненный интерес представляет психологический базис А. Н. Леонтьева: «деятельность–сознание (психика)–личность» (Леонтьев, 1975), а в плане разработки многоагентных систем – базис А. В. Петровского: «личность–деятельность– коллектив» (Петровский, 1982). Ниже в качестве системного базиса предлагается тетрада «когнитон–действие–диалог–роль». Основными компонентами этого базиса должны стать формальные модели, объединяющие результаты когнитивной психологии, психологии деятельности, психологии общения и организационной психологии (рисунок 6).

3 О некоторых новых задачах математической психологии

Прогноз основных путей эволюции математической психологии занимает умы многих ведущих исследователей (см., например: Falmagne, 2005; Luce, 1997; RPMP, 1998). Ниже будут сформулированы некоторые перспективные проблемы математической психологии, вытекающие из идей психосинергетики, направлений развития существующего базиса (рисунок 5) и вариантов образования новых базисов МП (рисунок 6). Среди них имеются как задачи развития существующих разделов математической психологии, например, продвижения от классической теории измерений к «гуманитарным измерениям» (по В. Б. Рябову), психологическому оцениванию и психосемантическим подходам, так и проблемы синтеза и формализации новых разделов, в частности, математической психологии деятельности и математической психологии организаций.

К числу ключевых задач относятся:

- разработка новых методов и моделей математической психологии, призванных обеспечивать реализацию главных принципов синергетического под-

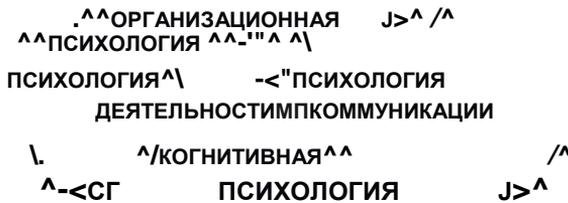


Рис. 6. Перспективный состав разделов математической психологии, образующих фундамент интеллектуальных систем и организаций

хода, в частности, принципов целостности (неаддитивности), дополнительности, соответствия и пр.;

- спецификация комплекса психологических НЕ-факторов в русле становления психосинергетики, классификация НЕ-факторов, связанных с человеческой психикой и деятельностью, разработка формальных подходов к их моделированию;
- разработка новых методов и моделей психологической математики, в особенности обобщенных моделей психологических измерений и оценок, методов психо-логики, психологической алгебры, психологической геометрии, психологической топологии;
- анализ соотношений между психологическими измерениями и оценками, создание общей логико-алгебраической теории психологического оценивания, включающей базовые модели типа оценочных матриц, нетрадиционные (обобщенные, круговые) оппозиционные шкалы, мягкие оценки на подобных шкалах;
- развитие методологии искусственных агентов в духе психологии субъекта и его деятельности, формирование теоретической психологии искусственных систем;
- построение целостных моделей естественного интеллекта как открытой сложной динамической системы, их использование в искусственных интеллектуальных системах;
- спецификация и формализация когнитивных единиц математико-психо-логического моделирования и психологического проектирования.

Опишем подробнее некоторые из перечисленных задач.

3.1. Проблема выделения, анализа и моделирования психологических НЕ-факторов

Одним из важнейших принципов развития синергетической методологии как в психологии, так и в искусственном интеллекте должен стать *принцип множественности НЕ-факторов*, вплетенных в деятельность и поведение естественного или искусственного агента. Емкий и удачный термин «НЕ-факторы», введенный А. С. Нариньяни для единого обозначения комплекса свойств реальных человеческих знаний, представляется вполне подходящим и для описания характеристик индивидуального или коллективного интеллекта, различных психических процессов и психики в целом. Так, например, переход субъекта в возбужденное, *неустойчивое* психическое состояние может стать причиной самоорганизации деятельности, а *неравновесность* деятельности влечет за собой процессы ее упорядочения, реструктуризации и реорганизации. *Нелинейность* порождает новые стратегии интеграции психологических систем, а *необратимость* определяет когерентность, взаимодействие подсистем психики в масштабе всей системы.

По нашему мнению, одной из важных перспективных проблем математической психологии является разработка концепции психологических НЕ-факторов, которые пронизывают все функции психики (когнитивную, регулятивную, коммуникативную, ресурсную, оценочную) и присутствуют на всех уровнях деятельности (сенсорно-перцептивном, представленческом, речемыслительном). Предва-

рительный набросок подобной концепции был предложен нами в работе (Тарасов и Чернышев, 1981), где были проанализированы причины и источники нечеткости восприятия и нечеткости значения.

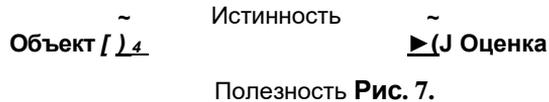
Затем были выделены и проанализированы (Крылов, 2000) такие свойства психологических систем, как нелинейность, недизъюнктивность (Брушлинский, 1979, 1990), неустойчивость и многовариантность развития, недетерминированность (будущее может определять поведение системы в настоящем), неевклидовость метрики субъективного психологического пространства. Наконец, была показана (Валькман, 2004) значительная роль НЕ-факторов в процессах образного мышления.

Конечно, статус НЕ-фактора имеет далеко не любое слово с приставкой «НЕ», а лишь те, которые раскрывают ограничения некоторой модели или теории, отрицая те или иные ее свойства. Например, базовые НЕ-факторы у А. С. Нариньяни были определены на основе критики ограничений понятия формальной системы. Для выделения психологических НЕ-факторов можно обращаться как к моделям общей теории систем (с целью поиска недостатков и несоответствий по отношению к психологическим системам), так и к традиционным психологическим моделям. Например, критический анализ классической концепции измерения, опирающейся на понятие системы с отношениями, введенное А. Тарским, и математической модели шкалы как гомоморфного соотношения между эмпирической реляционной системой и числовой реляционной системой, позволяет раскрыть фактор психологической *неоднозначности*. Невыполнение аксиом метрики в субъективном пространстве приводит к его неевклидовости и т. п.

По-видимому, центральное место в системе психологических НЕ-факторов занимает *недизъюнктивность* системы психики: «...взаимоотношения между всеми компонентами психики – психическими свойствами, состояниями, процессами и т. д. – являются недизъюнктивными» (Брушлинский, 1990, с. 24). В недизъюнктивных системах не только границы между системой и ее окружением, но и границы между самими элементами являются прозрачными и размытыми (элементы могут быть «склеенными» и даже перекрывать друг друга) (Забродин, 1982; Крылов, 1990). Впрочем, в теории систем уже известны подходы, когда система определяется не «снизу вверх» как совокупность элементов и отношений между ними, а «сверху вниз» как целостность, определяемая организующей общностью (системообразующим фактором) (Шрейдер, Шаров, 1982) или как семейство отношений, синтезируемых по совокупности критериев (Тарасов, 2002).

3.2. Теория оценивания vs теория измерений

В последние годы становится все более очевидным, что многие традиционные процедуры «психологических измерений», на самом деле перекочевавшие в психологию из физики и математики, не удовлетворяют основным принципам изучения психических явлений. Так, обычно под измерением понимается строгая количественная процедура сопоставления измеряемой величины с некоторым эталоном той же физической природы, принятого за единицу. Однако даже в физике универсальность этого представления давно поставлена под сомнение: согласно принципу относительности А. Эйнштейна, результаты физических измерений зависят от систем отсчета, в которых находятся наблюдатель и измеряемый объект. Тем более это



Варианты соответствия между объектом и его оценкой

относится к измерениям в области психологии, где взаимодействия между экспериментаторами и испытуемыми носят принципиальный характер, что серьезно ограничивает применимость строгих классических измерений.

В чем состоят основные различия между измерением и оценением? На наш взгляд, здесь можно указать как на содержательные, так и формальные различия. *Измерения* (в чистом, классическом смысле этого слова) носят структурный, синтаксический характер, тогда как *оценки*, как правило, имеют мотивационное (*семантико-прагматическое*) наполнение. Например, любая оценка и ее объект могут находиться между собой в двух противоположных отношениях: *истинностном* и *полезностном* (рисунок 7). Здесь истинность понимается как соответствие между объектом и его оценкой (первичен объект), а полезность - как соответствие между оценкой и ее объектом (первична оценка).

В контексте моделирования оценок агентов можно рассматривать понятие «полезность» как сложную трехуровневую иерархическую структуру, соответствующую уровням организации деятельности, и декомпозировать его по этим уровням.

По Т. И. Черняевой, эту структуру можно представить следующим образом: **Г**

ЦЕННОСТЬ

ПОЛЕЗНОСТЬ = -< ЗНАЧИМОСТЬ, [] СТОИМОСТЬ где ценность определяется мотивом, значимость - целью, а (психологическая) стоимость - задачей.

В классической теории измерений имеется немало существенных допущений и ограничений. Так, по традиции, идущей еще от Р. Льюса и Дж. Галантера (ПИ, 1967), теория измерений развивалась в объективистском контексте на стыке с теорией вероятностей и математической статистикой. Поэтому измерение предполагало определение классического пространства с аддитивной мерой.

Однако во многих реальных задачах экспериментальной и прикладной психологии требование аддитивности не выполняется. Более адекватным аппаратом здесь видятся различные расширения вероятностных мер, например, использование неаддитивных расширений вероятностной меры, нечетких псевдомер, теории Демпстера-Шейфера и пр. (Дюбуа, Прад, 1990; НММУИИ, 1986; НГС, 2006).

Вариант перехода от измерения к оцениванию указал Л. Заде: это установление полиморфного соответствия $*^{\wedge}\%$ - между лингвистическими и числовыми значениями лингвистических переменных **М**: $T = \wedge X$ и $M^{-1} : X = \wedge T$. На наш взгляд, необходимость рассмотрения неоднозначных, полиморфных соответствий и есть главное отличие методологии психологического оценивания от классических измерений (Аверкин, Тарасов, 1986; Тарасов, 1989).

Таким образом, в противовес гомоморфизмам теории измерений, теория оценивания обычно имеет дело с отношениями полиморфизма (т. е. с одно-многозначными и много-многозначными отображениями). В частности, речь идет о нечетких отображениях из физического пространства Y в психологическое пространство Z , когда некоторому объекту $y \in Y$ ставится в соответствие (с разными степенями истинности) нечеткое множество объектов $B \subset Z$, описываемое функцией принадлежности μ_B (Тарасов, Чернышев, 1981).

Понятие неклассической (обобщенной) шкалы ввел Д. А. Поспелов (1994, 19986). В отличие от обычных шкал, где каждой точке соответствует один-единственный объект, на обобщенных шкалах любой точке может с разными степенями соответствовать множество объектов. Кроме того, здесь можно выделить различные отношения порядка: 1) порядок по силе (положительных или отрицательных) оценок; 2) порядок по степени определенности оценок; 3) порядок по степени противоречивости оценок.

Можно провести вполне естественные параллели между неклассическими логическими семантиками и обобщенными шкалами. Так, например, в четырехзначной семантике Белнапа отбрасываются принцип бивалентности $T(p) \vee F(p)$ (любое суждение истинно или ложно, третьего не надо) и принцип однозначности $T(p) = \{T\}$, $F(p) = \{F\}$ (истинность или ложность любого суждения представляют собой сингулярные объекты, т. е. одноточечные множества, какие-либо комбинации истины и лжи, например, $T(p) \wedge F(p)$, недопустимы). Аналогично в случае обобщенной шкалы не выполняются классические принципы принадлежности и различимости.

3.3. Проблемы спецификации, классификации и моделирования когнитонов

На протяжении многих лет психологи стремились выделить единицы анализа психики и объяснить исходя из них различные психические явления. В качестве подобных единиц выступали: психологическая ассоциация у А. Бэна и Дж. С. Мил-ля, рефлекс и реакция у В. М. Бехтерева, значения у Л. С. Выготского, ощущения у Б. Е. Ананьева, действия у А. Н. Леонтьева. В свое время В. П. Зинченко сформулировал ряд требований к системной единице психики: а) целостность; б) неоднородность, отображение различных функций, структур и свойств психики; в) способность к развитию и саморазвитию, и др. (Зинченко, 1981). Однако до сих пор не удалось определить целостную единицу, удовлетворяющую всем этим требованиям.

В целом различные школы психологии имеют существенные наработки в области выделения и исследования подобных единиц. Однако очень сильным их ограничением является то, что они стремятся интерпретировать такие единицы в качестве универсальных и самодостаточных.

Здесь в интересах моделирования агентов мы обратимся к результатам еще одной «науки-перекрестка» - когнитивной науки (или когнитологии) (КИ, 2006). В современной когнитологии, формирующейся на базе когнитивной психологии и информатики (в особенности нейроинформатики и искусственного интеллекта) и включающей в себя разделы лингвистики, на роль такой единицы претендует *когнитон*. Понятие «когнитон» есть общий термин для описания различных принципов, механизмов и моделей познания. По аналогии с термином «инфон»,

характеризующим своего рода «квант» информации, оно было введено с целью определения семейства когнитивных единиц, которые лежат в основе динамических структур психики (см.: Ferber, 1995). Соответственно, в теории агентов и многоагентных систем возникает проблема *инженерии когнитонов* как основы разработки интеллектуальных агентов (подобно тому, как инженерия знаний лежит в основе разработки классических интеллектуальных систем). В теории когнитонов исследуются когнитивно-информационные, когнитивно-коммуникативные, когнитивно-ресурсные аспекты психики. Основными классами когнитонов являются когнитоны представления, когнитоны взаимодействия, организационные и конативные когнитоны (рисунок 8).

С одной стороны, функционирование любого агента опирается как на *суждения* (*описания*), так и на требования (*предписания*). И описания, и предписания отражают информационные отношения между агентом и его средой: в первом случае это информация о состояниях среды, воспринимаемых агентом, а во втором случае – о возможных действиях агента на эту среду. Легко понять, что в теории агентов центральное место занимает именно формализация предписаний, оценок, норм.

Ключевым когнитоном представления является *мнение*. Проблема исследования категории «*мнения*» (Belief) имеет давние и глубокие традиции. Еще Платон ясно осознавал наличие промежуточных градаций, ступеней формирования знания. Он различал собственно знание и мнение: «...мнение не есть знание, но и не есть незнание: оно темнее знания и светлее незнания» (см.: Борисов, Тарасов, 2006, с. 47).

Так, мнение агента может содержать как истинностную, так и оценочную (модальную) составляющие. Как и другие системы модальностей, мнение может рассматриваться в двухмерной системе координат: 1) «с и ла – с лабость»; 2) знак (+ и л и -). Тогда основными модальностями мнения являются уверенность (сильная положительная); предположение (слабая положительная); сомнение (слабая отрицательная); отвержение (сильная отрицательная). Обычно исходное мнение агента выступает в форме предположения (гипотезы) – предварительного представления агента о внешнем мире и других агентах, выдвигаемого с целью запуска механизма действия, направленного на его подтверждение или опровержение. Подтверждение исходного предположения вызывает уверенность, а его опровержение приводит к сомнению.

КОГНИТОНЫ

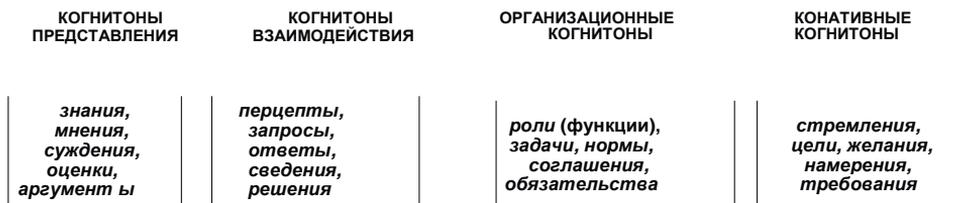


Рис. 8. Общая классификация когнитонов

У агентов прагматические суждения оценочного характера опираются на стандарты, образцы, эталоны и т. п. При этом образец принципиально отличается от примера. *Пример* говорит о том, что имеет место в действительности, а *образец* – о том, что должно быть. Примеры используются для поддержки описательных высказываний, а ссылки на образцы служат обоснованием требований или предписаний.

Разновидностями когнитонов взаимодействия являются перцептивные оценки, запросы, ответы, сведения, решения. Перцептивными оценками называются компоненты информации, получаемые агентом из среды (от других агентов) благодаря перцептивным процессам. В случае искусственных систем перцептивные оценки формируются на основе комплекса датчиков (искусственных рецепторов) и препроцессоров. Под запросами понимаются коммуникативные действия одного агента, имеющие целью побуждение к действию второго агента; соответствующие реакции называются ответами. Сведения выражают мнение агента, концентрированное в некотором сообщении, а решение, формируемое при участии конативной подсистемы, определяет выбор действия агента.

К числу конативных когнитонов относятся различные компоненты мотивации: требования, стремления, цели, желания, намерения. Если требования выступают как внешняя причина деятельности, то стремления являются внутренним источником целей и выражают запросы ресурсной подсистемы. Под желаниями понимаются некоторые ситуации или особые состояния, предпочитаемые агентом; подчас они носят гедонистический характер. Цели, порождаемые на основе вышеуказанных внутренних мотивов (стремлений, желаний) или внешних стимулов (требований), содержат модель потребного будущего (по Н. А. Бернштейну).

Следует отметить, что конативные когнитоны являются более устойчивыми, чем когнитоны представления: выполнение желаний, целей или требований предполагает настойчивость агента (возможность осуществления им нескольких попыток).

Наконец, примерами организационных когнитонов служат роли, нормы, соглашения, обязательства. Обязательства, выражающие зависимость агентов друг от друга, также могут побуждать к деятельности. Будучи тесно связанными с формированием коллективных целей и совместных действий, они лежат в основе создания многоагентных систем. Нормы – это социальные запреты и ограничения, накладываемые на агента некоторой организацией.

Роли агентов определяются с помощью трех главных атрибутов: разрешение (возможность), ответственность, протокол коммуникации. Ответственность агента в многоагентной системе неразрывно связана с его правами: она определяется разрешенными агенту действиями в МАС и выделяемыми на них ресурсами. Отношения между ролями задаются с помощью протокола коммуникации.

На наш взгляд, моделирование когнитонов, а в особенности взаимоотношений между ними, и есть один из первых шагов на пути к психологическому проектированию агентов.

3.4. Развитие идей и подходов психологической математики и психо-логики

Как уже отмечалось, ключевые формальные проблемы математической психологии, поставленные Б. Ф. Ломовым и В. Ю. Крыловым, связаны с разработкой и применением математического аппарата, пригодного для адекватного описа-14 4

ния и моделирования систем, обладающих психическими свойствами (систем, использующих для своего функционирования во внешней среде какие-либо формы психического отражения), а также изучением самих математических моделей этих систем (МП, 1985). По нашему мнению, сегодня складывается благоприятная ситуация для развития различных разделов психологической математики, в первую очередь, психо-логик (в смысле Ж. Пиаже) и психо-алгебр. В частности, перспективы формирования психо-логик определяются возрождением интереса к анализу взаимоотношений между психологией и логикой в начале XXI в., появлением так называемых неформальных логик (Грифцова, 1998), переходом от монологической к диалогической парадигме (Тарасов, Смагин, 2008) в логических исследованиях.

История отношений между психологией и логикой связана с такими логическими течениями, как психологизм и логицизм. В предельном, упрощенном варианте концепцию психологизма в логике можно трактовать как погружение (вложенность) логики в психологию, а концепцию логицизма – как независимость логики от психологии, разрыв всяческих связей между логикой и психологией. Период психологизма в логике восходит к Аристотелю и представителям аристотелевской традиции (в первую очередь, к Дж. С. Миллю) (Финн, 1999). Адепты психологизма считали, что объектом логической науки являются формы мышления (понятия, суждения, рассуждения). Последовательное расширение этой позиции приводит к утверждению представлений о логике как разделе психологии.

В нашей стране одним из ведущих представителей психологизма в логике был один из основоположников многозначных логик Н. А. Васильев, высказавший предположение о неединственности и неуниверсальности классической аристотелевой логики (по аналогии с неединственностью евклидовой геометрии – см., например: Поспелов, 1998). В своей замечательной книге «Воображаемая логика» он предложил понятие трехмерной логики. Ее измерениям соответствуют три типа независимых, атомарных предложений: 1) позитивные; 2) негативные; 3) индифферентные (когда объект X одновременно обладает и не обладает свойством A : $p = X$ есть A и не есть A).

В общем случае мышление и опыт дают нам атомарные утверждения многих типов, откуда вытекает идея многомерных логик. Так, могут быть построены n -мерные логики с n типами атомных предложений; при этом в логике n -измерений может действовать закон исключенного $(n + 1)$ -го.

Еще одно фундаментальное нововведение Н. А. Васильева было связано с исходной двухуровневой логической структурой: *логика* и *металогика* (или внутренняя логика – логика событий и внешняя логика – логика утверждений). На уровне металогика (классической двузначной логики) происходит отвлечение от всякого содержания. Поэтому она и является универсальной. На эмпирическом уровне любая логическая конструкция зависит от контекста или, другими словами, от онтологических допущений о мире.

Успехи классической формальной логики в первой половине XX в. привели к тому, что на смену психологизму пришел *логицизм* Б. Рассела и Н. А. Уайтхеда. Логицизм, по сути, может считаться антипсихологическим направлением в логике; он опирается на идеи Г. Фреге, который считал, что логическая истина должна иметь непсихологическое определение, не зависящее от «игры отдельного ума». Эта концепция

Фреге получила свое наибольшее выражение в работах А. Тарского и Р. Монтегю по формальным семантикам.

Логицизм, будучи крайним выражением рационализма, фактически рассматривает лишь те суждения и рассуждения, которые представимы средствами логических исчислений. Подобная позиция выражается формулой: «Сначала исчисление, а потом рассуждение» (Финн, 1999). Вообще, согласно представлениям логицистов, математика является отраслью логики. Любые математические конструкции следует определять в терминах логических понятий.

Современный этап развития логики характеризуется возрождением психологизма, а точнее, синтезом концепций психологизма и логицизма (Карпенко, 2004; Финн, 1999, 2006). Это обусловлено многими причинами. Во-первых, активное использование логических подходов в информатике и искусственном интеллекте, реализация различных схем автоматизированных рассуждений, включая правдоподобные и приближенные рассуждения, привели к распространению представлений о логике как эмпирической науке (Финн, 1999, 2006), которая изучает естественные рассуждения в человеческой практике и повседневной жизни (сюда включаются как индивидуальные, так и социальные явления).

Эти представления нашли свое отражение в современных принципах логического плюрализма и релятивизма, нестандартных логических семантиках (пара-полные, паранепротиворечивые, релевантные семантики). Но именно традиция эмпирической теории познания, стремление отразить природу априорных форм знания лежат в основе психологизма в логике.

Так, в искусственном интеллекте наряду с лингво-логическим подходом (Тарасов, 2006) стал активно развиваться психо-логический подход. Здесь типичным примером является логическая формализация интеллектуального агента с помощью BDI-моделей, т. е. на основе психологической триады «мнения В (Beliefs) – желания D (Desires) – намерения I (Intentions)». Реализация программных агентов с помощью логического описания их интенциональных характеристик средствами модальных и многозначных есть прямое подтверждение возрождения идей психологизма и их успешной реализации в прикладных логиках.

Во-вторых, выражением нового психологизма в логике служит так называемая *неформальная логика*, предназначенная для анализа и моделирования суждений о реальных событиях (Johnson, 1996; Walton, 1989). Неформальная логика (Informal Logic) лежит на пересечении формальной логики, когнитивной психологии, теории коммуникации, искусственного интеллекта и ряда других дисциплин. Ее базовыми понятиями являются *критическое мышление* и *ошибки* рассуждения (Fallacies), отслеживаемые при *обучении* навыкам рассуждения и аргументации. Она опирается на следующие основные постулаты.

- 1 Формирование знаний как продукта социализации мнений есть свойство сообщества, а не отдельного индивида. Цель здесь заключается не в построении точного знания на надежном фундаменте самоочевидности, а в расширении и улучшении имеющегося знания с помощью сомнений и вопросов.
- 2 Неформальная логика рассматривает рассуждение как диалогическое, а не монологическое. Диалогичность, диалектичность (по Сократу–Платону), коллектив-

ность (по С. Тулмину), социальность (по Г. Гарду и М. Сингху) – вот те выражения, которые характеризуют коммуникативный по своей сути подход неформальной логики к познанию, ориентированный на достижение понимания, кооперацию и совместную деятельность (Грифцова, 1998). При этом рассуждения часто рассматриваются как дискурсивные (коммуникативные) акты, направленные на достижение определенных целей или организацию действий. Для логического описания коммуникативных актов может использоваться иллюкутивная логика. 3 Отличительная особенность рассуждений в неформальной логике заключается не столько в том, чтобы извлечь заключение из посылок, сколько в том, чтобы увеличить уверенность в этом заключении (или, напротив, в том, чтобы его опровергнуть). Задача логики (по Г. Гарду) состоит в том, чтобы указывать нам направление (положительное или отрицательное) и по каждому из этих направлений определить степень уверенности, которую мы должны перенести от старых предложений к новым.

Хотелось бы подчеркнуть, что третий постулат очень близок по духу исследованиям уверенности в современной психофизике (для задач принятия решений на сенсорно-перцептивном уровне) (Шендяпин, Скотникова, 2006).

Отдельно следует остановиться на развитии диалогического подхода и *диалогике* в целом. Под диалогом понимается основной тип коммуникации, осуществляемый при помощи обмена сообщениями между двумя и более субъектами. Обычно этот обмен сообщениями связан с изменением их задач и состояний, например, мнений, желаний, целей, обязательств и пр. При этом участники диалога считаются способными формировать общие цели и меняться ролями в процессе общения.

Термин «диалогика», введенный в научный обиход М. М. Бахтиным, в настоящее время используется, по крайней мере, в двух различных смыслах. Диалогикой в широком смысле называется междисциплинарная область, направленная на создание общей теории диалога, которая опирается на принцип единства и всеобщности диалога как единицы коммуникации, основы взаимопонимания и кооперации между людьми. Истоки диалогии восходят к *диалектике Сократа и Платона* – искусству вести беседу (диалог), направленную на взаимное обсуждение проблем с целью достижения истины путем противоборства и согласования мнений, «топике» Аристотеля, средневековым школам риторики. Главной характеристикой диалогических отношений является стремление к достижению *согласия*. Ядро диалогии составляет социальная интерпретация процессов познания и мышления, распределенное, диалоговое понимание истины.

Диалогика в узком смысле понимается как раздел современной формальной логики, опирающийся на диалоговые представления и посвященный логическому анализу диалогов. Отсюда вытекают два пути формирования комбинированных диалогических моделей: от диалога к логике и, наоборот, от логики к диалогу. С одной стороны, предмет диалогии есть построение и использование диалоговых моделей в логике и логической семантике, в частности, разработка теоретико-игровых логических семантик (по Я. Хинтикке), развитие диалоговых логик, возрожденных П. Лоренценом (Krabbe, 2006), и диалоговых игр. Применительно к логике диалог может интерпретироваться как особый способ определения логического предло-

жения (в противовес аксиоматике и доказательству). При этом можно установить связи между диалогом и конструктивными основаниями логики (по П. Лоренцену), между диалогом и правилами состоятельных рассуждений (по Ч. Хэмблину).

С другой стороны, речь идет о логическом моделировании споров, диспутов, переговоров, альянсов, соглашений и пр. Сильное влияние диалогистики ощущается в вопросно-ответных системах и теории аргументации. Недавно возникло даже такое направление, как *компьютерная (вычислительная) диалектика*, нацеленное на компьютерное моделирование формализованных структур диалогов (см.: Тарасов, Смагин, 2008).

В отличие от вертикальной структуры классической логической триады «понятие-суждение-рассуждение», занимающей центральное место в традиционной монологической структуре знания, в диалогике на первый план выходят горизонтальные структуры, определяемые обменом мнениями (переговорами) между субъектами в интересах построения соглашений и коллективного принятия решений (рисунок 9).

Для психо-логико-алгебраического моделирования диалогов можно использовать произведение логик, опирающееся на произведение решеток. Так, минимальная диалоговая логика строится на основе произведений двучленных логик двух участников диалога 1 и 2. В зависимости от цели диалога (достижение соглашения в переговорах или победа в споре) определяются переговорная решетка C_4 с порядком согласия $<$ и решетка диспута (спора) D_4 с порядком выигрыша $<$. Диаграммы Хассе для этих решеток представлены на рисунке 10. Повернув переговорную решетку C_4 по часовой стрелке на 90° градусов, получаем решетку диспута D_4 с отношением порядка $<$ (порядок выигрыша).

Нетрудно понять, что в диалоговых системах всегда имеется, по меньшей мере, две различные структуры предпочтений. Поэтому адекватным формализмом для представления ситуации диалога является биупорядоченное множество $BOS = \{X, <, < >$, где X - непустое множество участников диалога x (например, двухэлементное множество x_1 и x_2), $<$ и $< >$ - два определенных выше отношения

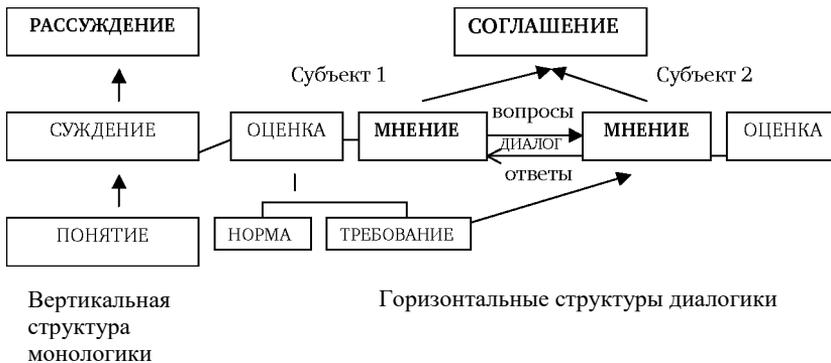


Рис. 9. Иллюстрация различий между монологикой и диалогикой: от корректных рассуждений к обмену мнениями в интересах заключения соглашения

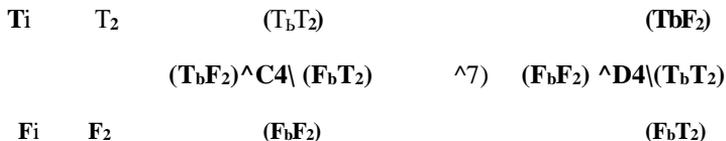


Рис. 10. Диаграммы Хассе для переговорной решетки C 4 и решетки диспута D4

порядка. Эта структура становится *предбирешеткой*, если оба упорядоченных множества $OC, \langle c \rangle$ и $OC, \langle d \rangle$ образуют полные решетки. В свою очередь, *бирешетка* (Gins-burg, 1988) – это такая предбирешетка, для которой задана специальная операция отрицания. По М. Гинсбергу, эта операция отрицания инвертирует один из порядков, но оставляет неизменными значения по второму. Формально диалоговая бирешетка задается четверкой

$BL = \langle X, \langle c, \langle d, \rangle \rangle$, где унарная операция удовлетворяет следующим свойствам: 1) если $x < y$, то $c \langle x \rangle < y$; 2) если $x < y$, то $* \langle x \rangle < y$; 3) $(r) = x$.

Обозначим через \otimes и \oplus операции пересечения и объединения, соответствующие отношению порядка $\langle c$, а через \wedge и \vee - операции пересечения и объединения, соответствующие отношению порядка $\langle d$. Очевидно, что диалоговая бирешетка может рассматриваться как алгебра с двумя различными операциями пересечения и объединения соответственно и задаваться шестеркой:

$$BL = OC, A, \vee, \otimes, \oplus, \wedge.$$

Таким образом, в русле теории бирешеток диалоги могут быть упорядочены в двух измерениях: «победа - поражение в споре» и «соглашение - отказ от соглашения в переговорах».

В свое время А. Тарским был предложен общий алгебраический подход к представлению различных неклассических (многозначных) логик с помощью логической матрицы

$LM = (V, Q, D)$, где V есть непустое множество значений истинности; Q - множество функций (операций) над значениями истинности v из V ; DCV - множество выделенных значений истинности. При этом выделенные (т. е. подобные «истине») значения позволяют обобщить понятие тавтологии на случай многозначных логик. Отметим, что алгебраическая модель Тарского, отвечая традициям логицизма, предполагает возможность получения истинностной оценки высказывания вне зависимости от контекста и условий оценки.

Здесь по аналогии предлагается понятие психо-логической оценочной матрицы, которая расширяет понятие логической матрицы благодаря привлечению психо-логического пространства оценивания. Эта матрица соотносится с логической матрицей А. Тарского примерно так же, как семиотическая система Д. А. Пospelова с классической формальной системой.

Психо-логическая оценочная матрица есть четверка:

$PEM = (E, V, Q, D)$, где E - множество сред оценивания (психологических пространств), отображающих связи между ситуациями оценивания и психологическими факторами; V - мно-

жество оценок на шкале; Ω – множество операций над оценками из V ; D – множество выделенных (эталонных) оценок, $D \subset V$. Здесь множество V может быть цепью, решеткой, бирешеткой и т. п.

Заключение

Развитие и применение синергетического подхода открывает новые горизонты как перед математической психологией, так и перед информатикой и искусственным интеллектом. Нет сомнений, что взаимодействие этих наук, начало которому положили работы Владимира Юрьевича Крылова, обеспечит существенное продвижение как собственно психологических исследований, так и их приложений в искусственном интеллекте.

Литература

- Аверкин А. Н., Тарасов В. Б.* Нечеткое отношение моделирования и его применение в психологии и искусственном интеллекте. М.: ВЦ АН СССР, 1986.
- Ананьев Б. Г.* О проблемах современного человекознания. 2-е изд. СПб.: Питер, 2001.
- Андреева Г. М.* Социальная психология. М.: Аспект Пресс, 1998.
- Брушлинский А. В.* Мышление и прогнозирование. М.: Мысль, 1979.
- Брушлинский А. В.* Один из вариантов системного подхода в психологии мышления // Принцип системности в психологических исследованиях. М.: Наука, 1990. С. 24.
- Брушлинский А. В.* Психология субъекта. СПб.: Алетейя, 2003.
- Брушлинский А. В., Поликарпов В. А.* Мышление и общение. М.: Изд-во Университетское, 1990.
- Будущее искусственного интеллекта. М.: Наука, 1991.
- Валькман Ю. Р.* Моделирование НЕ-факторов – основа интеллектуализации компьютерных технологий // Новости искусственного интеллекта. 2004. № 2. С. 64–81.
- Венда В. Ф.* Системы гибридного интеллекта. Эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение, 1990.
- Вертгеймер М.* Продуктивное мышление / Пер. с нем. М.: Прогресс, 1987.
- Волков А. М., Микадзе Ю. В., Солнцева Г. В.* Деятельность: структура и регуляция. М.: Изд-во МГУ, 1987.
- Выготский Л. С.* Вопросы теории и истории психологии // Собрание сочинений в 6 томах. Т. 1. М.: Педагогика, 1982.
- Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000.
- Ганзен В. А.* Системные описания в психологии. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984.
- Геберт Д., фон Розентиль Л.* Организационная психология. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006.
- Гейвин Х.* Когнитивная психология / Пер. с англ. СПб.: Питер, 2003.
- Гербер И. Е.* Метапсихология в XXI веке: предмет, структура и методы // Психологический журнал. 2006. Т. 27. № 4. С. 106–113.
- Геффдинг Г.* Психологическая основа логических суждений. 2-е изд. М.: Изд-во ЛКИ, 2007.
- Головина Г. М., Крылов В. Ю., Савченко Т. Н.* Математические методы в современной психологии: статус, разработка, применение. М.: Изд-во ИП РАН, 1995.

- Головина Г. М., Савченко Т. Н.* Математическая психология // Современная психология: Справочное руководство / Под ред. В. Н. Дружинина. М.: ИНФРА-М, 1999. С. 591–605.
- Грифцова И. Н.* Логика как теоретическая и практическая дисциплина. К вопросу о соотношении формальной и неформальной логики. М.: Эдиториал УРСС, 1998.
- Дюбуа Д., Прад А.* Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике / Пер. с франц. М.: Радио и связь, 1990.
- Журавлев А. Л.* Некоторые тенденции развития психологических исследований в ИП РАН // Материалы итоговой научной конференции ИП РАН (1–2 февраля 2006 г.). М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006. С. 202–214.
- Журавлев А. Л.* Особенности междисциплинарных исследований в современной психологии // Теория и методология психологии. Постнеклассическая перспектива. М.: ИП РАН, 2007. С. 15–32.
- Журавлев Г. Е.* Системные проблемы развития математической психологии. М.: Наука, 1983.
- Забродин Ю. М.* О некоторых направлениях развития отечественной психофизики // Психологический журнал. 1982. Т. 3. № 2. С. 55–69.
- Забродин Ю. М., Лебедев А. Н.* Психофизиология и психофизика. М.: Наука, 1977.
- Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Пер. с англ. М.: Мир, 1976.
- Занковский А. Н.* Организационная психология. М.: Форум, 2009.
- Зейгарник Б. В.* Теория личности К. Левина. М.: Изд-во МГУ, 1981.
- Зинченко В. П.* Идеи Л. С. Выготского о единицах анализа психики (к 85-летию со дня рождения) // Психологический журнал. 1981. Т. 2. № 2.
- Зинченко В. П.* Образ и деятельность. М.: ИПП, 1997.
- Карпенко А. С.* Предмет логики в свете основных тенденций ее развития // Логические исследования. Вып. 11. М.: Наука, 2004. С. 149–171.
- Князева Е. Н., Курдюмов С. П.* Основания синергетики. Синергетическое мировидение. М.: КомКнига, 2005.
- Когнитивные исследования. Сборник научных трудов. Вып. 1 / Под ред. В. С. Соловьева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006.
- Крылов В. Ю.* Об одном стохастическом автомате, асимптотически оптимальном в случайной среде e // Автоматика и телемеханика. 1963. Т. 24. № 9. С. 1226–1228.
- Крылов В. Ю.* Геометрическое представление данных в психологических исследованиях. М.: Наука, 1990.
- Крылов В. Ю.* Психосинергетика как возможная новая парадигма психологической науки // Психологический журнал. 1998. № 3.
- Крылов В. Ю.* Методологические и теоретические проблемы математической психологии. М.: Янус-К, 2000.
- Крылов В. Ю., Дрынков А. В., Савченко Т. Н.* Математические модели принятия решений // Математическая психология: методология, теория, модели. М.: Наука, 1985. С. 168–182.
- Крылов В. Ю., Казанцев А. Ю.* Модель рефлексивного поведения В. А. Лефевра: частные случаи, варианты аксиоматики, возможные обобщения. М.: Изд-во ИП РАН, 1991.

- Крылов В. Ю., Морозов Ю. П.* Кибернетические модели в психологии. М.: Наука, 1984.
- Крылов В. Ю., Цетлин М. Л.* Об играх автоматов // Автоматика и телемеханика. 1963. Т. 24, № 7. С. 975–987.
- Кузнецова Ю. М., Чудова Н. В.* К вопросу о развитии восприятия эмоций // Труды 11-й национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ-2008 (Дубна, 28 сентября–3 октября 2008 г.). М.: Ленанд, 2008. Т. 1. С. 353–360.
- Леонтьев А. Н.* Деятельность. Сознание. Личность. М.: Политиздат, 1975.
- Лепский В. Е.* Концепция субъектно-ориентированной компьютеризации управленческой деятельности. М.: ИП РАН, 1998.
- Лефевр В. А.* Алгебра совести. М.: Когито-Центр, 2003а.
- Лефевр В. А.* Рефлексия. М.: Когито-Центр, 2003б.
- Ломов Б. Ф.* Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984. 2-е изд. М.: Наука, 1999.
- Ломов Б. Ф.* Психическая регуляция деятельности. Избранные труды. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006.
- Мазилев В. А.* Методологические проблемы психологии в начале XXI века // Психологический журнал. 2006. Т. 27. № 1. С. 23–34.
- Мазилев В. А.* Методология психологической науки: история и современность. Ярославль: МАПН, 2007.
- Математическая психология: методология, теория, модели. М.: Наука, 1985.
- Моисеев Н. Н.* Современный рационализм. М.: Изд-во МГВП КОКС, 1995.
- Нариньяни А. С.* НЕ-факторы и инженерия знаний: от наивной формализации к естественной прагматике // Сборник трудов IV-й Национальной конференции по ИИ (КИИ-94, Рыбинск, сентябрь 1994 г.). Тверь: АИИ, 1994. Т. 1. С. 9–18.
- Нариньяни А. С.* НЕ-факторы: краткое введение // Новости искусственного интеллекта. 2004. № 2. С. 52–63.
- Нечеткие гибридные системы. Теория и практика / Под ред. Н. Г. Ярушкиной. М.: Физматлит, 2007.
- Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д. А. Поспелова. М.: Наука, 1986.
- Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. М.: Наука, 1981.
- Парсонс Т.* О структуре социального действия. М.: Академический проект, 2000.
- Петренко В. Ф.* Психосемантика сознания. М.: Изд-во МГУ, 1988.
- Петренко В. Ф.* Основы психосемантики. СПб.: Питер, 2005.
- Петровский А. В.* Личность. Деятельность. Коллектив. М.: ИПЛ, 1982.
- Пиаже Ж.* Избранные психологические труды / Пер. с франц. и англ. М.: МПА, 1994.
- Поспелов Д. А.* О задачах психоники // Вопросы бионики. М.: Наука, 1967. С. 294–297.
- Поспелов Д. А.* Фантазия или наука: на пути к искусственному интеллекту. М.: Наука, 1982.
- Поспелов Д. А.* «Серые» и/или «черно-белые» // Прикладная эргономика. Специальный выпуск «Рефлексивные процессы». 1994. № 1. С. 29–33.
- Поспелов Д. А.* Где исчезают виртуальные миры? // Виртуальная реальность в психологии и искусственном интеллекте. М.: РАИИ, 1998. С. 5–21.
- Поспелов Д. А.* Метафора, образ и символ в познании мира // Новости искусственного интеллекта. 1998. № 1. С. 94–114.

- Поспелов Д. А., Пушкин В. Н.* Мышление и автоматы. М.: Сов. Радио, 1972.
- Пригожин И.* От существующего к возникающему / Пер. с англ. М.: Наука, 1985.
- Проблемы общения в психологии / Под ред. Б. Ф. Ломова. М.: Наука, 1981.
- Психология XXI века / Под ред. В. Н. Дружинина. М.: ПЕР СЭ, 2003.
- Психология и математика. М.: Наука, 1976.
- Психология и синергетика / В. Ю. Крылов, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий. М.: ИПМ, 1990.
- Психологические измерения / Пер. с англ. М.: Мир, 1967.
- Редько В. Г.* Эволюционная кибернетика. М.: Наука, 2001.
- Рогов Е. И.* Психология общения. М.: ВЛАДОС, 2001.
- Рубинштейн С. Л.* Избранные философско-психологические труды: основы онтологии, логики и психологии. М.: Наука, 1997.
- Рябов В. Б.* Команда как организация с эффективной корпоративной культурой // Методы исследования психологических структур и их динамики / Под ред. Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. Вып. 3. М.: Изд-во ИП РАН, 2005. С. 70–87.
- Савченко Т. Н.* Развитие математической психологии // Психологический журнал. 2002. Т. 23. № 5. С. 32–41.
- Савченко Т. Н.* Динамика взаимодействия психических систем: подходы и модели // Психологический журнал. 2007. Т. 28. № 3. С. 45–56.
- Садовский В. Н.* К целостной концепции искусственного интеллекта // Искусственный интеллект и проблемы организации знаний. Сборник трудов. Вып. 8. М.: ВНИИСИ, 1991. С. 4–15.
- Саймон Г.* Науки об искусственном / Пер с англ. М.: Мир, 1972. 2-е изд. (Серия «Науки об искусственном».) М.: УРСС, 2004.
- Сергиенко Е. А.* От когнитивной психологии к психологии субъекта // Психологический журнал. 2007. Т. 28. № 1. С. 17–27.
- Серкин В. П.* Методы психосемантики. М.: Аспект пресс, 2004.
- Синергетика и психология. Тексты. Вып. 1. Методологические вопросы. М.: Изд-во МГСУ Союз, 1997.
- Синергетика и психология. Тексты. Вып. 2. Социальные процессы. М.: Янус-К, 2000.
- Синергетика и психология. Тексты. Вып. 3. Когнитивные процессы. М.: Когито-центр, 2004.
- Синергетический подход к моделированию психологических систем / Под ред. Т. Н. Савченко. М. Изд-во ИП РАН, 1998.
- Солсо Р.* Когнитивная психология / Пер. с англ. СПб.: Питер, 2002.
- Суходольский Г. В.* Математическая психология. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998.
- Суходольский Г. В.* Введение в математико-психологическую теорию деятельности. СПб.: изд-во СПбГУ, 1998.
- Таран Т. А.* Исследование когнитивного пространства личности формальными методами // Сборник научных трудов VII-й национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ'2000 (Переславль-Залесский, 24–27 октября 2000 г.). М.: РАИИ–ИФМЛ, 2000. Т. 1. С. 142–149.
- Тарасов В. Б.* Нечеткость оценок и моделирование субъективных суждений // Психологические механизмы формирования оценочных суждений. Саратов: СГУ, 1989. С. 37–43.

- Тарасов В. Б.* От искусственного интеллекта к искусственной жизни: новые направления в науках об искусственном // *Новости искусственного интеллекта.* 1995. № 4. С. 93–117.
- Тарасов В. Б.* Моделирование психических образов: как совместить дискретное и непрерывное // *Новости искусственного интеллекта.* 1998. № 3. С. 86–100.
- Тарасов В. Б.* Синергетический искусственный интеллект: истоки и перспективы // *Труды Международного конгресса «Искусственный интеллект в XXI веке» (IC-AI'2001, Дивноморск, Россия, 3–8 сентября 2001 г.).* М.: Наука, Физматлит, 2001. С. 559–570.
- Тарасов В. Б.* От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. М.: Эдиториал УРСС, 2002.
- Тарасов В. Б.* НЕ-факторы: от семиотического анализа к методам формализации // *Новости искусственного интеллекта.* 2004. № 2. С. 95–114.
- Тарасов В. Б.* От нечетких множеств к мягким оценкам и синергетическому искусственному интеллекту // *Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2005, Санкт-Петербург, СПбГЭТУ, 27–29 июня 2005 г.).* СПб.: СПбГЭТУ, 2005. С. 24–32.
- Тарасов В. Б.* Логико-лингвистические модели: прошлое, настоящее и будущее // *Искусственный интеллект – проблемы и перспективы. Политехнические чтения. Вып. 7.* М.: Политехнический музей – РАИИ, 2006. С. 48–68.
- Тарасов В. Б., Борисов А. В.* Логическое моделирование когнитивных и коммуникативных характеристик агентов: единый подход // *Труды 10-й национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ-2006 (Обнинск, 25–28 сентября 2006 г.).* Т. 3. М.: Физматлит, 2006. С. 916–928.
- Тарасов В. Б., Смагин С. В.* Диалогика – теоретическая основа изучения взаимодействия агентов в интеллектуальных САПР новых поколений // *Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР».* 2008. № 9 (86). С. 64–73.
- Тарасов В. Б., Чернышев А. П.* О применении нечеткой математики в инженерной психологии // *Психологический журнал.* 1981. Т. 2. № 4. С. 110–122.
- Тарасов В. Б., Шостак А. П.* Нечеткая топология в моделировании когнитивных процессов // *Нечеткие системы: модели и программные средства.* Тверь: Изд-во ТГУ, 1991. С. 43–48.
- Третья Международная конференция по когнитивной науке. Тезисы докладов. Т. 1–2. М.: ХИЦ, 2008.
- Фестингер Л.* Теория когнитивного диссонанса / Пер. с англ. СПб.: Ювента, 1999.
- Финн В. К.* Философские проблемы логики интеллектуальных систем // *Новости искусственного интеллекта.* 1999. № 1. С. 36–51.
- Финн В. К.* Интеллектуальные системы и общество. М.: КомКнига, 2006.
- Фоминых И. Б.* Эмоции как аппарат оценок поведения интеллектуальных систем // *Труды 10-й национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ-2006 (Обнинск, 25–28 сентября 2006 г.).* М.: Физматлит, 2006. Т. 2. С. 687–694.
- Хакен Г.* Синергетика / Пер. с англ. М.: Мир, 1980.
- Хакен Г.* Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии. М.–Ижевск: ИКИ, 2003.

- Холодная М. А.* Психология интеллекта: парадоксы исследования. Томск: Изд-во Томского университета, 1997.
- Цетлин М. Л.* Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М.: Наука, 1969.
- Шадриков В. Д.* Проблемы системогенеза профессиональной деятельности. М.: Наука, 1982.
- Шендяпин В. М., Скотникова И. Г.* Математическое моделирование принятия решений и уверенности при выполнении сенсорных задач // *Новости искусственного интеллекта*. 2006. № 2. С. 5–13.
- Шрейдер Ю. А., Шаров А. А.* Системы и модели. М.: Радио и связь, 1982.
- Ярошевский М. Г.* История психологии. М.: Мысль, 1985.
- Contributions to Mathematical Psychology, Psychometrics, and Methodology / Ed. by G. H. Fischer, D. Laming. Berlin: Springer Verlag, 1994.
- Falmagne J. C.* Mathematical Psychology: a Perspective // *Journal of Mathematical Psychology*. 2005. Vol. 49. P. 436–439.
- Ferber J.* Les systemes multi-agents. Vers une intelligence collective. Paris: Inter Editions, 1995.
- Ginsberg M.* Multivalued Logics: a Unified Approach to Reasoning in AI // *Computer Intelligence*. 1988. Vol. 4. P. 256–316.
- Hoffman A. G.* On the Principles of Intelligence // *Proceedings of the First World Conference on the Fundamentals for Artificial Intelligence (Paris, France, July 1–5, 1991)*. Paris: Masson, 1991. P. 257–266.
- Johnson R.* The Rise of Informal Logic. Newport: Vale Press, 1996.
- Krabbe E. C. W.* Dialogue Logic // *Handbook of the History of Logic*. Vol. 7. Logic and the Modalities in the 20th Century / Ed. by D. M. Gabbay, J. Woods. Amsterdam: Elsevier, 2006. P. 665–704.
- Luce R. D.* The Mathematics Used in Mathematical Psychology // *American Mathematical Monthly*. 1964. Vol. 71. P. 364–378.
- Luce R. D.* Four Tensions Concerning Mathematical Modeling in Psychology // *Annual Reviews on Psychology*. 1995. Vol. 46. P. 1–26.
- Luce R. D.* Several Unresolved Conceptual Problems of Mathematical Psychology // *Journal of Mathematical Psychology*. 1997. Vol. 41. P. 79–87.
- Recent Progress in Mathematical Psychology: Psychophysics, Knowledge Representation, Cognition, and Measurement / Ed. by C. E. Dowling, F. S. Roberts, P. Theuns. Routledge: Psychology Press, 1998.
- Rescher N.* Introduction to Value Theory. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1969.
- Tarasova V. B.* Artificial Meta-Intelligence: a Key to Enterprise Reengineering // *Proceedings of the Second Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE'96) (Sozopol, Bulgaria, September 21–22, 1996)*. Sofia: BAIA, 1996. P. 15–24.
- Trends in Mathematical Psychology / Ed. by E. Degreef, J. van Buggenhaut. Amsterdam: North-Holland, 1984.
- Walton D.* Informal Logic: A Handbook for Critical Argumentation. New York: Cambridge University Press, 1989.

В. Б. Та расов

Wooldridge M. Multiagent Systems: a Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. Cambridge MA: The MIT Press, 1999.

Zadeh L. A. Fuzzy Sets // Information and Control. 1965. Vol. 8. P. 338–353.

Zadeh L. A. Fuzzy Logic, Neural Network and Soft Computing // Communications of the ACM. 1994. Vol. 37. № 3. P. 77–84.

Zadeh L. From Computing with Numbers to Computing with Words – From Manipulation of Measurements to Manipulation of Perceptions // Computing with Words / Ed. by P. P. Wang. New York: Wiley and Sons, 2001. P. 35 – 68.

О проблеме моделирования в психологическом исследовании

В. Н. Нос уленко

В данной работе обсуждаются проблемы психологического эксперимента, рассматриваемого в качестве модели некоторой ситуации взаимодействия человека и среды. Эта ситуация является моделируемым оригиналом, а эксперимент отображает и воспроизводит в более простом виде свойства, взаимосвязи и отношения между ее элементами. Являясь познавательным приемом научного исследования, моделирование направлено на выделение существенных, с точки зрения цели исследования, свойств оригинала. Такая направленность означает приближенный характер конструируемой модели, что требует особого внимания к вопросам полноты учета параметров оригинала.

Применительно к психологическому эксперименту эти вопросы встают особенно остро. Фактически в рамках эксперимента выделяются две группы абстрактных моделей: (1) модели так называемой «объективной» реальности, т. е. модели внешней ситуации, описываемые, как правило, на языке естественных или технических наук, и (2) модели того, как данная ситуация отражается в субъективном мире включенного в нее человека. В последнем случае проявляется теоретическая позиция исследователя-психолога.

Первая группа моделей может быть названа «физическими моделями». Они отражают накопленные в науке данные о закономерностях, существующих в физическом мире. Ко второй группе можно отнести, например, описания образа восприятия, на-зваемых «перцептивными моделями». Задача эмпирического исследования заключается в нахождении закономерных связей между этими двумя группами моделей.

Что касается физической модели, то существует серьезная проблема ее построения или выбора. Ведь с целью сокращения числа параметров, необходимых для анализа, исследователь стремится максимально упростить описание изучаемого явления. Отсюда возникает риск потерять существенные для понимания природы явления элементы. Одновременно в модели могут оказаться те параметры, которые никак не обуславливают свойства оригинала, а их учет в анализе только уводит в сторону понимание сути изучаемого феномена.

1 Работа выполнена при финансовой поддержке российского Гуманитарного Научного Фонда (РГНФ), проект № 08-06-95072а/Чел.

Аналогичная проблема возникает и при выборе перцептивной модели. Следуя определенной исследовательской парадигме, экспериментатор формирует гипотезу о связи между параметрами физической модели и характеристиками перцептивной модели. В случае жестко зафиксированных теоретических построений, появляется риск потери неучтенных в модели связей. Или наоборот, в эксперименте могут быть получены результаты, которые будут следствием «навязывания» испытуемому незначимой для данной ситуации задачи.

Важно отметить, что обычно параметрами сопоставляемых моделей и теоретическими позициями, на которых эти модели построены, определяется вся логика экспериментального исследования. Исходя из этих параметров и теоретических построений выделяются зависимые и независимые переменные в эксперименте, строятся гипотезы и интерпретируются результаты анализа данных. Такая схема не позволяет выявить факторы, которые не были предварительно включены в модельные описания. Ведь в эксперименте сопоставляются «физическая» и «перцептивная» модели, каждая из которых исходно построена исследователем.

Частичный выход из подобного замкнутого круга предлагается в рамках экспериментальной парадигмы воспринимаемого качества, где исходным этапом анализа является содержание перцептивного образа, а перцептивная модель строится на основе характеристик, обнаруженных испытуемым (Носуленко, 2004, 2006, 2007). Задача экспериментатора здесь заключается в построении гипотез о возможной связи характеристик такой перцептивной модели с параметрами физической модели, выбор которых осуществляется по результатам эксперимента.

Рассмотрим подробнее проблему выбора физической и перцептивной моделей, проиллюстрировав возникающие вопросы на примере психофизического анализа.

Проблема выбора физической и перцептивной моделей

Говоря о физической модели, мы имеем в виду то символическое описание воспринимаемого объекта, в котором отражаются закономерные связи и отношения элементов, определяющие его специфику как целого. В самом общем плане физическая модель представляет собой разновидность выделенной Я. А. Пономаревым (1983) «вторичной модели» («модели второго порядка»), которая свойственна знаковой форме отражения действительности. Именно во вторичных моделях сконцентрировано знание о явлениях действительности, накопленное в процессе человеческого развития. Их специфика заключается в том, что «в обществе вторичные модели не являются лишь результатами деятельности отдельного индивида. Они становятся вместе с тем эффектами совместной деятельности людей, их сотрудничества, образуя состав общественно-исторического опыта» (Пономарев, 1983, с. 30), т. е. любое физическое описание так или иначе отражает накопленные в обществе данные о физических закономерностях.

Организуя психологический эксперимент, исследователь выбирает соответствующую физическую модель и на ее основании строит искусственные конструкции, которые становятся предъявляемыми испытуемому объектами. К сожалению, выбор физической модели не сводится к простому обращению к физическим справочникам и измерительным приборам.

Анализируя проблему применительно к области психофизики, Ю. М. Забродин отмечает, что «выбранную физическую модель событий исследователь-психофизик соотносит с характеристиками психического образа, найденными с помощью психологической теории и психологического эксперимента. Однако делая это, психофизик иногда принимает физическую модель за реальность, за действительные события, происходящие в природе, и жестоко ошибается. Ведь сама физическая картина мира и природных событий тесно связана с уровнем развития физической науки» (Забродин, 1985, с. 7).

Таким образом, используя некоторую физическую модель объекта для психологического исследования, мы должны помнить, с одной стороны, о ее относительном, приближенном характере, а с другой – о том, что она строится не оторванно от образного восприятия, а на основании опыта взаимодействия с внешней средой, приобретенного человечеством в процессе эволюции. В то же время «между образом и любыми (в том числе мысленными) моделями имеется одно существенное отличие: модель выбирается, воспринимается, сопоставляется с оригиналом, преобразуется, корректируется, интерпретируется с помощью образов (чувственных и мысленных). Модель как бы извне привносится в процесс познавательной деятельности, а те или иные образы имманентно вырастают из всего процесса взаимодействия субъекта с оригиналом, включая прошлый опыт субъекта» (Тюхтин, 1972, с. 124).

Другими словами, физическая модель как бы «привносится» в процесс познавательной деятельности исследователя, а последний использует заложенные в модели представления об изучаемом объекте для интерпретации получаемых в психологическом эксперименте данных. С целью сокращения числа параметров, необходимых для анализа, экспериментатор вынужден упрощать физическое описание объекта. А упрощая физическую модель, всегда есть риск потерять некоторые ее параметры, которые будут значимы для испытуемого, работающего с оригиналом. Например, пренебрегая параметром длительности звукового объекта, можно потерять данные о его влиянии на идентификацию источника этого звука (Блауэрт, 1979).

Как правило, экспериментатор исходит из того, что выбранное физическое описание содержит именно те параметры оригинала, которые определяют свойства его восприятия испытуемым. Таким образом, принятие исследователем конкретной физической модели предполагает наличие у него определенной концепции о работе перцептивной системы человека, исходя из которой интерпретируются получаемые в эксперименте данные, и, следовательно, определенную экспериментальную парадигму, которая позволит моделировать соответствующие объекты и ситуации.

Трудность заключается в том, что для описания одного и того же объекта может существовать множество не противоречащих современным представлениям физической науки моделей. Эти описания будут отличаться полнотой учтенных в них характеристик, точностью выявленных отношений между характеристиками и т. п. Поэтому, организуя эксперимент, исследователь неизбежно сталкивается с проблемой выбора той модели, которая наиболее полно отражает свойства изучаемого объекта и при этом не является избыточной. А конструируя ту или иную экспериментальную процедуру, он решает задачу выбора того параметра этой модели, которым можно управлять, рассматривая его в качестве независимой переменной.

Например, в психоакустике при изучении бинаурального восприятия часто не разделялась роль временных и фазовых различий между звуками, поступающими справа и слева, в локализации направления на источник звука. Ведь в математическом представлении фазовая и временная задержки звука однозначно связаны. Поэтому в эксперименте обычно применялась технологически более простая процедура бинауральной временной задержки. Соответственно, предполагались единые механизмы слуховой системы для восприятия временных и фазовых сдвигов. Однако более детальные работы позволили выявить существенные различия в особенностях восприятия задержки фронта звука и особенностях оценки человеком фазовых сдвигов. Оказалось, что для формирования слухового образа бинауральный фазовый сдвиг не является эквивалентом бинауральному временному сдвигу даже в ситуациях искусственного тонального звука (Терепинг, 1984), т. е. в физической модели акустического объекта необходимо учитывать оба этих параметра.

Можно привести другой пример. Если исходить из представления о том, что ощущение высоты звука непосредственно связано с его высотой, и пренебречь влиянием интенсивности звучания, окажется невозможно объяснить так называемый «высотный парадокс» (Shepard, 1964, 1983; Risset, 1978). Напомним, что при демонстрации высотного парадокса испытуемому предъявляются последовательно одинаковые циклы изменяющихся по высоте и интенсивности звуков. В экспериментах Р. Ше-парда это изменение происходит дискретно, а у Ж.-К. Риссе – непрерывно. В обоих случаях испытуемые слышат звуки с постоянной тенденцией возрастания или убывания высоты, тогда как изменение основного тона звука одинаково в каждом цикле предъявления.

Проведенные рассуждения приводят к выводу, что основная проблема физической модели связана с тем, что она априорно выбирается исследователем на основании уже имеющихся у него представлений об изучаемом объекте или явлении. При этом она может не содержать всех характеристик оригинала, реально участвующих в изучаемых процессах.

Однако такая же проблема существует и в отношении перцептивной модели. Как уже отмечалось, используя ту или иную физическую модель и следуя соответствующей экспериментальной парадигме, исследователь формирует гипотезу о связи между параметрами физической модели и характеристиками перцептивной модели. Даже в «стерильных» лабораторных условиях такая **исходная** гипотеза является определенной абстракцией (см. представленные выше примеры). Еще труднее **исходно** сформулировать подобную гипотезу при изучении восприятия людьми событий естественного окружения. Их физические модели очень сложны, а предвидеть, какие из составляющих модели будут значимыми в изучаемой ситуации, практически невозможно.

Поэтому необходимо с осторожностью относиться не только к выбору «физической модели», но и к выбору моделей для интерпретации возникающего при восприятии образа. В случае априорного выбора перцептивной модели, на базе жестко зафиксированных теоретических построений, существует риск потери неучтенных в модели связей. Или наоборот, в эксперименте могут быть получены результаты, которые являются следствием «навязывания» испытуемому незначимой для данной ситуации задачи, сформулированной исследователем исходя из собственных представлений о характеристиках перцептивного образа.

Последний случай чреват серьезными ошибками, поскольку создается иллюзия легкости проверки выдвигаемых гипотез. Например, экспериментатор изменил интенсивность звука, а испытуемый, как и предполагалось, отметил на предложенной шкале, что этот звук стал громче или тише. Однако если бы испытуемого просто спросили, как изменился звук, ему бы не пришло в голову указывать на громкость, поскольку в действительности он услышал, что звучание стало, например, «звонче». Жестко следуя упрощенной, часто одномерной физической модели, исследователь оказывается «зашоренным» и при интерпретации получаемых данных. И только выход испытуемого за рамки «навязываемой» экспериментатором инструкции («*Какой из двух звуков является более громким?*») заставляет исследователя искать адекватную трактовку (см., например: Бардин, Садов, Цзен, 1984).

Эти примеры относятся к области психофизики ощущения, где обеспечена максимально возможная «стерильность» экспериментальных условий и экспериментатору легко «обмануться», предположив, что он создал все условия, гарантирующие справедливость выбранных моделей – не говоря уже об исследованиях, в которых используются более сложные объекты, а «стерильность» условий противоречит требованиям экологической валидности эксперимента. Однако и здесь оказывается заманчивым предложить испытуемому некоторый способ выполнения задания, позволяющий получить результаты на языке, предварительно выработанным самим исследователем.

Так, например, в психофизике восприятия распространены методики, в которых испытуемым предлагаются семантические шкалы для оценки различия между некоторыми событиями (при использовании различных модификаций процедур семантического дифференциала). Подобные шкалы представляют собой пример методики «вынужденного выбора»: в большинстве случаев оценка осуществляется в рамках изначально заданных биполярных шкал, т. е. испытуемый в эксперименте вынужден оценивать некоторые события в соответствии с **исходно выбранной исследователем** «семантической моделью» субъективно значимых свойств события. Исследователь предполагает, что при помощи таких шкал оценивания испытуемый будет способен сообщить ему о содержании возникающих при восприятии субъективных образов. Поскольку выбор шкал осуществляется исследователем, вполне вероятно несоответствие между этим выбором и теми характеристиками, которыми испытуемый в действительности хотел бы описать наиболее существенные признаки воспринимаемого объекта. Предлагая (если не сказать – навязывая) варианты ответов и устанавливая жесткие рамки эксперимента, исследователь «помогает» испытуемому успешно выполнить поставленную задачу и, часто, самому себе – проинтерпретировать результаты, ограничив поле анализа областью упрощенных моделей.

Это положение можно проиллюстрировать экспериментальными данными. На рисунке 1 сравниваются результаты оценивания испытуемыми различия между разными шумами, полученные при использовании двух разных методов. В одном случае испытуемому давалась полная свобода в выборе вербальных характеристик для оценивания (СВ – метод свободной вербализации). Из описаний, продуцированных испытуемыми, выделялись существенные признаки, по которым сравнивались конкретные шумы (на данном рисунке речь идет о категории «более высокий»).

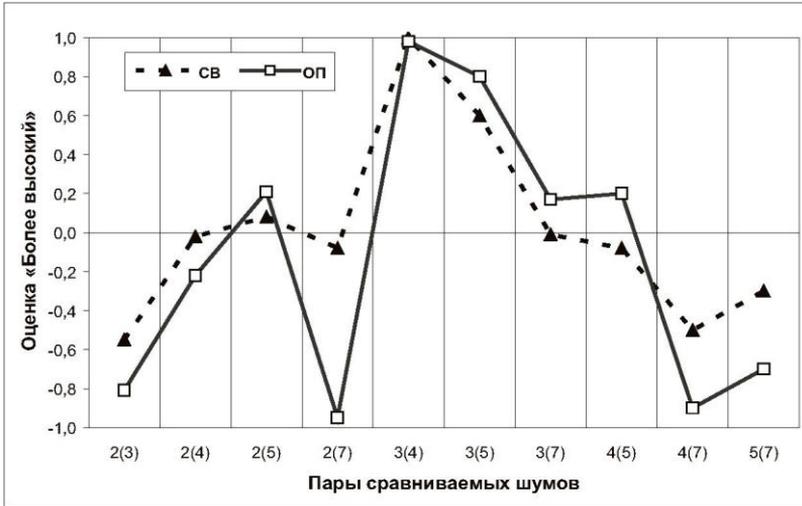


Рис. 1. «Вынужденные» ответы испытуемого в ситуации использования исходно заданных семантических шкал оценивания (Nosulenko, Parizet, Samoilenko, 1998)

В другом случае использовались биполярные семантические шкалы (ОП – оперативная процедура), построенные на основании дескрипторов, используемых испытуемыми при свободной вербализации (Носуленко, 2008; Носуленко, Паризе, 2001; Nosulenko, Parizet, Samoilenko, 1998).

Обратим внимание на оценку различия звуков в паре 2 (7). В ситуации свободной вербализации практически отсутствуют оценки категории «более высокий». В то же время, сравнивая эти же звуки по исходно заданной шкале, испытуемые констатируют относительно высокое различие по этому параметру. Можно предположить, что в условиях свободного выбора параметра оценивания испытуемые не считали нужным сравнивать тенденции различий этих двух звуков в рамках категорий «высокий–низкий». Таким образом, этот параметр был, с точки зрения испытуемого, несущественным для характеристики общего различия между двумя звуками, даже если они и слышали некоторую разницу в высоте звучания. В то же время, при оценке **по исходно заданным** шкалам испытуемые были **вынуждены** оценить это различие, независимо от его «веса» в совокупности других характеристик шума. Ведь им был задан прямой вопрос: «Какой из двух звуков является более высоким?» И они стремились выполнить эту конкретную задачу.

Как мы видим, применение разработанной исследователем «семантической модели» для интерпретации психофизических данных, т. е. использование ее в качестве перцептивной модели, сопряжено с серьезной методологической проблемой. Фактически анализ результатов исследования направлен на сопоставление двух моделей – **физической** и **перцептивной**, – каждая из которых изначально построена исследователем. Эмпирический материал используется для установления связей только между теми параметрами, которые предварительно включены в описания этих двух моделей. Логикой такого априорного выбора физической и перцептивной моделей определяется и экспериментальная парадигма исследования.

О проблеме моделирования в психологическом исследовании



Рис. 2. «Физическая» и «перцептивная» модели в традиционной схеме психологического эксперимента

Экспериментальная парадигма априорного выбора физической и перцептивной моделей

На рисунке 2 представлена схема, иллюстрирующая один из вариантов традиционной (психофизической) парадигмы психологического эксперимента. Она позволяет анализировать положение двух моделей в структуре связей между экспериментатором и испытуемым, а также по отношению к изучаемому оригиналу (взаимодействие между испытуемым и некоторым объектом среды).

Рассмотрим подробнее эту экспериментальную парадигму, основанную на логике априорного выбора сопоставляемых моделей.

Исследователь планирует эксперимент по изучению, например, восприятия человеком некоторого объекта. Этот план основан на допущении, что можно выделить и контролировать в эксперименте некоторые «физические» (акустические, световые, механические и т. п.) параметры объекта. Исходя из такого допущения, исследователь строит гипотезу о тех параметрах объекта, которые следует контролировать или менять в процессе эксперимента. Т. е. еще до проведения эксперимента формируется представление о существенных параметрах объекта. Например, предполагается, что главными параметрами предъявляемого звука являются его интенсивность, частота и длительность, а используемая аппаратура позволяет их менять с заданной точностью. Так экспериментатор строит априорную физическую модель объекта, в соответствии с параметрами которой он организует стимульное предъявление испытуемому.

Одновременно с выбором физической модели исследователь строит некоторую гипотезу о том, как ее параметры будут отражаться в восприятии испытуемого. Например, что при изменении интенсивности предъявляемого звука будет меняться

ощущение его громкости; при изменении частоты – высота звука, а при изменении длительности воспроизведения – воспринимаемая продолжительность звучания. При этом предполагается, что аппаратурная точность контроля за интенсивностью, частотой и длительностью звучания будет существенно превышать пороги восприятия испытуемым минимальных градаций в формируемых звуках.

Построение этой «перцептивной модели» также осуществляется до получения результатов эксперимента. На ее базе формируется экспериментальная задача испытуемому, которая доводится до него посредством инструкции. Обычно эта инструкция представляет собой некоторую «подсказку» испытуемому относительно поведения в эксперименте. Например, испытуемому предлагаются биполярные шкалы для оценки характеристик объекта в разных ситуациях предъявления (процедура семантического дифференциала). В нашем примере самая простая инструкция будет такой: указать различие между предъявляемыми в паре звуками по шкалам «*тихий–громкий*», «*низкий–высокий*», «*короткий–продолжительный*».

В результате исследователь получает экспериментальные данные, представляющие собой, с одной стороны, совокупность информации о характеристиках объекта, ограниченной им самим выбранной физической моделью. С другой стороны, он получает ответы испытуемого, направляемые инструкцией и ограниченные параметрами исходно выбранной «перцептивной модели». Получается замкнутый круг, в котором сопоставление двух моделей возможно только в рамках тех категорий, которые выбрал для этих моделей сам исследователь. Очевидно, что сама логика такого анализа не позволяет обнаружить какие-либо новые факторы, если они не были предусмотрены исследователем.

Для выхода из этого замкнутого круга была предложена экспериментальная парадигма, в которой исходным этапом анализа является содержание перцептивного образа. Это содержание выявляется методами, дающими участнику эксперимента полную свободу. Только определив составляющие перцептивной модели, так называемого «воспринимаемого качества», можно приступать к поиску соответствующих объектов, или их составляющих в «объективном» мире (Носуленко, 2004, 2007).

Экспериментальная парадигма воспринимаемого качества: поиск связи между «перцептивной» и «физической» моделями

В отличие от традиционной парадигмы, здесь ищется соотношение между «объективно» измеренными «субъективными» характеристиками и доступными для измерения или наблюдения характеристиками внешнего мира (качествами естественной среды). В центре внимания оказываются не отдельные характеристики восприятия, а их функциональный интеграл – **воспринимаемое качество** событий, которое определяет систему субъективно значимых его свойств, образующих ядро перцептивного образа. В воспринимаемом качестве отражаются одновременно и свойства события как внешне наблюдаемого явления, и включенность в это событие самого субъекта (Носуленко, 2007).

В парадигме воспринимаемого качества требование получения однозначных зависимостей, связывающих характеристики среды и характеристики ее восприятия, уходит на второй план. Это обусловлено, во-первых, тем, что в динамических ситуациях повседневной жизни человека само существование таких жестких за-

висимостей оказывается под вопросом. Во-вторых, если речь идет о восприятии событий естественной среды человека, то, организуя исследование, экспериментатор уже не вправе рассматривать эти события как «стимулы» в традиционном психофизическом смысле. Реально участнику эксперимента приходится оценивать не изменение какого-либо параметра события, а сравнивать разные события. Тем самым задача анализа связана с выявлением системы субъективно значимых свойств события, его воспринимаемого качества. Это позволяет дифференцировать значимое событие в контексте других, а на основе выявленных характеристик воспринимаемого качества строить гипотезы об ответственности той или иной группы параметров среды за то или иное сочетание субъективных свойств. Разработанные процедуры экспериментального анализа направлены на количественную оценку соотношения между субъективно значимыми характеристиками некоторого объекта и тем самым на определение минимального числа параметров, необходимых для построения перцептивной модели.

Парадигма воспринимаемого качества коренным образом отличается от традиционной парадигмы экспериментального исследования. Отправной точкой для анализа становится «воспринимаемое качество» события как результат его восприятия субъектом, включенным в это событие. Содержание «воспринимаемого качества» является для исследователя основой, позволяющей определить пути «объективного» анализа события и выделить параметры, которые могут быть связаны с составляющими «воспринимаемого качества». При этом сам анализ, предполагающий поиск связи между субъективными характеристиками и характеристиками внешнего мира, не отвергается, а ведется в противоположном, по сравнению с традиционным подходом, направлении: на передний план выходит оценка составляющих «воспринимаемого качества» событий, которая затем соотносится с их наблюдаемыми и измеряемыми характеристиками.

Т. е. отправной точкой для анализа становится не модель события, а восприятие субъекта, результатом которого является «воспринимаемое качество» события (Носуленко, 2006). В воспринимаемом качестве содержатся указания на то, какие элементы объективной реальности являются для субъекта значимыми для составления целостного представления о внешнем мире и для адекватного взаимодействия с ним. Становится возможным выявить ограниченное число «объективных» составляющих внешней среды, которые следует подвергнуть последующему анализу в первую очередь для того, чтобы выработать ограниченный набор гипотез об их связи с составляющими «воспринимаемого качества».

Таким образом, изменяется сама логика проведения эмпирического исследования. Это можно видеть на рисунке 3. Сравним предлагаемую схему анализа с традиционной психофизической схемой исследования, показанной на рисунке 2.

Как видно из рисунка 3, исследователь не строит физическую модель предъявляемого испытуемому объекта априори, а исходит из того, что этот объект является элементом естественного окружения человека. В процессе взаимодействия с этим объектом испытуемый самостоятельно выявляет наиболее значимые в данной ситуации свойства объекта и сообщает об этом экспериментатору. Параллельно с получением от испытуемого этих сообщений экспериментатор контролирует всеми доступными способами характеристики объекта. В результате анализа



Рис. 3. Эмпирическое исследование в рамках парадигмы «воспринимаемого качества»

получаемой совокупности данных он получает, прежде всего, перцептивную модель объекта (количественное соотношение значимых признаков). Затем, сопоставляя объективно измеренные параметры объекта и составляющие перцептивной модели, исследователь строит гипотезу о том, какие из параметров действительно обуславливают содержание перцептивной модели. В конечном итоге строится физическая модель объекта, содержащая только те параметры, которые отражаются на результате взаимодействия испытуемого с этим объектом. Как видим, физическая модель объекта появляется только на последнем этапе анализа, а не на первом, как было показано на рисунке 2.

В рамках такой схемы анализа представленные ранее примеры могут быть проинтерпретированы совсем иначе. Например, результаты экспериментов Шепарда или Риссе уже не могут называться слуховыми иллюзиями. Ведь термин «иллюзия» возник здесь только как результат несоответствия между ожиданиями исследователя и результатом восприятия объекта испытуемым. Согласно исходно выбранной исследователем перцептивной модели, испытуемый должен был воспринимать многократные циклы одинаковых изменений высоты звука – именно потому, что исходная физическая модель описывалась многократными циклами одинаковых изменений частоты звука. Однако в эксперименте испытуемый слышит непрерывное изменение высоты. Другими словами, «иллюзии» оказался подвержен экспериментатор, а не испытуемый. Задача исследователя – найти те недостающие составляющие физической модели, которыми определяется восприятие звукового события как однонаправлено изменяющегося по высоте.

Аналогично можно рассмотреть результаты, описанные в экспериментах по восприятию различий в интенсивности звука (Бардин, Садов, Цзен, 1984). Ведь если исходить из показателей воспринимаемого качества, то неожиданно обнаруженные

авторами «дополнительные признаки» должны оказаться естественными компонентами слухового образа. Испытуемые различали звуки по признакам «остроты–притупленности», «гладкости–шероховатости» и т. д. Выяснив состав наиболее значимых признаков воспринимаемого качества, экспериментатор может строить и проверять гипотезу об их связи с параметрами физической модели, в которую, как нам представляется, войдет и интенсивность звука. Однако связана она будет с признаком «острый» не как с «дополнительным», а как с основным, поскольку в качестве дополнительного его можно интерпретировать только по отношению к тому, что ожидал получить экспериментатор (я изменяю интенсивность – испытуемый должен слышать изменения громкости; все остальное – невыполнение инструкции).

Предлагаемая схема анализа была успешно применена в многочисленных экспериментальных и прикладных работах (Носуленко, 2007; Носуленко, Пари-зе, 2001, 2002; Geissner, 2006; Nosulenko, Parizet, Samoilenko, 1998, 2000; Parizet, Nosulenko, 1999 и др.). Например, при изучении восприятия сложных акустических событий (автомобильных шумов) исходная физическая модель, построенная разработчиками автомобильного двигателя, была откорректирована на базе показателей воспринимаемого качества. Выяснилось, в частности, что из 16 акустических параметров физической модели только шесть участвуют в формировании содержания воспринимаемого качества. Таким образом, набор акустических параметров шумов, представленных разработчиками автомобилей, оказался избыточным. Эксперимент позволил выявить те из них, которые определяют значимые для человека признаки, а также комплексную взаимосвязь различных акустических параметров. Для объективной оценки звука оказалось достаточно проводить измерения только по шести параметрам, а анализируя обнаруженные взаимосвязи, разработчики смогли идентифицировать причины неприятных субъективных ощущений и целенаправленно воздействовать на объективные характеристики шума с целью уменьшить их субъективный эффект (Носуленко, 2007).

Продуктивность такого подхода была продемонстрирована и в более сложных ситуациях анализа связи представлений о некотором объекте, формирующихся у разработчиков этого объекта и у его пользователей (Лалу, Носуленко, Самой-ленко, 2007; Nosulenko, 2008; Nosulenko, Samoilenko, Welinski, 2003). Сделаем некоторое отступление для того, чтобы показать, что проблема априорного выбора физической и перцептивной модели является актуальной и в таких практических областях, как разработка техники.

Логика априорного выбора модели в практике разработки техники

Проблема связи «разработчик–пользователь» не является новой: она оказывается центральной для инженерной психологии, особенно в концепциях, основанных на принципах антропоцентрического подхода (Ломов, 1977; Голиков, Костин, 1996, и др.). Необходимость ее проработки активно декларируется в подходах, ориентированных на пользователя («user oriented approach»), которые определяют общую тенденцию исследований взаимодействия человека и техники (Рабардель, 1999; Norman, 19988; Norman, Drapper, 1986; Rabardel, 1995; Rabardel, Pastré, 2005, и др.). Однако подобные работы ограничены, как правило, задачами психологического и эргономического обеспечения операторской деятельности, а вопросу различия

«языков», на которых описывается отношение разработчиков и пользователей одних и тех же объектов среды, уделяется недостаточно внимания. В то же время это различие весьма принципиально.

Разработчик представляет создаваемый продукт на языке его «физической модели», т. е. в терминах измеряемых параметров объекта. При этом он строит некоторую гипотезу о том, как каждый из параметров будет проявляться в ситуации использования продукта конкретным потребителем (т. е. его априорную «перцептивную модель»). На основании этой гипотезы он разрабатывает инструкцию пользователю, создает органы управления устройства, организует рекламную кампанию и т. д.

Пользователь же основывается совсем на других представлениях. Для него предлагаемый разработчиком продукт является прежде всего объектом удовлетворения своих потребностей. Поэтому значимые признаки «перцептивной модели», формирующейся у пользователя, вряд ли будут прямо связаны с параметрами физической модели объекта, так, как это было у разработчика. Представления пользователя характеризуются предметным либо эстетическим содержанием, которое описывается совокупностью перцептивных характеристик и субъективных оценок, в зависимости от конкретных ожиданий и задач индивида.

На практике подобная логика моделирования при создании новых устройств может приводить к существенным ошибкам. Особенно это относится к области информационных и коммуникационных технологий, для которых главной тенденцией последнего времени стало их лавинообразное проникновение в повседневную жизнь человека. Увлекаясь технической стороной дела, разработчики новых устройств или систем часто упускают из вида непосредственные потребности и задачи людей, которые станут пользователями создаваемых систем. К сожалению, обычной становится ситуация, в которой потребителю «навязывается» устройство с функциями и параметрами, отражающими изначальное представление разработчика о том, что является в этом устройстве самым существенным. В условиях технологической гонки разработчик редко находит возможность реально учесть потребности и задачи пользователя на стадии создания устройства.

Примеры таких ошибок мы давали в наших работах по изучению восприятия и деятельности людей в среде современных информационных и коммуникационных технологий, т. е. в расширенной среде (Лалу, Носуленко, Самойленко, 2007; Носуленко, 2007; Nosulenko, Samoylenko, Welinski, 2003). Напомним один из этих примеров, касающийся проблемы использования людьми новых коммуникационных средств, встроенных в естественную среду деятельности.

Изучались особенности взаимодействия посетителей массового научного события, в котором участвовало более 3 тысяч человек. Для его участников были организованы стенды с результатами научных разработок, семинары и конференции, места для развлечения детей, кафетерий и т. п. Включенные в этот контекст новые интерактивные системы должны были, по замыслу разработчиков, «оживить» общую обстановку события.

Одно из таких устройств, условно названное «индикатором настроения» (ИН), было установлено у входа в здание и представляло собой большой экран. На этом экране показывались абстрактные световые паттерны, иллюстрирующие общее «настроение» и активность публики, находящейся в помещении. Содержание пат-

тернов формировалось в реальном времени путем интервьюирования посетителей. В результате обработки интервью на ИН возникало изображение, соответствующее выбору большинства опрошенных посетителей. Тем самым, в соответствии с гипотезой разработчика, предполагалось создать у нового посетителя установку для активного включения в ситуацию массового события. Иными словами, функция ИН заключалась в организации опосредствованного общения между посетителями в форме «обмена образами» о происходящем (Ломов, 1975, 1984). Устройство должно было выполнять коммуникативную функцию для обогащения целостного восприятия события его участниками. А информацию о состоянии события давали уже находящиеся в помещении посетители. Предполагалось, что посетителей будет привлекать установленный перед входом экран с демонстрируемыми на нем паттернами.

Однако результаты исследования показали, что ИН плохо встраивается с систему задач, с которыми приходят посетители и, как следствие, не находит применения. В целом пришлось констатировать неудачу в использовании предложенного конструкторами устройства: оно не было принято пользователями. Те характеристики и функции устройства, которые предполагались разработчиками как существенные и, соответственно, определяли параметры, которыми манипулировали организаторы мероприятия, не отвечали потребностям посетителей. Однако посетители допускали, что устройство окажется полезным, если будет применяться для решения задач, непосредственно связанных с коммуникативными действиями. Для проверки этого предположения было организовано другое исследование, в котором анализировалось использование ИН в контексте распределенной совместной деятельности.

Во второй изучаемой ситуации рассматривалась возможность применения ИН для решения задач, непосредственно связанных с коммуникативными действиями, при наличии общей для группы людей цели использования устройства (подробнее см.: Лалу, Носуленко, Самойленко, 2007). Два ИН были установлены в разных помещениях: одно в IPSI (Дармштадт, ФРГ), а второе – в Лаборатории Когнитивного Дизайна (LDC, Кламар, Франция). Они были включены в единую систему с другими средствами коммуникации (видеоконференция, электронная почта, телефон, и т. д.). На экране отображались символы, соответствующие каждому присутствующему участнику совместной деятельности. Кроме того, устройство позволяло оценить общее «настроение» в лаборатории партнера, а также выполняло функцию вызова партнера для общения.

Таким образом, ИН выполнял здесь функции, необходимые для решения задач группой индивидов, объединенных общей целью. Его параметры обеспечивали конкретные возможности совместной деятельности (идентифицировать партнера, оценить его занятость, оценить общую обстановку в лаборатории партнера, послать вызов на телеконференцию и т. д.). Устройство облегчало координацию совместных действий членов группы, находящихся в разных лабораториях.

В данном случае было зарегистрировано лучшее соответствие представлений разработчика о том, какие параметры устройства являются существенными, с тем, как это устройство воспринималось и применялось пользователями. Отметим, что сама идея организации второй ситуации исследования возникла вследствие провала использования системы в первой ситуации. Первый цикл исследований

в действительности оказался этапом тестирования оборудования, на котором уже не представлялось возможным адаптировать его характеристики задачам пользователя: они были исходно заданы разработчиком. Очевидно, что если бы была организационная возможность оценить ожидания потребителей на стадии разработки устройства, то отпала бы сама необходимость анализа первой ситуации. Мы неоднократно указывали на необходимость и экономическую целесообразность такой включенности исследователя в процесс проектирования (Барабанщиков, Носуленко, 2004; Лалу, Носуленко, 2005; Носуленко, 2007; Lahlou, Nosulenko, Samoy-lenko, 2002; Nosulenko, Samoylenko, 2001).

Рассмотрим описанный пример в терминах схемы, представленной на рисунке 2.

Ситуация 1. Разработчик создал объект (ИН) исходя из гипотезы о его значимых параметрах, которая позволяет описать объект в терминах «физической модели». Среди этих значимых параметров можно выделить, например, дискретный ряд изображений и предопределенную закономерность их предъявления на экране, в зависимости от субъективных оценок реальных участников происходящего события. Создавая ИН, разработчик ожидал также, что устройство будет способствовать вовлечению в происходящее вновь приходящих посетителей, т. е. строил «перцептивную модель» ИН исходя из гипотезы о его воспринимаемых признаках. Согласно этой модели, посетитель, взглянув на экран, мог оценить ситуацию, например, по следующим шкалам: «*мало присутствующих – много присутствующих*», «*плохое общее настроение – хорошее общее настроение*», «*низкая активность присутствующих – высокая активность присутствующих*» и т. д. Предполагалось, что последующие действия посетителя будут определяться этой, предварительно сформированной оценкой.

Как уже говорилось, ожидания разработчика оказались совершенно неоправданными. Устройство не смогло выполнить свою коммуникационную функцию (передачи вновь приходящим «сообщений» от уже посетивших мероприятие) просто потому, что посетители не нуждались в той информации, которую ИН транслировал. Для них актуальными были такие вопросы, как «*где находится такой-то стенд*», «*как мне найти такого-то специалиста*», «*где и когда пройдет такая-то конференция*» и т. д. Таким образом, очевидно несоответствие перцептивной модели, исходно построенной разработчиком, и общих ожиданий приходящих на мероприятие посетителей.

Ситуация 2. Физическая модель модифицированного ИН описывалась в тех же параметрах, что и для первой ситуации. Однако контекст, в который было поставлено устройство, позволял связать гипотезу о воспринимаемых признаках объекта с реальными задачами выполняемой людьми деятельности. Устройство отвечало на актуальные вопросы: «*доступен ли для связи мой партнер*», «*какое общее настроение в лаборатории партнера*» и т. д. Как показали результаты исследования, эта функция была реально затребована работниками в процессе взаимодействия, следствием чего было активное использование ИН по назначению (подробнее см.: Лалу, Носуленко, Самойленко, 2007).

Таким образом, анализ составляющих воспринимаемого качества пользовательских функций новых коммуникационных средств позволил направить дальнейшее действия разработчиков так, чтобы устройство нашло реальное применение-

ние. Разработчикам было продемонстрировано, что исходная «физическая модель» устройства не содержала параметров, которые соответствовали бы составляющим воспринимаемого качества (ожидаемых разработчиками «коммуникативных» компонентов не было в составе воспринимаемого качества у участников эксперимента).

Мы показали проблемы, связанные с исходным моделированием различных составляющих взаимодействия человека и среды в процессе психологического анализа. Был приведен также пример трансляции логики такого моделирования в область создания новой техники, когда разработчик выступает в роли «экспериментатора», а пользователь становится «испытуемым» для тестирования разработанного продукта. В обоих случаях получение новых результатов или создание нужного для пользователя товара оказываются ограничены замкнутым кругом: в первом случае исследователь сравнивает разработанные им самим физическую и перцептивную модели, во втором – разработчик сравнивает физическую модель созданного им устройства и перцептивную модель, построенную в терминах им же самим ожидаемых оценок пользователя.

Воспринимаемое качество как инструмент психологического исследования позволяет оценивать события естественной среды путем выявления и количественного сопоставления их значимых для субъекта составляющих. Психофизическая линия анализа воспринимаемого качества направлена на установление соотношения между «перцептивной моделью» и «физической моделью» изучаемых феноменов. Особого внимания к методической части исследования требуют одновременно обе эти стороны.

Триангуляция как условие практического применения парадигмы воспринимаемого качества

Построение перцептивной модели воспринимаемых событий базируется прежде всего на использовании методов анализа вербальных данных и специальных процедур получения таких данных в процессе проведения исследования (Носуленко, 2007; Носуленко, Самойленко, 1995; Самойленко, 1986, 1987; Nosulenko, Samoylenko, 1997, 2001). Эффективное использование этих методов невозможно без их интеграции с другими методами и процедурами. Такая тенденция использования системы методических процедур и исследовательских подходов (**триангуляция**) очевидно наметилась в современных работах, осуществляемых в области наук о человеке (см., например: Apostolidis, 2003; Creswell, 2002; Massey, 1994; Olsen, 2004).

Напомним, что триангуляция представляет собой сочетание нескольких исследовательских методологий при изучении одного и того же феномена. Изначально триангуляция использовалась в социологии, но постепенно распространилась и на сферу психологического знания. Она может применяться как при количественном, так и при качественном анализе данных. Эта методическая стратегия, являясь некоторой альтернативой традиционным критериям валидности и надежности, позволяет обеспечить более достоверный уровень анализа качественных данных. В большинстве случаев цель триангуляции состоит в том, чтобы получить подтверждение результатам с помощью сравнительного анализа разных подходов к их изучению.

Выделяют следующие основные виды триангуляции: (а) **триангуляция данных**, касающихся времени, пространства и индивидов; (б) **триангуляция исследователей**, выражающаяся в участии в наблюдении не одного, а нескольких исследователей; (в) **теоретическая триангуляция**, заключающаяся в использовании более чем одной теоретической схемы при интерпретации психологических феноменов; (г) **методическая триангуляция**, выражающаяся в использовании более чем одного метода исследования; (д) **множественная триангуляция**, выражающаяся во включении в рамки одного исследования нескольких наблюдателей, теоретических ракурсов рассмотрения, источников данных и методов исследования.

Все эти виды триангуляции широко применяются нами при организации эмпирических исследований с позиции воспринимаемого качества. Хорошая перспектива вырисовывается в связи с применением аппарата и методов многомерного анализа. Содержание воспринимаемого качества позволяет интерпретировать, например, оценочные шкалы, полученные методами многомерного шкалирования. Это было показано в одной из наших работ (Parizet, Amari, Nosulenko, Lorenzon, 2005). Но возможно и обратное направление исследования: выявление этими методами соответствующих шкал и осей оценивания по результатам обработки вербальных данных. Предложенная процедура кодирования вербальных данных делает возможным их количественное сопоставление в рамках общего описания конкретных событий, а значит, к таким данным может быть непосредственно применен аппарат многомерного анализа (Носуленко, 2007).

Положение о том, что результаты анализа вербальных данных являются отправным пунктом для измерения субъективно значимых характеристик событий, предъявляет высокие требования не только к методам обработки текстового материала, но и ко всей совокупности процедур **получения** информации об изучаемых феноменах. Условием контроля валидности получаемых в исследовании вербализаций является одновременный анализ внешне наблюдаемых данных, относящихся как к воспринимаемым событиям, так и к характеристикам деятельности испытуемых. Что, в свою очередь, предъявляет особые требования к методам сбора, регистрации и анализа таких данных и интегрированию этих методов вместе с методами вербального анализа в единую систему обеспечения эмпирического исследования.

Разработанная в этой связи парадигма «экспериментальной реальности» является одной из возможностей такого обеспечения исследования (Лалу, Носуленко, 2005; Lahlou, Nosulenko, Samoilenko, 2002). Сочетание наблюдения в естественных условиях и эксперимента, который не меняет привычную активность испытуемого, оказалось возможным и вполне продуктивным. Однако в результате непрерывного полипозиционного наблюдения собирается огромный объем информации, полная обработка которой практически невозможна. Решение этой проблемы видится в применении стратегии «обратной реконструкции», которая позволяет обращаться не ко всем данным, а только к той их части, которая необходима для решения конкретной исследовательской задачи. Стратегия «обратной реконструкции» направлена на обеспечение возможности восстановления по уже собранным данным всех событий, с которыми может быть связано некоторое конкретное событие. Она

позволяет изучать непредвиденные события: как только идентифицирована некоторая проблема, можно выявить ее причины, а также обнаружить все сходные ситуации в прошлом и осуществить системный анализ этой комплексной информации. Такая стратегия является достаточно эффективной, однако требует специальных усилий и ресурсов для организации доступа к данным, собираемым в различных исследовательских ситуациях.

Предложенная исследовательская парадигма открыта для интеграции разных методов, в том числе разработанных в смежных с психологией областях знания. Особая перспектива видится в обращении к исследованиям в области психофизиологии, которые могут дать новый ракурс интерпретации получаемых результатов, в частности, через анализ невербальной коммуникации, оценку эмоциональной составляющей в организации поведения и др.

Резюмируя, отметим наиболее важные, с нашей точки зрения, проблемы моделирования в экспериментальном исследовании.

Во-первых, это проблема выбора или построения физической модели внешней среды. Основная трудность здесь видится в **априорном выборе** параметров модели, необходимых и достаточных для решения поставленных в исследовании задач.

Во-вторых, существует проблема выбора перцептивной модели и построения гипотезы о связи ее компонентов с параметрами физической модели. Жесткость **изначально** сформулированных теоретических построений связана с риском навязывания испытуемому незначимой для изучаемой ситуации задачи.

Таким образом, **априорный выбор** физической и перцептивной моделей приводит к замкнутому кругу: анализ ведется в направлении сопоставления двух моделей, построенных самим исследователем.

Частичный выход из этого замкнутого круга возможен в рамках экспериментальной парадигмы воспринимаемого качества, где исходным этапом анализа является содержание перцептивного образа, а перцептивная модель строится на основе характеристик, предложенных испытуемым. Задача экспериментатора заключается в построении гипотез о возможной связи этих характеристик с параметрами физической модели, выбор которых осуществляется по результатам эксперимента.

Практическое использование парадигмы воспринимаемого качества требует применения стратегии триангуляции, прежде всего методической, теоретической и триангуляции данных.

Литература

- Барабанищikov В. А., Носуленко В. Н.* Системность, восприятие, общение. М.: ИП РАН, 2004.
- Блауэрт Й.* Пространственный слух. М.: Связь, 1979.
- Голиков Ю. Я., Костин А. Н.* Психология автоматизации управления техникой. М.: ИП РАН, 1996.
- Ладу С., Носуленко В. Н.* «Экспериментальная реальность»: системная парадигма изучения и конструирования расширенных сред // Идея системности в современной психологии. М.: ИП РАН, 2005. С. 433–468.

- Лалу С., Носуленко В. Н., Самойленко Е. С.* Средства общения в контексте индивидуальной и совместной деятельности // *Общение и познание*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 407–434.
- Ломов Б. Ф.* О путях построения теории инженерной психологии на основе системного подхода // *Инженерная психология* / Под ред. Б. Ф. Ломова, В. Ф. Рубахина, В. Ф. Венда. М.: Наука, 1977. С. 31–54.
- Ломов Б. Ф.* Категории общения и деятельности в психологии // *Вопросы философии*. 1979. № 8. С. 34–47.
- Ломов Б. Ф.* Особенности познавательных процессов в условиях общения // *Психологический журнал*. 1980. № 5. С. 26–42.
- Ломов Б. Ф.* Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984.
- Ломов Б. Ф.* Проблема образа в психологии // *Вестник АН СССР*. 1985. № 6. С. 85–92.
- Носуленко В. Н.* Психофизика сложного сигнала: проблемы и перспективы // *Психологический журнал*. 1985. Т. 7. № 2. С. 73–85.
- Носуленко В. Н.* Психология слухового восприятия. М.: Наука, 1988.
- Носуленко В. Н.* Психофизика восприятия естественной среды: Дис. ... докт. психол. наук. М.: ИП РАН, 2004.
- Носуленко В. Н.* Психофизика восприятия естественной среды: смена парадигмы экспериментального исследования // *Эпистемология & Философия науки*. 2006. Т. VII. № 1. С. 89–92.
- Носуленко В. Н.* Психофизика восприятия естественной среды. Проблема воспринимаемого качества. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007.
- Носуленко В. Н., Паризе Е.* Свободная вербализация и оперативная методика: перспективы практического применения // *Антология современной психологии конца XX века*. Казань, 2001. С. 182–196.
- Носуленко В. Н., Паризе Е.* Особенности восприятия шума автомобилей с дизельным двигателем // *Психологический журнал*. 2002. № 1. С. 93–100.
- Носуленко В. Н., Самойленко Е. С.* Вербальный метод в изучении восприятия изменений в окружающей среде // *Психология и окружающая среда*. М.: ИП РАН. 1995. С. 11–50.
- Пономарев Я. А.* Методологическое введение в психологию. М.: Наука, 1983.
- Рабардель П.* Люди и технологии. Когнитивный подход к анализу современных инструментов. М.: ИП РАН, 1999.
- Рубинштейн С. Л.* Бытие и сознание. М.: АН СССР, 1957.
- Рубинштейн С. Л.* О мышлении и путях его исследования. М.: АН СССР, 1958.
- Рубинштейн С. Л.* Принципы и пути развития психологии. М.: АН СССР, 1959.
- Рубинштейн С. Л.* Проблемы общей психологии. М.: Наука, 1973.
- Рубинштейн С. Л.* Принцип творческой самостоятельности // *Вопросы психологии*. 1986. Т. 31. № 4. С. 101–107.
- Самойленко Е. С.* Операция сравнения при решении когнитивно-коммуникативных задач: Дис. ... канд. психол. наук. М.: ИП АН. 1986.
- Самойленко Е. С.* Сравнение в решении когнитивно-коммуникативных задач // *Вопросы психологии*. 1987. № 3. С. 128–132.

- Терепинг А. А.* Восприятие бинауральных фазовых сдвигов // Психологический журнал. 1984. Т. 5. № 1. С. 79-84. *Тюхтин В. С.* Отражение, системы, кибернетика. М.: Наука, 1972. *Философский словарь* / Под ред. М. М. Розенталя, П. Ф. Юдина. М.: Изд-во Политической литературы, 1963. *Apostolidis T.* Représentations sociales et triangulation: enjeux théorico-méthodologiques // Méthodes d'étude des représentations sociales / Ed. J.-C. Abric. Ramonville Saint-Agne: Erès. 2003. P. 13-35. *Abulkhanova K. A.* Le sujet de l'activité ou la théorie de l'activité selon S. L. Rubinstein // Rubinstein aujourd'hui. Nouvelles figures de l'activité humaine. Toulouse-Paris: Octarès-Maison des Sciences de l'Homme. 2007. P. 83-128. *Cicourel A. V.* Method and Measurement in Sociology. Glencoe: The Free Press, 1964. *Garfinkel H.* Remarks on Ethnomethodology // Ed. by J. J. Gumperz, D. Hymes. Directions in Sociolinguistics. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1972. *Geissner E.* Perception du bruit extérieur d'un véhicule urbain de livraison. Thèse de Doctorat. Lyon: INSA, 2006. *Creswell J. W.* Research design: qualitative, quantitative, and mixed method approaches. Thousand Oaks, Calif.; London: Sage Publications, 2002. *Lahlou S., Nosulenko V., Samoylenko E.* Un cadre méthodologique pour le design des environnements augmentés // Informations sur les Sciences Sociales. 2002. Vol. 41. № 4. P. 471-530. *Massey A.* Methodological Triangulation, Or How To Get Lost Without Being Found Out // Explorations in methodology, Studies in Educational Ethnography / Ed. by A. Massey, G. Walford. Stanford: JAI Press, 1994. Vol. 2. P. 183-197. *Norman D. A.* The Psychology of Everyday Things. New York: Basic Books. 1988. *Norman D. A., Draper S.* (eds.). User centred system design: New perspectives in Human Computer Interaction. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1986. *Nosulenko V., Samoylenko E.* Approche systémique de l'analyse des verbalisations dans le cadre de l'étude des processus perceptifs et cognitifs // Informations sur les Sciences Sociales, 1997. Vol. 36. № 2. P. 223-261. *Nosulenko V., Samoylenko E.* Evaluation de la qualité perçue des produits et services: approche interdisciplinaire // International Journal of Design and Innovation Research. 2001. Vol. 2. P. 35-60. *Nosulenko V., Samoylenko E.* Observation and Evaluation. Detailed Description of Protocols and Methods // Ambient Agoras: Dynamic Information Clouds in a Hybrid World. Ivrea: IST. 2003. P. 161-202. *Nosulenko V., Samoylenko E., Welinski P.* Hello Wall and Videomaton User Experience. Observation and Evaluation // Ambient Agoras: Dynamic Information Clouds in a Hybrid World. Ivrea: IST, 2003. P. 203-279. *Nosulenko V., Parizet E., Samoylenko E.* La méthode d'analyse des verbalisations libres: une application a la caractérisation des bruits de véhicules // Informations sur les Sciences Sociales. 1998. Vol. 37. P. 593-611. *Nosulenko V., Parizet E., Samoylenko E.* Différences individuelles de perception de bruits de véhicules a moteur diesel // Revue française de marketing. 2000. Vol. 4-5. P. 157-165.

В. Н. Носуленко

- Parizet E., Nosulenko V.* Multi-dimensional listening test: Selection of sound descriptors and design of the experiment // *Noise Control Engineering Journal*. 1999. Vol. 47. № 6. P. 27–232.
- Olsen W.* Triangulation in Social Research: Qualitative and Quantitative Methods Can Really Be Mixed // *Developments in Sociology*. Ormskirk: Causeway Press, 2004.
- Rabardel P.* Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains. Paris: Armand Colin, 1995.
- Risset J.-C.* Paradoxes de hauteur // *Rapp. IRCAM*. 1978. № 10.
- Shepard R. N.* Circularity of judgements of relative pitch // *J. Acoust. Soc. Amer.* 1964. Vol. 36. P. 1021–1029.
- Shepard R. N.* Demonstrations of circulate components of pitch // *J. Audio Eng. Soc.* 1983. Vol. 31. № 9. P. 641–649.

РАЗДЕЛ II

ИЗМЕРЕНИЯ В ПСИХОЛОГИИ

**Математические методы обработки данных
в психологических исследованиях: новые методы
кластерного анализа на основе психологической теории
развития понятий Л. С. Выготского**

В. Ю. Крылов, Т. В. Острякова

На основе психологической теории развития понятий Л. С. Выготского разработаны новые методы кластерного анализа. Для таких стадий образования понятий, выделенных Выготским, как ассоциативный комплекс, цепной комплекс, комплекс-коллекция, предложены соответствующие алгоритмы образования кластеров, а именно ассоциативного, цепного, кластера-коллекции и некоторых их обобщений.

Показано применение новых методов кластерного анализа для изучения структуры отношений между членами малой социальной группы.

Обычно математические методы в психологии разрабатываются для решения какой-либо задачи психологического исследования. Однако возможен и другой («обратный») путь – применение психологической теории для разработки нового математического метода.

Так, психологическая теория мышления, описывающая реальные механизмы мышления при решении какого-либо класса задач, может стать основой для разработки алгоритма анализа данных при решении задач этого класса. В этом утверждении нет ничего нового или тем более парадоксального, так как оно является лишь частным случаем реализации бионического принципа.

Психологическая теория развития понятий Выготского является сравнительно редким примером теории, на основе которой может быть разработан новый математический метод кластерного анализа.

Как известно, задачей подобного анализа является разбиение множества объектов на группы (кластеры) в соответствии с расстоянием между объектами, заданным на этом множестве. Образование понятий на множестве объектов является задачей, весьма близкой к кластерному анализу. Для того чтобы выделить на множестве объектов какое-нибудь понятие, нужно по какому-либо признаку провести разбиение всего множества объектов на две группы: относящихся к данному понятию и не относящихся к нему. Л. С. Выготский в своей работе «Мышление и речь» (1982, глава 5) описывает различные генетические ступени развития понятий: от выделения неоформленного и неупорядоченного множества у ребенка раннего возраста до образования псевдопонятий и, наконец, научных понятий у подростка-1. Статья напечатана в: Психологический журнал. 1995. Т. 16. № 1.

ков. Он выделяет при этом такие стадии образования понятий, как ассоциативный комплекс, комплекс-коллекция, цепной и диффузный комплексы и т. д. Хотя все эти формы являются промежуточными переходными формами к выработке научных понятий, Л. С. Выготский отмечает, что многие из них остаются у взрослого человека и сосуществуют с развитыми формами образования научных понятий.

Представляется возможным написание формального алгоритма образования ряда из описанных им комплексов, таких, например, как ассоциативный, цепной и т. д. Но каждый такой алгоритм можно рассматривать как своеобразный метод кластерного анализа. В соответствии с этим задачами настоящего исследования являются:

- 1 Формальное описание ситуации образования понятий, рассмотренной в работе Выготского.
- 2 Написание алгоритмов кластерного анализа, формализующих процесс образования различных форм понятий, описанных Выготским, т. е. разработка новых методов кластерного анализа, которые по аналогии с терминологией ученого могут быть названы методами ассоциативного кластерного анализа, цепного кластерного анализа и т. д.
- 3 Написание компьютерных программ для обработки данных новыми методами кластерного анализа.
- 4 Поиск примеров содержательных задач, для которых было бы разумным применение этих новых методов кластерного анализа, а также проведение соответствующих экспериментов и обработка данных новыми методами.

Описание простейших вариантов новых методов кластерного анализа

В работе «Мышление и речь» Выготский описывает различные генетические ступени развития понятий. В частности, он выделяет в качестве одного из важнейших этапов образования комплексов, являющихся прообразами научных понятий. Он пишет, что в основе комплекса лежат фактические связи между объектами, устанавливаемые в непосредственном опыте. Поэтому такой комплекс представляет собой прежде всего конкретное объединение предметов на основании их фактической близости друг к другу.

Выготский выделяет также такие стадии образования понятий, как ассоциативный комплекс, цепной, комплекс-коллекция, диффузный и др.

Важно сразу же отметить, что во всех типах комплексов возможны любые ассоциативные связи, причем их характер может быть совершенно различным между различными парами элементов при образовании одного и того же комплекса. Так что важнейшей особенностью ситуации образования комплексов различных типов является множественность типов ассоциативных связей между элементами, объединяемыми в комплекс. Заметим, что в качестве частного случая различий между элементами может выступать различие между этими элементами по какому-либо критерию. В кластерном анализе различие между элементами представляется (моделируется) расстоянием.

Так как было отмечено, что характер связей в ассоциативном комплексе может быть различным, то формализацией этой особенности является задание на одном

и том же множестве элементов нес кольких различных типов попарных расстояний (или различий) между элементами.

Приведем пример такой ситуации.

Пусть предметом изучения являются отношения между членами некоторой малой группы, например, производственного коллектива, научной лаборатории или учебной группы. Для одной и той же группы может быть выделено несколько типов отношений, например, производственные, личные, общность увлечений и т. д. Тогда для той же группы экспериментально выявляется структура отношений каждого типа и для него строится матрица попарных расстояний (или близости) между членами группы по каждому данному типу отношений.

Формальное описание ситуации сводится к следующему. Задано множество M элементов A_1, A_2, \dots, A_n и множество типов попарной близости этих элементов. Пусть количество этих типов m . Различные типы близости отличаются друг от друга тем, что каждый – близость по какому-либо качеству, присущему всем элементам множества. Таким образом, выделено m качеств у каждого элемента и сравнение (вычисление расстояний или различий) производится по каждому из m качеств, что и дает m типов близости элементов.

Для каждого типа близости элементов задана матрица попарных расстояний (или различий), отражающая структуру множества элементов m по отношению к данному типу близости. Всего должно быть задано m таких матриц.

Покажем теперь, как в рамках данной формальной схемы могут быть описаны алгоритмы образования комплексов различных типов.

1. Ассоциативный кластер. Характеризуя ассоциативный комплекс, Выготский прежде всего выделяет элемент, который будет об разовывать его ядро. Потом остальные элементы объединяются с ядром, причем каждый раз соответствующая связь может быть своего типа.

Выготский отмечает следующую характерную особенность ассоциативного комплекса: «Элементы могут быть вовсе не объединены между собой. Единственным принципом их обобщения является их фактическое родство с основным ядром комплекса. Связь, объединя ющая их с этим последним, может быть любой ассоциативной связью» (1982, с. 142).

Дадим описание простейшего варианта алгоритма образования ассоциативного кластера в терминах приведенной выше формальной схемы. Сначала из заданного множества M элементов выбирается один, который будет играть роль ядра ассоциативного кластера. Ясно, что можно построить столько ассоциативных кластеров, сколь ко элементов в множестве M , выбирая поочередно в качестве ядра все элементы множества.

Итак, выберем один элемент A_k . Далее, по каждому качеству (т. е. для каждой матрицы расстояний) выбирается элемент, ближайший к элементу A_k . Всего таким образом выбирается m элементов или большее число, если по каким-либо качеств вам имеется два или более элементов, отстоящих от A_k на одно и то же минимальное по этому качеству расстояние.

Совокупность элемента A_k ядра и всех таким образом выбранных ближайших к нему элементов по каждому качеству и составляет ассоциативный кластер.

Описанный алгоритм является простейшим для образования ас социативного кластера. Возможны и более сложные алгоритмы: например, если с самого начала в качестве ядра ассоциативного кластера выбирать не один элемент, а несколько. Такой вариант кластерного анализа мы будем называть обобщенным ассоциативным кластером. Опишем алгоритм его образования более подробно.

Сначала выбирается множество элементов, которые все вместе будут составлять ядро обобщенного ассоциативного кластера. Далее по каждому качеству выбираются для каждого элемента ядра все элементы, ближайšie по выбранному качеству, и для всех элементов ядра фиксируются величины этих минимальных расстояний. Затем из всех расстояний выбирается наименьшее и берутся только те элементы, которые от какого-либо элемента ядра находятся на минимальном расстоянии. Эта процедура повторяется для всех качеств. При выполнении ее в переборе элементов, естественно, не участвуют те, что составляют ядро кластера. Совокупность элементов ядра и всех элементов, выбранных в соответствии с описанной процедурой, и является обобщенным ассоциативным кластером.

Элементы ассоциативного комплекса (по Выготскому) могут быть вовсе не объединены между собой, а находиться в ассоциативной связи только лишь с ядром комплекса. Это означает, что могут быть заданы не все расстояния, т. е. множество элементов упорядочится лишь частично.

Рассмотрим конкретный пример применения простейшего алгоритма образования ассоциативного кластера для анализа отношений в малой группе.

Количество членов малой группы, т. е. элементов рассматриваемого множества, $n = 9$.

Было выбрано $m = 3$ различных типов отношений между членами малой группы: 1) взаимоотношения, связанные с основной работой, 2) взаимоотношения, связанные с недельными формами общения, 3) взаимоотношения, связанные с участием в дополнительной работе.

По каждому типу отношений методами экспертных оценок были получены матрицы попарных различий (расстояний) между всеми членами группы.

В соответствии с описанным выше простейшим алгоритмом образования ассоциативного кластера были построены все 9 кластеров, причем в качестве ядра были выбраны поочередно все члены малой группы.

Приведем несколько примеров ассоциативных кластеров, получившихся в результате данного исследования.

Пример 1. Пусть в качестве ядра ассоциативного кластера взят элемент A_1 . Получившийся кластер изображен на рисунке 1.

Пример 2. В данном случае в качестве ядра выбран элемент A_4 . Соответствующий ассоциативный кластер изображен на рисунке 2.

Пример 3. В последнем примере в качестве ядра был выбран элемент A_9 (рисунок 3).

Этот пример интересен тем, что величины минимальных расстояний значительно больше величин таких расстояний в первых двух примерах. А это показывает, что элемент A является явным аутсайдером в данной малой группе.

2. Цепной кластер. «Цепной комплекс строится по принципу динамического временного объединения отдельных звеньев в единую цепь и переноса значения через отдельные звенья этой цепи.

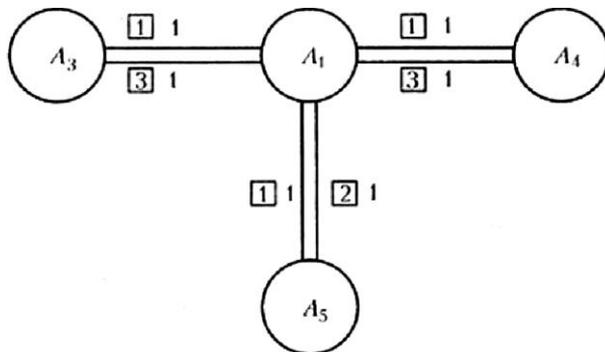


Рис. 1. Ассоциативный кластер с ядром A_1 . На этом и последующих рисунках элементы с их порядковыми номерами изображены кружочками, ассоциативные связи – сплошными линиями, соединяющими соответствующие элементы попарно. Цифра в квадратике около каждой ассоциативной связи – номер матрицы различий или (что то же самое) номер типа отношения. Вторая цифра около каждой связи показывает величину соответствующего расстояния (различия), выраженную в баллах. При подсчете использовали 10-балльную шкалу оценок

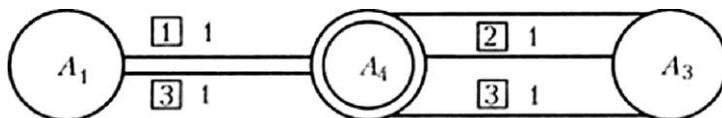


Рис. 2. Ассоциативный кластер с ядром A_4 . Обозначения как на рис. 1

Каждое звено соединено... с предшествующим... (и)... последующим, причем самое важное отличие этого типа комплекса в том, что характер связи или способ соединения одного и того же звена с предшествующим и последующим может быть совершенно различным» (Выготский, 1982, с. 144).

Дадим описание алгоритма образования цепного кластера в принятых нами терминах формальной модели. Сначала выбирается из заданного множества m элементов один, который будет первым элементом, составляющим цепной кластер. Затем по каждому качеству (т. е. для каждой матрицы расстояний из m заданных матриц) выбирается элемент, ближайший к первому. Из полученных M минимальных расстояний выбирается наименьшее и фиксируется номер соответствующей матрицы и номер элемента. Этот элемент и будет вторым в цепном кластере. Далее процедура повторяется для второго элемента, причем первый из процесса поиска исключается. Процесс повторяется столько раз, сколько элементов в множестве M .

Заметим, что если на каком-либо шаге построения цепного кластера минимальная величина будет не у одной, а у двух или более пар элементов, то в этом случае может быть построено несколько эквивалентных цепных кластеров.

Рассмотрим построение цепных кластеров на уже приведенном нами примере.

Пример 4. Построим цепной кластер, начинающийся с элемента A_1 (рисунок 4).

Заметим, что в данном исследовании цепной кластер менее информативен, чем ассоциативный. Однако, он несет дополнительную информацию к ассоциатив-

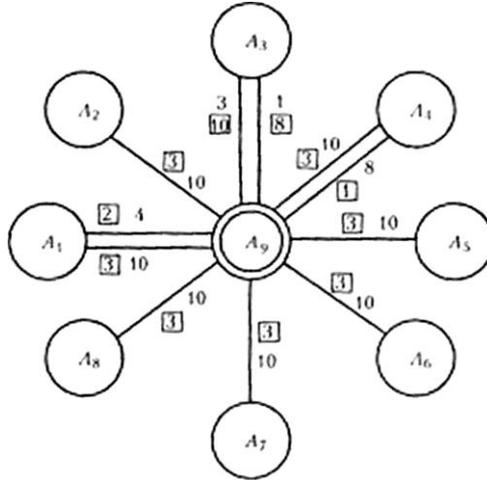


Рис. 3. Ассоциативный кластер с ядром A_9 . Обозначения как на рис. 1

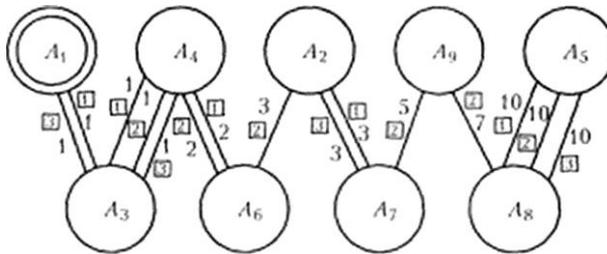


Рис. 4. Цепной кластер, начинающийся с элемента A_1 . Обозначения как на рис. 1

ному кластеру. На рисунке 4 видно, как к группе из элементов A_1, A_3, A_4 (с р. с п р и -мером 2) присоединяются последовательно остальные элементы.

3. **Ассоциативно-цепной кластер.** Как уже отмечалось, проце дуры построения ассоциативного и цепного кластеров решают раз личные содержательные задачи: ассоциативный выявляет все элементы, ближайшие к ядру по различным свойствам, а цепной показы вает связь данного начального элемента последовательно со всеми остальными элементами множества.

Представляется целесообразным разработать такой алгоритм, который обладал бы преимуществами как ассоциативного, так и цеп ного кластеров. Дадим описание одного из возможных вариантов построения ассоциативно-цепного кластера.

Выберем сначала один элемент, который будет ядром ассоциа тивно-цепного кластера. В качестве него может выступать любой эле мент множества. Затем применим алгоритм образования простейшего ассоциативного кластера. Рассмотрим далее множество элементов, составивших простейший кластер. Применим к этому множеству эле ментов алгоритм построения обобщенного ассоциативного кластера. Далее к получившемуся множеству элементов, которые составляют обобщенный кластер, снова применим алгоритм образования. Будем повторять эту процедуру

Рис. 5. Ассоциативный кластер с ядром A_1 . Пунктирные линии – результаты последовательных итераций применения алгоритма. Штрих-пунктирная линия выделяет простейший ассоциативный кластер с ядром A_1 . Остальные обозначения как на рис. 1

до тех пор, пока в строящийся кластер не объединятся все элементы исходного множества. Полученную в результате описанного процесса структуру и будем называть ассоциативно-цепным кластером. Это название оправдано тем, что структура подобного кластера представляет собой центральный простейший ассоциативный кластер и цепочки, тянущиеся от элементов, состав ляющих простейший кластер.

На рисунке 5 изображен пример построения ассоциативно-цепного кластера для тех же экспериментальных данных, которые использо вались в предыдущих примерах. В качестве исходного элемента взят элемент A_1 .

Пунктирными линиями здесь показаны результаты последова тельных итераций применения алгоритма. Штрих-пунктирной линией выделен простейший ассоциативный кластер с ядром A_1 . Далее к нему присоединяются элементы A_2 и A_6 , при третьей итерации – элемент A_7 и, наконец, при четвертой – элементы A_8 и A_9 . На рисунке 5 хорошо видны цепочки элементов, например, $A_1A_2A_3A_2A_7A_9$.

Если коротко охарактеризовать смысл ассоциативно-цепного кластера, то можно сказать, что он описывает структуру заданного множества элементов по отношению к одному выделенному (на рисунке 5 это элемент A_1).

4. Кластер-коллекция. Рассмотрим, наконец, тип кластера, со ответствующий комплексу-коллекции Выготского.

Характеризуя его, он пишет, что комплексы этого типа «больше всего напоминают то, что принято называть коллекциями. Здесь раз личные неконкретные предметы объединяются на основе взаимного дополнения по какому-либо одному признаку и образуют единое целое, состоящее из разнородных, взаимно дополняющих друг друга частей». И далее: «Эта форма мышления часто соединяется с описанной выше ассоциативной формой. Тогда получается коллекция, составленная на основе различных признаков» (Выготский, 1982, с. 142–143).

Дадим теперь описание простейшего варианта алгоритма образования кластера-коллекции в терминах приведенной выше формальной модели.

Заметим, что в результате применения алгоритма построения кластера-коллекции мы должны получить набор элементов, отличающихся друг от друга хотя бы по одному свойству. К такому результату приводит, например, следующий алгоритм. Сначала выбирается некий порог различия (или расстояния), при котором два элемента с разницей больше выбранного порога считаются различными. Очевидно, что результат (кластер-коллекция) будет зависеть от величины порога.

Далее, раздельно для каждого свойства (т. е. для каждой матрицы расстояний) применяется обычный метод кластерного анализа. По каждому качеству на основе результатов обычного анализа выбирается такое деление на кластеры, при котором расстояния между ними превышают заданный порог.

Затем рассматриваются одновременно все такие разбиения, выполненные по различным свойствам, и берутся все пересечения и разности множеств элементов, составляющих эти кластеры. Очевидно, что множества элементов, полученные таким способом, обладают следующим свойством: элементы двух различных множеств находятся хотя бы по одному качеству на расстоянии, превышающем выбранный порог. Если теперь взять по одному (любому) элементу из всех полученных множеств, то это и будет кластер-коллекция.

Рассмотрим пример построения кластера-коллекции для тех же экспериментальных данных, которые были использованы в предыдущих примерах. Напомним, что множество состоит из 9 элементов и имеется три матрицы попарных расстояний между ними.

Выберем величину порога. Пусть величина порога будет $h = 7$. Процедура обычного кластерного анализа для каждой из трех матриц расстояний и применив описанную выше процедуру при величине порога $h = 7$, получим следующие разбиения.

Для первой матрицы – три кластера:

$\{A_1A_2A_3A_4A_5A_6A_7\}$, $\{A_8\}$, $\{A_9\}$. Для

второй – четыре кластера:

$\{A_1A_2A_3A_4A_5A_6\}$, $\{A_7\}$, $\{A_8\}$, $\{A_9\}$. Для

третьей – четыре кластера:

$\{A_1A_3A_4A_5A_6\}$, $\{A_2A_7\}$, $\{A_8\}$, $\{A_9\}$.

Выбирая теперь, в соответствии с описанной выше процедурой, пересечения и разности всех полученных кластеров, получим в результате следующий набор множеств:

$\{A_1A_3A_4A_5A_6\}$, $\{A_2\}$, $\{A_7\}$, $\{A_8\}$, $\{A_9\}$.

Математические методы обработки данных в психологических исследованиях

Таким образом, в кластер-коллекцию входят элементы A_2, A_7, A_8, A_9 , и еще один (любой) элемент первого множества, например A_1 . Очевидно, что элементы кластера-коллекции A_1, A_2, A_7, A_8, A_9 отличаются друг от друга хотя бы по одному свойству на величину, большую $h = 7$. Так, например, элементы A_1 и A_2 отличаются лишь по одному третьему свойству, элементы A_1 и A_7 по второму и третьему свойствам, а, скажем, элементы A_8 и A_9 – по всем трем.

Литература

Выготский Л. С. Мышление и речь. Собрание сочинений. Т. 2. М.: Педагогика, 1982.

Мягкие вычисления и нечеткие шкалы

Г. М. Головина

Работа «Мягкие вычисления и нечеткие шкалы» начиналась как диссертационное исследование под руководством В. Ю. Крылова. В ней представлены основные направления научных интересов Владимира Юрьевича: теория психологических измерений и моделирование субъективных психологических пространств. В. Ю. Крылов считал, что активный характер психического отражения предполагает наличие у субъекта определенного отношения к отражаемому (Крылов, 1988).

Идеи синергетики предполагают рассмотрение таких факторов, как нелинейность, неметричность, нечеткость и т. д. Эти идеи надо было реализовать в методе многомерного шкалирования, который представляет данные в виде попарных различий между объектами.

Анализ существующих методов прямых оценок различия показал, что шкалы, с которыми работает испытуемый, не вполне соответствуют природе психологического механизма, лежащего в основе оценивания.

Для того чтобы в психологическом эксперименте дать испытуемому возможность естественным способом описать различия, предлагается подход, который представляет собой развитие идей, предложенных Лофти Заде. Основным в его подходе является то, что в нем используются лингвистические переменные вместо числовых или в дополнение к ним, отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний, сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами (Заде, 1980).

Конечное подмножество нечеткого множества записывается следующим образом:

$$F = \mu_1 U_1 + \dots + \mu_m U_m,$$

где μ – степени принадлежности к соответствующим термам.

Для оценивания семантических близостей между стимулами разработана лингвистическая шкала «различие». В качестве лингвистических термов предлагались степени различия: маленькое, среднее, довольно большое и т. д., для которых моделировались функции принадлежности термам. В соответствии с идеологией мягких вычислений был разработан метод анализа различий между соответствующими понятиями, полученных с помощью нечеткой шкалы.

Субъективное сходство стимулов ученые пытались изобразить в виде расстояния между точками-стимулами в пространстве, начиная с Ньютона. Так, Хеннинг располагал запахи и вкусы на призме и тетраэдре. Первым способом моделирования субъективных различий стал метод линейной связи различий с расстояниями.

Однако, допущение линейности исключает возможность анализа тех данных, которые являются существенно нелинейными монотонными функциями расстояния, например время различения. Шепард решает проблему анализа таких данных, вводя монотонную функцию, связывающую различия с расстояниями. Он же получил двумерное решение для экспериментов по оцениванию звуковых сигналов по коду Морзе. Восприятие этих звуковых сигналов различалось в зависимости от числа точек и тире в каждом сигнале и в зависимости от относительного преобладания в нем точек и тире (Шепард, 1981).

Тенденция снижения точности описания сложных систем отразилась и в методах многомерного шкалирования. Требования метрического многомерного шкалирования (данные эксперимента пропорциональны расстояниям в евклидовом пространстве) сменились требованием неметрического многомерного шкалирования (данные должны быть монотонно связаны с расстоянием в евклидовом пространстве или пространстве Минковского).

Если следовать принципу Заде, который он назвал принципом «несовместности» сложности системы и точности ее описания, то, чтобы моделировать оценки, полученные по лингвистической шкале, нужны нежесткие требования к связям этих оценок с координатами оцененных объектов в пространствах.

Поэтому для моделирования различий использовался неметрический подход к многомерному шкалированию. Так как исходная матрица субъективных различий между объектами не является матрицей расстояний в каком-либо пространстве, то исходные различия можно моделировать с помощью функции, которая лишь монотонна исходным различиям и задает расстояния объектов в пространстве. Автором разработан метод многомерного шкалирования нечетких оценок (Головина, 1995). Этот метод решает общую задачу шкалирования: найти координаты для данных, описанных в нечетких психолингвистических шкалах, основываясь на том, что эти данные связаны с расстояниями в пространстве Минковского произвольной монотонной функцией.

В методах многомерного шкалирования вводится критерий несоответствия, который задает степень расхождения между исходными различиями и модельными расстояниями. Для данной постановки задачи таким критерием является функция:

$$I = \sum_{i,j=1}^N |D_{ij} - d_{ij}|^m$$

где i, j - номера объектов,

$i, j = 1 \dots N$, N - количество объектов,

D_{ij} - различие между стимулами i и j ;

d_{ij} - модельное расстояние между стимулами i и j в пространстве Минковского,

m - количество термов лингвистической переменной,

M_{ij} - терм, соответствующий субъективному различию D_{ij} .

Аналитически монотонную функцию, связывающую различия и расстояния, найти невозможно, поэтому использовался метод градиентной минимизации для нахождения минимума рассогласования между различиями и модельными расстояниями.

Метод использовался в исследовании структуры знаний школьников. Затем долгое время мы работали в прикладных областях психологии. Работа возобновилась после участия в конференции «Мягкие вычисления», когда стало ясно, что объединение методологий теории нечетких множеств и других методов моделирования привело к созданию нового научного направления – «мягкие вычисления».

Анализ работ, в которых используется «нечеткий» подход, за последние годы показал, что прогнозированный одно-два десятилетия назад прогресс в этой области не произошел. Чем же это можно объяснить? Нариньяни, относя нечеткость к НЕ-фактору «Неоднозначность», говорит, что концепция нечеткости применяется без уяснения различий в прагматике реальных факторов и вне связи этой прагматики с конкретной коммуникативной и когнитивной ситуацией (Нариньяни, 2004).

Работы Нариньяни подтверждают наше понимание подхода к нечеткости. В большинстве работ, где используются функции принадлежности, эти функции имеют одинаковый вид не только для разных контекстов оценивания, но и для описания разных термов одной и той же лингвистической переменной.

Конечно, такой подход является упрощенным и не учитывает конкретную когнитивную ситуацию, что является главным в психологических исследованиях.

В исследованиях субъективного качества жизни испытуемым предлагалось оценить общую удовлетворенность жизнью. Понятие удовлетворенности жизнью субъективно значимо для всех людей, и эта значимость влияет на оценку респондентами удовлетворенности своей жизнью. Люди, удовлетворенные своей жизнью, чаще дают максимально высокие оценки, и наоборот, осознающие неудовлетворенность не могут свою жизнь оценить минимальным баллом. Интересно, что при оценке удовлетворенности жизнью, в отличие от оценивания менее значимых понятий, редко выбирается срединная оценка (не знаю). Поэтому нами предлагаются следующие этапы разработки психолингвистических шкал.

- 1 Определить количество термов, описывающих подмножество множества всех термов, описывающих данную лингвистическую шкалу, и назвать эти термы.
- 2 Определить количественный эквивалент для оценки шкалы, например, минимальные и максимальные значения.
- 3 Получить эмпирические оценки двух видов: лингвистические и количественные (в виде термов и в баллах).
- 4 Найти расстояния между понятиями (в случае нескольких количественных категорий оценки понятия).
- 5 Найти соответствие между количественными и лингвистическими оценками респондентов по шкале, в результате чего получим распределение субъективных оценок в каждом терме шкалы.
- 6 Аппроксимировать данные с помощью регрессионного анализа, в результате чего получим функции принадлежности каждому терму шкалы.

Возможны два варианта получения эмпирических данных. 190

В первом случае данные для построения функций должны быть получены на выборке, во втором – достаточно индивидуальной матрицы различий. Во втором случае есть возможность построения индивидуальных функций принадлежности.

Предложенный метод использовался нами для построения семантической структуры психологических дисциплин (Головина, 2003, 2005). **Применялись две процедуры:**

- 1) попарное сравнение объектов,
- 2) метод семантического дифференциала.

В первой процедуре использовалась лингвистическая шкала «различие». В качестве лингвистических термов мы выбрали следующие пять степеней различия: совсем нет, маленькое, среднее, довольно большое, очень большое. Результат оценивания попарных различий – матрица различий ($N \times N$).

Во второй процедуре оценивалась степень выраженности свойства каждого объекта по каждой шкале k , где $k = 1 \dots K$. Результат оценивания – матрица смещений ($N \times K$).

Для моделирования функций принадлежности был предложен следующий алгоритм.

С помощью соответствующей метрики вычисляются матрицы расстояний между объектами ($K \times K$). Затем для каждого термина матрицы различий между объектами i и j определяется расстояние между объектами i и j в матрице расстояний. Таким образом, каждому терму, например терму «очень большое различие», соответствует некоторое множество расстояний в матрице расстояний. Наконец, для каждого множества с помощью регрессионного анализа строятся функции принадлежности соответствующему терму, которые затем используются при вычислении стресса S методом многомерного шкалирования для реконструкции пространств объектов-стимулов.

Эмпирическое исследование

В исследовании приняли участие 67 студентов психологических факультетов.

Попытка классифицировать множество областей и направлений психологии вызывает большие трудности. Прежде всего оказывается невозможным выделение единственного основания классификации. Некоторые области психологии дифференцируются по видам изучаемой человеческой деятельности, другие – по решаемым практическим задачам, третьи – по методам исследования и так далее. Классификация областей психологии должна опираться на систему оснований.

Структура каждой дисциплины определяется наполняющими ее понятиями, которые образуют некоторую иерархическую схему, поэтому с помощью экспертов была образована гипотетическая структура понятий, которая затем использовалась для анализа индивидуальных и групповых структур.

Эксперимент состоял в оценивании шестнадцати психологических понятий: ощущения, образ, навыки, действия, мотивы, эмоции, речь, личность, память, потребности, имитация, способности, сознание, подражание, подкрепление.

В качестве шкал, по которым оценивались понятия, были предложены шесть дисциплин или разделов психологии: общая психология, психология личности, социальная психология, психология труда, зоопсихология, психология развития.

Для получения индивидуальных матриц различий применялись две процедуры: попарное сравнение понятий и метод семантического дифференциала.

В первой процедуре использовалась лингвистическая шкала «различие». В качестве лингвистических термов мы выбрали следующие пять степеней различия: совсем нет, маленькое, среднее, довольно большое, очень большое. Результат оценивания попарных различий – матрицы различий (16×16).

Во второй процедуре оценивалась степень важности каждого понятия для каждой дисциплины. Результат оценивания – матрицы смещений (16×6). Для этих матриц с помощью соответствующей метрики вычислялись матрицы расстояний между понятиями (16×16). Затем для каждого термина матрицы различий между понятиями i и j определялось расстояние между понятиями i и j в матрице расстояний. Таким образом, каждому терму, например, терму «очень большое различие», соответствует некоторое множество расстояний. Для каждого множества с помощью регрессионного анализа строились функции принадлежности соответствующему терму, которые затем использовались в методе многомерного шкалирования.

Результаты исследования

Метод позволил построить пространство, оси которого показывают степень абстрактности или предметности дисциплины. Трехмерные пространства: первая размерность – когнитивный уровень, или уровень основных систем психики: ощущения, восприятие, интеллект; вторая размерность – «активность»: от действия до поведения; третья – структура общей психологии: память, личность и группа понятий когнитивной психологии.

С другой стороны, каждое понятие описывается степенью принадлежности к каждой дисциплине. В экспериментальном исследовании были смоделированы функции принадлежности понятий областям психологии. Выделены перекрывающиеся частично и полностью (в случае максимальной нечеткости) области функций принадлежности для смежных дисциплин, а также понятия, соответствующие этим областям. Максимальная нечеткость обнаружилась в области пересечения двух функций принадлежности – социальной психологии и зоопсихологии. Эта область определяется понятиями «подкрепление», «подражание», «игра». С одной стороны от перекрывающейся области функция принадлежности социальной психологии монотонно убывает, а функция принадлежности зоопсихологии – возрастает. Эта часть функции принадлежности определяется такими понятиями, как «научение и действие». С другой стороны от этой области функция принадлежности зоопсихологии убывает, а социальной психологии – возрастает, причем математическая функция, описывающая эти изменения, имеет иной вид и, соответственно, определяется другими понятиями.

Разработанные нами методы позволили представить систему психологических дисциплин как многомерное динамическое пространство, каждое измерение которого соответствует определенному основанию классификации.

В эксперименте выявились субъективные различия в предпочтении респондентами методик оценивания. Многие респонденты отмечали рефлексии знаний в процессе оценивания.

Эксперимент также показал, что субъективные пространства студентов, имеющие лучшее согласование между матрицами различий и расстояний между понятиями, более структурированы.

Пытаясь вскрыть психологические механизмы приведенных фактов, мы предположили, что на предпочтение методик и структурированность ментальных репрезентаций влияет когнитивный стиль «диапазон субъективной эквивалентности». Предполагается, что индивидуальные различия в категоризации лежат не просто в различных типах понимания происходящего, а в разных типах ума. У «узких кате-горизаторов» усиливается тенденция к выделению и запоминанию разнообразных фактических данных с доминированием эрудиции и наблюдения («копирующий разум»), а преобладание широких категорий создает условия для одновременного оперирования большим объемом сопоставимых данных, что проявляется в стремлении искать суть ситуации на уровне некоторых глубинных закономерностей («преобразующий разум»). Таким образом, именно процесс преобразования данных или ситуации, а не простого ее запоминания или копирования, оказывается существенным для формирования когнитивных структур (Холодная, 1990). В дальнейших работах, связанных с разработкой субъективных шкал, необходимо учитывать различия в когнитивных стилях, в особенности в диапазоне субъективной эквивалентности.

Выводы

В нашем исследовании при построении таких функций были выявлены субъективные различия в предпочтении методик оценивания.

Оказалось, что субъективные пространства респондентов, имеющих лучшее согласование между матрицами различий и расстояний между психологическими понятиями, более структурированы.

На структурированность ментальных репрезентаций влияет когнитивный стиль «диапазон субъективной эквивалентности»: более структурированными оказались семантические пространства лиц с широким диапазоном эквивалентности.

Объективно присутствующие в информации об объектах НЕ-факторы, преломляясь в когнитивном стиле, влияют на предпочтение типа оценивания и на субъективные оценки.

Таким образом, применение концепции нечеткости с учетом коммуникативной и когнитивной ситуаций позволяет выявить особенности индивидуальных представлений, реконструируемых в семантических пространствах.

Литература

- Головина Г. М. Вычисления со словами в моделировании субъективных оценок различий // IV международная научно-практическая конференция «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». М.: ФИЗМАЛИТ, 2007. С. 605–609.
- Головина Г. М. Метод многомерного шкалирования нечетких оценок // Математические методы в современной психологии: статус, разработка, применение. М.: ИП РАН, 1995. С. 24–31.

Г. М. Головина

- Головина Г. М.* Моделирование семантической структуры психологических дисциплин с помощью нечеткого многомерного шкалирования // Труды 3-й международной конференции «Интеллектуальные системы». М.: Физматлит, 2003. С. 226–229.
- Головина Г. М.* Субъективные оценочные шкалы и ментальные репрезентации // Методы исследования психологических структур и их динамики, выпуск 3. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. С. 32–38.
- Заде Л. А.* Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе // Классификация и кластер. М.: Мир, 1980. С. 103–125.
- Крылов В. Ю.* Геометрическое представление данных в психологических исследованиях, М.: Наука, 1988.
- Нариньяни А. С.* Не-факторы: краткое введение // Новости искусственного интеллекта. М.: КомКнига, 2004. С. 52–63.
- Холодная М. А.* Когнитивные стили как проявление своеобразия индивидуального интеллекта. Киев: УМК ВО, 1990.
- Шепард Р. Н.* Многомерное шкалирование и неметрические представления // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений: М.: Наука, 1981. С. 208–248.

Методы нечеткой логики и кластерного анализа как основа прогностического моделирования в когнитивных исследованиях

И. С. Кострикина

Методология нечеткой логики в моделировании когнитивных процессов

Математическое моделирование в любой области человеческой деятельности в первую очередь связано с развитием прогнозирующего знания. Моделирование, основанное на концепции нечетких множеств, позволяет решать различные задачи прогнозирования и управления в сфере экономики, разработки природных ресурсов, медицине, в техническом конструировании сложных самоуправляемых и самообучаемых систем. В психологии, как ни в одной другой отрасли человеческого знания, предмет исследования, а также прогнозирования и управления является нечетким, неоднозначным и многовариантным в проявлениях. Концептуальные основания и операциональные системы нечеткой логики и многомерных методов привлекают специалистов в области математической психологии в первую очередь, потому что эти методы близки природе психических процессов.

Применение теории множеств и групп, являющихся основой идеологии мягких вычислений, к решению прогностических задач психологии восходит к работам основоположника математической психологии Ю. В. Крылова. Эта традиция нашла свое отражение в исследованиях его школы, использующих методологию нечетких множеств и многомерного анализа (Головина, 2007; Савченко, 2007).

Моделирование поведения и психических процессов человека позволяет решать множество прикладных технических задач, сближая психологию и область искусственного интеллекта. Это задачи наиболее оптимального функционирования в системе человек–технология (традиционный предмет инженерной психологии и эргономики), прогнозирование и управление развитием психических процессов онтогенезе и т. д. При этом главным результатом математического моделирования является получение нового знания, его экстракция из экспериментальных данных. В психологических исследованиях математическое моделирование решает задачи «аккумуляции всех найденных в эксперименте особенностей» (Крылов, 2000, с. 55), описания целостного функционирования той или иной психической системы в ее причинном и возможностном аспектах.

В российской науке традиции математического моделирования психических процессов были заложены в инженерной психологии, – это математические модели действий оператора, модели совершенствования навыка, идентификации

стимулов, решений различных задач, иерархические модели деятельности, восходящие к трудам Бернштейна, и др. Целостная деятельностная процессуальность стала характерной чертой моделирования психической реальности в отечественной психологии. В настоящее время во всем мире растет количество математических моделей, описывающих отдельные психические функции, такие как принятие решения, восприятие, процессы рабочей памяти, речепроизводство и т. д. Эти модели, описывая локальные психические закономерности, развивают теорию когнитивной науки. Задача построения целостных многомерных моделей, охватывающих множественные измерения, пока еще представляется сложной для исследователей. Как правило, модели дисперсионного и регрессионного анализа описывают несколько причинных зависимостей, трудно объединяемых в общую модель и иногда не укладывающихся в общий теоретический контекст, не составляют исключения и популярные методы моделирования структурными уравнениями.

Известные к настоящему времени модели характеризуются большим разнообразием средств – от классических вероятностных байесовских моделей, линейных регрессионных, до применения авторских адаптивных алгоритмов и частных методов. Это разнообразие объясняется тем, что психология как экспериментальная наука достигла той стадии развития, на которой разрабатывается специализированный математический аппарат для исследования и моделирования психических процессов и функций, хотя единого математического аппарата описания психических явлений пока еще не создано (Крылов, 2000, с. 100). Развитие системного подхода к исследованию психических явлений обуславливает интеграцию полученных эмпирических фактов в единое целое, а интенсивное развитие психометрики за последнее столетие обеспечило масштабную поставку таких фактов, которые еще требуют своего обобщения. Ярким примером насущной необходимости в обобщении разнообразных данных выступают метаисследования, которые посвящены объединению созданных ранее баз данных их обработке при помощи других, не применявшихся в первичных экспериментах методов, реинтерпретации данных и созданию математических моделей процессов, отражающих не только фактологию, но и динамику изучаемых явлений.

Постепенно когнитивная психология от накопления средств обработки данных и математического моделирования процессов подошла к решению задач прогнозирования, что стало возможным за счет насыщения когнитивной науки эмпирическими фактами, накопления противоречий в интерпретациях, развития теории измерений и прагматизации когнитивных исследований.

Переход к идеологии прогнозирования на основе компьютерного моделирования связан не только с развитием технологий и специфическим состоянием экспериментальной психологии, но и с развитием методологии психологической науки в целом. Характерной чертой российской математической психологии по замечанию Крылова (1992, 2000) является глубокая разработка методологических проблем в направлении развития системного подхода. Описание тех или иных психологических явлений при помощи математических методов является не только средством обработки данных наблюдения и эксперимента, но так же мощным средством их обобщения, а следовательно, и построения психологической теории (Ломов, 1979).

Прогностическое направление математического моделирования пока еще уступает причинно-детерминационному. Это происходит отчасти потому, что экспериментальная психология в силу традиций оказалась слишком привязанной к вероятностной методологии. Переход от теории вероятностей к теории возможностей в математической психологии постепенно обозначается в исследованиях, ориентированных на задачи классификации, селекции и отбора, а также на задачи целостных паттерновых описаний психической реальности. Уже сформирован запрос на новые формы математических моделей, отличающихся от обычных вероятностных, в частности от широко распространенных регрессионных моделей. Например, в области человеческих ресурсов (HR) становится важным быстро спрогнозировать индивидуальную интеллектуальную эффективность в профессиональной трудовой и учебной деятельности по результатам измеряемых параметров (как правило, это компетентностные и когнитивные переменные). Для менеджеров по маркетингу разрабатываются модели нечеткого логического вывода, основанные на оценке различных когнитивных, используемых при формировании стратегий принятия решений в потребительском поведении (Township, Jung Hung, 2008).

Наиболее перспективным направлением в области прогнозирования индивидуальной интеллектуальной эффективности в определенном контексте деятельности являются методы нечеткой логики, которые уже зарекомендовали себя в прогнозирующем моделировании в области медицины и социологии, экономики и политики, стали одними из ведущих методов направления *Data mining* (о б н а р у ж е н и я з н а н и й в базах данных). По своим характеристикам данные методы являются наиболее подходящими для решения задач обработки гетерогенных, далеких от нормального распределения данных (Дюк, Самойленко, 2001). Другим значимым аспектом применения нечеткой логики в когнитивных исследованиях является их ориентация на вычисление интегрированных характеристик объектов, что в нашем случае позволяет эмпирической психологии выйти за пределы унитарного гальтонов-ского подхода и перейти от поиска универсального, единичного когнитивного предиктора эффективности индивида к выявлению интегративных паттернов когнитивных свойств.

Опыт применения кластерного анализа в исследованиях продуктивных характеристик интеллекта показал, что конкретный индивид может обладать частью характерных признаков определенной категории, а частью не обладать, принадлежность конкретного испытуемого к определенному классу может быть размыта, при этом и само описание класса когнитивных параметров, отражающих продуктивность, остается нечетким (Кострикина, 2001, 2008). Предложенная Л. Заде (Zadeh, 1965) *теория нечетких множеств (fuzzy set theory)* представляет собой формализацию, предназначенную для формирования суждений о таких категориях и принадлежащих к ним объектах. Эта теория лежит в основе *нечеткой логики (fuzzy logic)* (Zadeh, 1975) и *теории возможностей (possibility theory)* (Zadeh, 1978).

Переход от кластеризации исследуемых параметров или испытуемых к описанию множеств обозначен В. Ю. Крыловым, который представляет аксиоматику теории множеств применительно к объектам кластеризации в исследовании субъективных пространств, при решении задач идентификации. При этом в качестве операционализации теории множеств используется кластерный анализ как метод

многомерной геометризации данных с указанием на перспективность использования методологии нечеткой логики как объединяющей соотношения объектов геометрического и алгебраического типов (Крылов, 1990). Сближение методов кластерного анализа с идеологией нечеткой логики связано с тем, что данный тип анализа наиболее ярко отражает черты многомерного анализа в классификации. Тем не менее в современной системе классификации методов Data mining кластерный анализ справедливо относится к классическим многомерным методам, ориентированным на снижение размерности данных, а нечеткую логику относят к технологиям извлечения шаблонов (паттернов) в закономерностях, отражающих многоаспектные взаимоотношения в данных. Поиск паттернов производится автоматическими методами, не ограниченными рамками априорных предположений о структуре выборки и виде распределений значений анализируемых показателей. Различия между классическими и новыми методами обусловлены также тем, что роль, которую в классической теории множеств играет двузначная булева логика, в теории нечетких множеств играет многозначная *нечеткая логика*, в которой предположения о принадлежности объекта множеству могут принимать действительные значения в интервале от 0 до 1. Вычисление значения истинности осуществляется по аналогии с теорией вероятности, если F представляет собой нечеткий предикат, операция отрицания реализуется по формуле $F(X) = 1 - F(X)$. Но аналоги операций конъюнкции и дизъюнкции в нечеткой логике не имеют никакой связи с теорией вероятностей. В отличие от случайности, которая связана с неопределенностью, понятие «нечеткость» относится к классам, в которых могут быть различные градации степени принадлежности, промежуточные между полной принадлежностью и непринадлежностью объектов к данному классу.

Для операций над носителями нечетких множеств можно воспользоваться алгебраическими операциями интервального анализа (интервальной арифметики). Интервальный анализ предназначен для работы в условиях неопределенности с величинами, для которых задан лишь интервал допустимых или возможных значений:

$$L = [a, b] = \{x \mid x \in X, a < x < b\}.$$

Интервальная неопределенность представляется достаточно просто в виде нечеткого множества: $A = \langle 1, a(A) \rangle$.

В целом при подходе на основе Fuzzy Logic построение причинной или прогностической модели основывается на формировании нечеткой базы знаний, которая может трактоваться как некоторое разбиение пространства влияющих факторов на подобласти с размытыми границами, в каждой из которых функция отклика принимает значение, заданное соответствующим нечетким множеством (Заде, 1976). Нечеткой базой знаний называется совокупность нечетких правил «Если - то», определяющих взаимосвязь между входами и выходами параметров исследуемого объекта. Методы нечеткой логики позволяют избежать многих проблем, связанных с тем, что значения комплекса переменных специфически группируются на разных интервалах.

Надежность методов нечеткой логики по сравнению с байесовским подходом обсуждается начиная с 1980-х годов (Stallings, 1977; Wise, Henrion, 1986), но огромные успехи нечеткого моделирования в области техники и его безусловные практические достижения свели данную дискуссию к нулю. В психологии, как и в других

областях слабоструктурированного знания (медицина, социология и т. д.), параметры надежности этого метода зависят от класса задач, для решения которых они применяются. Формулировка таких критериев может быть основана на принципах различия в динамическом и статистическом описании сложных систем (Климонто-вич, 2000), с учетом того, что вероятностная статистика работает только в особых слоях сложной системы (Чернавский и др., 2002). Четких критериев применения вероятностных или альтернативных им методов мягких вычислений на основе идеологии нечеткой логики пока что нет. Широкое и продуктивное использование нечеткой логики при создании экспертных систем и ограниченность традиционных линейных методов позволяет предположить, что данное направление позволит решить задачи, связанные с прогнозированием индивидуальной интеллектуальной эффективности. Если учесть, что методы традиционной математической статистики, составляющие основу статистических пакетов, полезны главным образом для проверки заранее сформулированных гипотез (*verification – driven data mining*) и для «грубого» разведочного анализа, составляющего основу оперативной аналитической обработки данных (*online analytical processing, OLAP*), в то время как поиск закономерностей в форме «if-then-правил», предлагаемый системами нечеткого логического вывода, позволяет обнаруживать закономерности в данных вне зависимости от гипотез, исключая тем самым эффекты подгонки результатов, то процедуры нечеткой логики перспективны для психологических исследований можно не только как развитие новых методов моделирования, но и как меняющиеся экспериментальное планирование. Другим явным преимуществом этого метода перед традиционными процедурами, содержащимися в статпакетах, является отход от концепции усреднения по выборке, приводящий к операциям с несуществующими реально величинами (Асеев, Баллюзек, Дюк, 2008).

Исследователю необходимо учитывать, что операциональное развитие теории нечетких множеств привело к формированию отдельного направления мягких вычислений; различные пакеты, представляющие данное направление, реализуют разные подходы к поиску логических закономерностей. Например, система WizWhy предприятия WizSoft (www.wizsoft.com) является современным представителем подхода, реализующего ограниченный перебор. Такой вывод был сделан по результатам тщательного тестирования системы, несмотря на то что само предприятие не раскрывает специфику алгоритма, положенного в основу работы WizWhy (Дюк, Самойленко, 2001). К классу мягких вычислений также относятся деревья решений (*decision trees*), нейронные сети, генетические алгоритмы, технология обнаружения логических закономерностей в базах данных на основе представлений локальной геометрии.

Типичная модель нечеткой логики состоит из базовых правил функционирования, определенных правил соседства в группах и логической конечной процедуры. Проблемы прогнозирования и определения смысла комплекса различных переменных в нечеткой логике обсуждаются в контексте «композиции гибких ограничений» совместно с правилами модификации, композиции, квантификации, а также «представления диспозиций» и «вывода с диспозициями» (Zadeh, 1978). Наиболее прямой операционализацией идеологии нечеткой логики являются пакеты Fuzzy logic Toolbox и Optimization toolbox системы MATLAB.

Развитие математической психологии определяется тем, насколько адекватно методы математического моделирования смогут воспроизводить системный характер психических явлений и, прежде всего, такие их характеристики как многомерность, многоуровневость (Крылов, 2000, с. 41). В данном аспекте аппарат классической нечеткой логики является наиболее перспективным в компьютерном моделировании психических процессов.

Комплексное применение мягких вычислений и кластерного анализа данных в задачах выявления статистических предикторов индивидуальной интеллектуальной эффективности

С целью определения возможностей моделирования на основе интегративного применения средств мягких вычислений и кластерного анализа проведено обобщение эмпирических исследований по прогнозированию индивидуальной интеллектуальной эффективности в различных сферах профессиональной деятельности на основе измерений когнитивных параметров, произведено сравнение результативности процедур, осуществляемых пакетами WIZ WHY и MATLAB, определена специфика их использования в исследовании когнитивной продуктивности. Кластерный анализ в данном случае выполняет функцию разведочного анализа, иллюстрирующего характер группирования переменных относительно субгрупп испытуемых – носителей определенных наборов признаков.

Кластеризация данных измерений производилась средствами пакета *Statgraf-ics* (алгоритм Уорда – *Ward's method*). Поскольку в рамках данного исследования когнитивные предикторы индивидуальной интеллектуальной эффективности в форме реальных достижений в различных профессиональных сферах понимаются как система нечетких множеств, формирующих паттерны свойств, то задача экстракции этих паттерновых предикторов из базы данных решались при помощи двух систем, реализующих опции нечеткого логического моделирования: первая – WIZ WHY предприятия WIZ Soft, представляющая подход, реализующий ограниченный перебор; вторая – MATLAB, предприятия Softline, включающая пакеты Fuzzy logic Toolbox и Optimization toolbox, которые производят синтез данных в нечеткую базу знаний на основе двух алгоритмов – решеточное разбиение (*grid partition*) и суб-трактивная кластеризация (*subtractive clustering*). На выходе после применения первого алгоритма образуется база, содержащая все возможные правила; на выходе второго – генерируются правила, соответствующие областям наибольшей концентрации данных. В исследовании когнитивных предпосылок индивидуальной интеллектуальной эффективности и в задачах определения ее статистических предикторов в качестве наиболее адекватного для взаимодополнения двух моделей был выбран алгоритм субтрактивной кластеризации.

Работа систем оценивалась на основе следующих измерений: немецкий тест интеллекта Амтхауэра (*German intelligence test (IST)*, *Amthauer, Brocke, Liepmann & Beauducel, 1999*; российская компьютерная модификация), тест включенных фигур (*Group-Embedded Figures Test – GEFT*, *Witkin, Oltman, Raskin, Karpis, 1971*), тест креативности Торренса (*Torrance creativity test, модификация Холодной, 1983*). Выборку испытуемых составили молодые специалисты в области информационных технологий (ИТ), в возрасте от 16 до 27 лет, в области экономики в возрасте 23–25 лет

и в области школьной педагогики в возрасте 22–25 лет (студенты старших курсов, аспиранты, начинающие профессионалы) с реальными достижениями в своей сфере и без каких-либо достижений.

Особенностями общего дизайна эксперимента с применением методов группировки объектов и нечеткого логического вывода в данном случае являются: перенос исследований в реальные сферы деятельности с анализом когнитивных предикторов эффективности на субгруппах профессионалов в различных областях деятельности (Стернберг и др., 2002; Холодная, Берестнева, Кострикина, 2005); выделение субгрупп разного уровня профессионального развития по трехуровневой структуре: «новичок», «компетентный», «эксперт» (Alexander, Kulikowich, Schulze, 1994); выделение субгрупп интеллектуально-математических профессий разного уровня социальной активности: специалисты в области информационных технологий ИТ (системное программирование) – низкие требования по коммуникативной нагрузке, экономисты (бухгалтерский учет, анализ и аудит) – средние, педагоги – высокая коммуникативная нагрузка; выделение подгрупп по параметру реальных практических достижений; изменение общей схемы обработки данных в форме выявления однородных по когнитивным характеристикам субгрупп испытуемых (кластерный анализ) и пересечений когнитивных функций как предикторов индивидуальной интеллектуальной эффективности, определение интервалов оптимального проявления когнитивных функций относительно контекста деятельности (методы мягких вычислений: экстракция нечеткой базы знаний и ограниченный перебор).

Первоначальные результаты отражены в модели кластерного анализа. Было получено три слабопересекающихся кластера испытуемых, соответствующих трем исследуемым профессиональным группам со значимыми различиями между центроидами по измеряемому переменному параметру структуры интеллекта, имплицитной обучаемости и креативности. Это субтесты методики Р. Амтхауэра, отражающие вербальные и математические способности: вербальные аналогии ($p < 0,001$), нахождение закономерности в ряду чисел ($p < 0,0001$), субтест «вербальная оригинальность» ($p < 0,001$) и коэффициент имплицитного обучения ($p < 0,000$). Причем уровень интеллектуальных способностей возрастает от группы педагогов к группе экономистов и далее программистов, а к креативности и имплицитному обучению – от группы программистов к группе экономической и далее педагогической специализации. Данные результаты отражают то, что профессиональные подгруппы характеризуются специфическими когнитивными паттернами свойств. При формировании субгрупп испытуемых по параметру «практические достижения» получены кластеры с множественными пересечениями. При анализе различий в центроидных значениях группы параметров: достижения, возраст и интеллект, и группы параметров: достижения, возраст имплицитная обучаемость, выявлен ряд тенденций, отражающих связанность достижений с интеллектом в молодом возрасте (16–19 лет) и с имплицитным обучением в более старшем возрасте (20–27 лет) (более подробно см.: Кострикина, 2008).

В целом кластеризация испытуемых по признакам профессиональной принадлежности и профессиональных достижений позволила сформулировать гипотезу о наличии паттернов когнитивных свойств, обуславливающих достижения в определенной профессиональной группе, а пересечения кластеров испытуемых с дости-

жениями и без достижений – о наличии перспектив профессионального роста у ряда испытуемых – носителей определенного набора интервально взаимосвязанных когнитивных параметров. Также пересечения кластеров позволяют предположить, что существует некий паттерн пересечений структур психометрического интеллекта и креативности с имплицитной обучаемостью, предполагающий достижения в разных областях знания с разными требованиями по коммуникативной нагрузке. Если принять за определение этих внутрискластных интервальных взаимосвязей нечеткое множество когнитивных переменных, отражающих возможности достижений, то степень принадлежности индивида к данному множеству отражает степень возможностей реализации его когнитивного потенциала. Для анализа таких нечетких множеств и построения прогностической модели возможных достижений были применены методы мягких вычислений, формирующих наборы правил и нечеткую базу знаний.

Поиск закономерностей в базах данных и построение моделей ограничены возможностями применяемой системы, с другой стороны, осознанный выбор системы и ее приложений базируется на теоретических гипотезах и концептуальных основаниях исследования, организуемого экспериментатором и, таким образом, связан с возможностями системы. Оценка возможностей той или иной системы производится путем ее тестирования и анализа практической эффективности при решении различных задач. Система WizWhy подтвердила свою надежность в процессе тестирования и большую результативность по сравнению с другими методами в области постановки медицинского диагноза и медицинских прогнозов (Дюк, Самойлен-ко, 2001), при оценке кадров в области информационных технологий (Kholodnaya, Kostrikina, 2004) и во многих других областях. В результате обобщения данных по применению данной системы выделены основные ее возможности в области решения задач прогнозирования индивидуальной интеллектуальной эффективности:

- поддержка принятия диагностических и прогностических решений в области психологических исследований и человеческих ресурсов (HR);
- способность системы WizWhy обнаруживать за короткий промежуток времени максимальное количество *if-then*-правил в данных;
- вычисление частоты комбинаций простых логических событий в подгруппах данных, на основании которых делается заключение о полезности той или иной комбинации для установления связи в данных;
- определение прогностической силы каждого атрибута; выявление необычных феноменов в данных.
- С одной стороны, последняя особенность может трактоваться как основной недостаток системы WizWhy, с другой стороны, результаты работы системы формируют основу принятия решения экспертом. Обобщение и оптимальное решение остаются приоритетом эксперта, специалиста в области психологического исследования и человеческих ресурсов. В данном случае система WizWhy используется только как поддерживающая решения в области диагностики и прогнозирования в психологических исследованиях.

Важно отметить, что во многих случаях система WizWhy с большим перевесом в количестве продуцирует отрицательные правила, в нашем случае из 160 правил

97 были отрицательными, т. е. описывали паттерны исследуемых переменных, при которых достижения отсутствуют. Подобный перевес отрицательных правил выявлен и в других эмпирических исследованиях (Холодная, Берестнева, Кострикина, 2005). Таким образом, на основе полученных данных и анализа результатов предыдущих исследований можно сделать заключение, что система WizWhy показывает себя как наиболее применимая в задачах селекции эффективных и неэффективных специалистов, работает на отбор по результатам измерений исходных когнитивных параметров. Обобщение правил и описание паттерна параметров, результирующего процесс нечеткого логического вывода, являются деятельностью эксперта-психолога.

Преимуществом составления нечеткой базы знаний на основе системы Wiz-Why, безусловно, является возможность формирования структуры комплексного предиктора достижений, схемы интервалов параметров, в пределах которых испытуемый должен набрать результирующие баллы при тестировании, чтобы быть отнесенным к группе эффективных специалистов в конкретной предметной области. Такие комплексные предикторы имеют достаточно сложную структуру, которая различается в зависимости от формы профессиональной деятельности. Каждый интегрированный комплексный предиктор является уникальным и не имеет предсказательной силы в отношении различных видов деятельности. Важной характеристикой таких предикторных паттернов свойств является то, что изменение одного из параметров влечет за собой изменение всех других в пределах определенного нечеткого множества. Для каждого вида деятельности был получен свой паттерн когнитивных свойств, обуславливающий реальные достижения: для специалистов в области информационных технологий этот паттерн состоит из интервальных пересечений структур психометрического интеллекта (индуктивные, перцептивные и вербальные способности), вербальной креативности и имплицитной обучаемости; для специалистов в области экономики паттерн продуктивности составляют интеллектуальные способности в форме общего уровня психометрического интеллекта IQ, индуктивных математических способностей (числовые ряды), перцептивных способностей к трансформации стимулов и имплицитного обучения; для специалистов в области педагогики паттерн другой: вербальные интеллектуальные и креативные способности, а также имплицитная обучаемость (Kostrikina, 2008).

Описание таких паттернов может принимать форму определения тенденций, как это было сделано при анализе правил, предсказывающих достижения для специалистов в области информационных технологий (Холодная, Берестнева, Кострикина, 2005). Сами правила задают вполне определенную селективную модель, практическое применение которой является достаточно простым и основано на сравнении «if then» и «if then not» паттернов. Тем не менее результаты работы системы в виде набора правил требуют высококвалифицированного психологического анализа для составления общего заключения, по которому можно производить отбор и селекцию кадров или осуществлять прогнозирование. Результаты, выдаваемые системой, не отвечают на вопрос, может ли носитель выявленного паттерна свойств быть достаточно эффективным, чтобы получить достижения в смежных областях деятельности. Поэтому для того, чтобы определить некоторые универсальные когнитивные предикторы достижений и сформировать множест-

во свойств, определяющих потенциал возможных достижений, были применены опции другого статистического пакета, производящего экстракцию нечеткой базы знаний из данных.

Использование системы Matlab в решении задачи определения когнитивных предикторов индивидуальной эффективности в профессии

Для оценки возможностей автоматической идентификации нелинейных зависимостей нечеткими моделями использован анализ руководств пользователей Fuzzy Toolbox и Optimization Toolbox (Штовба, 2003, 2008). Система Matlab позволяет идентифицировать нелинейные зависимости при извлечении нечетких знаний из экспериментальной базы данных.

В данном исследовании применен алгоритм субстративной кластеризации (*subtractive clustering*), генерирующий правила, соответствующие областям наибольшей концентрации данных модели Сугено. Специфика применения модели Сугено состоит в том, что заключения правил могут задаваться не нечеткими терминами, а линейными функциями от входов, таким образом, база знаний в модели Сугено является гибридной - ее правила содержат посылки в виде нечетких множеств, а заключения - в виде четкой линейной функции. Поскольку в когнитивных исследованиях не всегда принято оперировать нечеткими понятиями «низкий», «высокий», «средний» и т. д., то для данного исследования модель Сугено является оптимальной. Пользователь имеет возможность выбрать количество входов и выходов модели, задать количество термов и типы функций принадлежности. Нечеткий логический вывод по алгоритму Сугено (иногда обозначают алгоритм Такаги-Сугено) выполняется по нечеткой базе знаний:

$$U_{M} \prod_{i=1}^{n} \mu_{i} = \sum_{j=1}^m \text{весом } w_j \cdot \left(y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n \right)$$

где b_i - некоторые числа.

Пакет Fuzzy Logic Toolbox позволяет автоматически синтезировать из данных нечеткую базу знаний модели Сугено.

Результирующее графическое отображение представляет собой объединение нечетких отношений «x приблизительно равно y» и «x намного меньше, чем y» (см. рисунок 1). На рисунке параметры множеств обозначены нечеткими лингвистическими определениями и соответствующими им числовыми параметрами.

Данная модель демонстрирует, что имплицитная обучаемость связана с достижениями при средних и чуть выше средних значениях IQ: от 100 до 115, а при более высоких значениях может быть разной. Сверхвысокие значения IQ создают множество с низкими и отрицательными значениями коэффициента имплицитной обучаемости, которое преимущественно находится в области наличия достижений. Таким образом, с одной стороны, повторяется эффект интеллектуального порога как потери связей между уровнем интеллекта и другими когнитивными показателями при достижении определенного уровня, в нашем случае - связей интеллекта с имплицитной обучаемостью при IQ выше 115. С другой стороны, выявлено два типа продуктивных испытуемых: обладающих средним интеллектом и высоким уровнем имплицитной обучаемости и обладающих сверхвысоким уровнем раз-

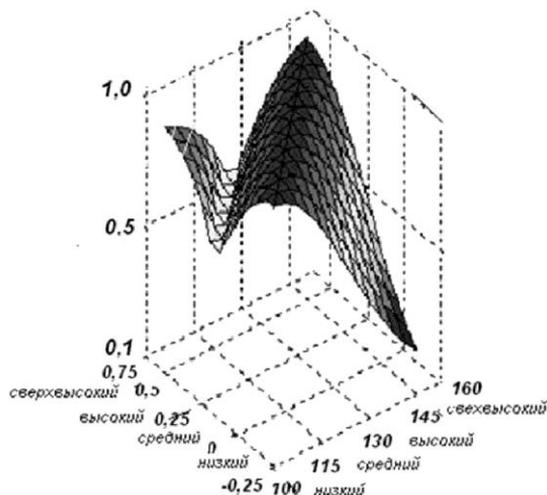


Рис. 1. Модель имплицитной обучаемости

вития психометрического интеллекта и крайне низким уровнем имплицитной обучаемости.

В результате объединения нечетких множеств получено отображение, позволяющее оценить переход одних признаков в другие (непродуктивных в продуктивные, т. е. область между наличием достижений и их отсутствием) и определить особые интервальные сочетания признаков, дающих значимые эффекты реальных интеллектуальных достижений.

В целом полученная модель позволяет сделать следующие выводы: первый – общепсихологический – о том, что реальные достижения в интеллектуально-емкой профессиональной деятельности, независимо от социальной нагруженности, могут основываться на двух типах когнитивных ресурсов: имплицитной обучаемости при невыраженном недостатке уровня психометрического интеллекта и психометрическом интеллекте при крайне низких значениях имплицитного обучения, т. е. эти две переменные выступают как компенсирующие друг друга.

Второй вывод носит прикладной характер относительно возможностей использования системы Matlab и заложенной в ней модели Сугено для прогнозирования возможных достижений испытуемых. Данная модель позволяет идентифицировать паттерны свойств, соответствующие области достижений и частично области отсутствия достижений, т. е. ряд испытуемых, не имеющих реальных достижений, попадает в единое множество с теми, у кого достижения уже есть. Таких испытуемых, результаты тестирования которых находятся в интервалах, соотносимых с множеством, характеризующим продуктивность, можно определить как перспективных в плане дальнейшей практической реализации их когнитивного потенциала. Однако данный прикладной вывод требует дополнительного подтверждения на основе лонгитюдного исследования и «обучения» модели на различных выборках.

Помимо общей модели, при большем количестве наблюдений возможно построение моделей для каждой профессиональной сферы отдельно, что позволит

выявить нюансы в каждом паттерне свойств, являющемся предиктором достижений в определенной профессиональной области. В рамках данного исследования эта задача была решена за счет анализа правил, экстрактированных системой WizWhy.

В целом на данном этапе исследования выявлены необходимые, но не достаточные, равноправные унитарные предикторы реальных интеллектуальных достижений – это имплицитная обучаемость и психометрический интеллект. Полноценными предикторами достижений, как показывает сравнение результатов двух систем – WizWhy и Matlab (Сугено), являются целостные паттерны когнитивных свойств в форме интервальных пересечений значений изучаемых когнитивных параметров.

Безусловно, данное исследование имеет свои ограничения: решая задачи прогностической классификации, модель Сугено, например, обеспечивает большую точность на больших выборках, однако в данном исследовании не рассматриваются эффекты обучения и переобучения модели, в экспериментальном плане не отражены различия учебной и профессиональной деятельности, т. е. различия в академических и практических достижениях.

Выводы

Системы WizWhy и Fuzzy logic Toolbox Matlab дополняют друг друга в решении задач прогнозирования достижений по результатам измерений когнитивных переменных; обе системы позволяют находить скрытые закономерности в гетерогенных, сложноструктурированных данных; отражают наличие целостных паттернов разнородных и нелинейно или интервально взаимосвязанных когнитивных, обуславливающих реальные достижения. При решении задач прогнозирования реальных достижений система WizWhy более ориентирована на отбор и идентификацию непродуктивных испытуемых, т. е. при прогнозировании возможных достижений она эффективнее выявляет отрицательные тенденции, те условия, при которых обследуемый не может принадлежать к классу продуктивных, имеющих достижения лиц. При помощи моделирования в системе Matlab можно выявить паттерны свойств, отражающие возможности достижений по результатам измерений, при необходимости можно задать параметры не только числами, но и нечеткими определениями, получить итоговую модель, как в форме числовых отображений, так и в форме нечетких лингвистических параметров.

Кластерный анализ данных в случае данного исследования выполнил функцию предварительного анализа и свои основные функции образования единой меры, охватывающей ряд признаков, измеренных на группе объектов, и формирования таксономии. В данном случае было сформировано две таксономии, охватывающие измеряемые параметры, – это профессиональная принадлежность и реальные практические достижения. Кластерный анализ может служить основой определения пространства нечетких термов, его результаты могут быть обоснованием задаваемых в модели нечеткого логического вывода параметров.

Заключение

Применение различных моделей нечеткой логики (Fuzzy logic) позволяет доказать ограниченность унитарного подхода в психодиагностике и прогнозировании

как ориентированного на выявление единичного когнитивного предиктора достижений, например, по параметру IQ (коэффициента умственного развития). Нечеткие логические системы наглядно демонстрируют, что предикторами реальных практических достижений являются паттерны когнитивных свойств, их интервальные пересечения, а не какой-либо единичный когнитивный параметр. Тем не менее унитарность и универсальность некоторых когнитивных параметров может носить локальный характер, например, имплицитная обучаемость становится таким унитарным предиктором для достижений при средних значениях IQ и в наиболее социально-нагруженных формах деятельности. Во всех остальных случаях наблюдается комплексное действие пересечений интервалов значений различных когнитивных функций.

Методы нечеткой логики в настоящее время можно определить как наиболее перспективные для решения задач прогнозирования индивидуальной эффективности и профессионального развития. Они могут успешно применяться как в фундаментальных исследованиях в области общей психологии и психологии труда, так и в прикладных диагностических процедурах в области человеческих ресурсов (HR).

Понимание характеристик интеллекта, обуславливающих его продуктивные свойства, как нечеткого множества когнитивных и некогнитивных переменных является принципиально новым для экспериментальной когнитивной психологии. Эти нечеткие множества, с одной стороны, проявляются в целостных паттернах свойств, обеспечивающих эффективность интеллектуального функционирования, а с другой стороны, эти паттерны свойств достаточно динамичны по своему характеру, поскольку мягкость, нечеткость различных интервальных пересечений когнитивных функций позволяет им достаточно гибко проявляться в пределах определенной структуры.

В целом методология нечеткой логики, применяемая к моделированию индивидуальной интеллектуальной эффективности, позволяет реально операцио-нализировать принцип интеграции как базовый в становлении разноуровневых психических структур и меняет не только процедуры оценки, но и содержание категории интеллекта, позволяет определить интеллект как систему нечетких множеств когнитивных и метакогнитивных параметров.

Литература

- Алтунин А. Е., Семухин М. В.* Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000.
- Асеев М. Г., Баллюзек М. Ф., Дюк В. А.* Разработка медицинских экспертных систем средствами технологий DATA MINING // <http://www.datadiver.nw.ru/Articles/DevDM.htm>.
- Головина Г. М.* Вычисления со словами в моделировании субъективных оценок различий // IV международная научно-практическая конференция «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». М.: ФИЗМАЛИТ, 2007. С. 605–609.
- Дюк В., Самойленко А.* Data Mining: Учебный курс. СПб.: Питер, 2001.
- Заде Л.* понятие лингвистической переменной и ее применение к понятию приближенных решений. М.: Мир, 1976.

- Климонтович Ю. Л.* Статистическая теория открытых систем. М.: Янус, 2000.
- Кострикина И. С.* ИмPLICITная обучаемость как условие реальных достижений в различных видах профессиональной деятельности // Психологический журнал. 2008. Т. 29. № 4. С. 66–76.
- Крылов В. Ю.* Методологические и теоретические проблемы математической психологии. М.: Янус-К, 2000.
- Крылов В. Ю.* Актуальные проблемы математической психологии // Психологический журнал. 1992. Т. 13. № 6. С. 13.
- Крылов В. Ю.* Геометрическое представление данных в психологических исследованиях. М.: Наука, 1990.
- Ломов Б. Ф.* Системность как принцип математического моделирования в психологии: Математическое моделирование в психологии // Вопросы кибернетики. 1979. Вып. 50. С. 3–18.
- Савченко Т. Н.* Метод латентно-структурного анализа: возможности применения и ограничения. IV международная научно-практическая конференция «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». М.: ФИЗМАЛИТ, 2007. С. 617–625.
- Холодная М. А.* Интегральные структуры понятийного мышления. Томск: ТГУ, 1983.
- Холодная М. А., Берестнева О. Г., Кострикина И. С.* Когнитивные и метакогнитивные предпосылки интеллектуальной компетентности в научно-технической деятельности // Психологический журнал. 2005. Т. 26. № 1. С. 51–59.
- Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В.* О проблемах физической экономики, 2002.
- Штовба С. Д.* Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику // <http://www.matlab.ru/fozzylogic/book/index>.
- Штовба С. Д.* Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе Matlab // *Exponenta Pro*. Математика в приложениях. № 2. 2003. С. 9–15.
- Alexander P. A., Kulikowich J. M., Schulze S. K.* How subject-matter knowledge affects recall and interest // *American Educational Research Journal*. 1994. V. 31. 313–337.
- Amthauer R., Brocke B., Liepmann D. Beauducel A.* Intelligenz-Struktur-Test 2000. Göttingen: Hogrefe, 2000.
- Duke V. A., Aseev M. G.* If-then Rules Search in Data: Problems and Perspectives // <http://datadiver.nw.ru/English/Articles/article1trans.htm>.
- Kholodnaya M. A., Kostrikina I. S.* Metacognition for intellectual effectiveness: effects on information technology experts' practical successful // "INTERNET-EDUCATION- SCIENCE – 2004", Proceeding of the Forth International Conference. 2004. V. 1. P. 330–333.
- Kostrikina I. S.* Implicit learning and other Cognitive Predictors of Expert Stage of Career Development: Fuzzy Logic Modeling of Professional Success // *International Journal of Psychology*. 2008. V. 43. Issue 3/4, June/August. P. 639.
- Stallings W.*, Fuzzy Set Theory versus Bayesian Statistics // *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*. 1977. Vol. 7. № 3. P. 216–219.
- Township M., Jung Hung Y.* The consistent or inconsistent fuzzy judgment matrix on solving an optimization problem with non-linear constraints // *International Journal of Psychology*. 2008. V. 43. Issue 3/4, June–August. P. 630.

- Wise B. P., Henrion M. A Framework for Comparing Uncertain Inference Systems to Probability // Uncertainty in AI / Ed. by L. N. Kanal, J. F. Lemmer. N. Y.: Elsevier Science Publishers, 1986. P. 69–83.
- Witkin H. A., Oltman P. K., Raskin E., Karpis S. A. Group Embedded Figures Test Manual. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press, 1971.
- Zadeh L. A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility // Fuzzy Sets and Systems. 1978. Vol. 1. P. 3–28.
- Zadeh L. A. Fuzzy Sets // Information and Control. 1965. Vol. 8. P. 338–353.
- Zadeh L. A. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning. Parts 1 and 2 // Information Sciences. 1975. Vol. 8. P. 199–249, 301–357.

Приложение

Пример правила, прогнозирующего достижения, экстрактированного системой WizWhy.

- If k 0,45...0,75 is achievements (*average* = 0,63)
- and A6 1 2 1...1 3 5 is achievement s (*average* = 126,0)
- and A1 122...133 is achievements (*average* = 126,8)
- and A 2 115... 128 is achievement s (*a ve ra ge* = 120,0)
- and verbal orig 30...90 is achievements (*average* = 60,4)
- and constructive activity 22...100 is achievement s (*a vera ge* = 60,8)
- rule's probability: 1,0000
- significance level: < 0,001

Конъюнкция шести элементов описывает интервалы значений исследуемых переменных, составляющих правило, для испытуемых, имеющих реальные практические и социальные достижения в области ИТ.

Методы прямого и непрямого шкалирования в исследованиях пространственных представлений

И. В. Блинникова

Пространственное познание имеет особое значение для взаимодействия активного субъекта с внешним миром. Пространственные представления являются основой для организации любой практической или ментальной активности. Двигательная активность и воображение, планирование поведения и обращение к воспоминаниям, мысленный анализ условий задачи и многое другое осуществляются через конструирование ментального пространства. К этому добавляется, по всей видимости, еще одно обстоятельство: измерение или сравнение свойств, независимо от того, являются ли они свойствами материального или идеального мира, осуществляются в некоем пространственном континууме и в большинстве случаев проводится в терминах близости–удаленности. В дистантные суждения преобразуются оценки сходства признаков или качеств и даже оценки их идентичности. В определенном смысле все шкалы измерений являются пространственными. В этой статье осуществляется попытка, с одной стороны, проанализировать измерительные методы и шкалы, используемые для исследований пространственных представлений, а с другой – выявить пространственные закономерности в процедурах шкалирования.

Объективное и субъективное пространство – нахождение соответствия

Ментальные представления об окружающем пространстве – городских, сельских, военных ландшафтах, географических объектах, – являются одной из самых традиционных областей исследования в психологии. Первые работы были опубликованы еще в конце XIX в. и активно продолжались в XX в. (см.: Evans, 1980; Liben, 1986; Olson, Vialystok, 1983). В наши дни интерес к данной проблематике сохраняется и получает новое развитие в контексте робототехники и необходимого взаимодействия человека и робота, разворачивающегося в пространстве Земли и космоса (Fournier-Viger et al., 2007; Kennedy et al., 2007).

Основная задача исследований в большинстве случаев заключается в выявлении характеристик ментальных представлений о тестовом пространстве и сравнения их с его объективными параметрами. Для этого использовались прямые и косвенные методы реконструкции (Величковский, Блинникова, Лапин, 1986). Это разделение достаточно условно. Методы прямой реконструкции предполагают использо-

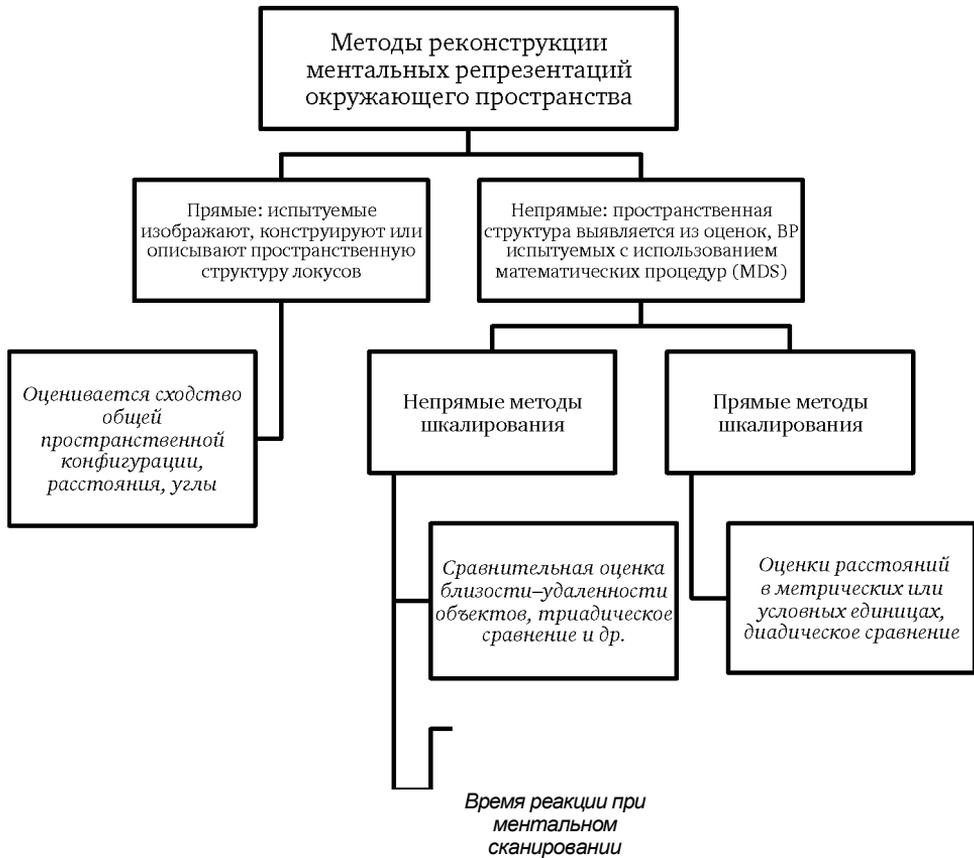


Рис. 1. Классификация методов исследования представлений об окружающем пространстве

вание различных приемов, таких как анализ зарисовок, макетов, достижения целей в реальном пространстве (Blades, 1997). Подобная непосредственная экстериоризация имеет свои преимущества, в частности, отвечает требованиям экологической валидности, поскольку испытуемый выполняет знакомые и естественные задачи. Однако в процессе решения этих задач постоянно поступает объективная обратная связь, которая позволяет корректировать действия. В некотором роде можно считать, что использование методов прямой реконструкции формирует пространственные представления в той же мере, что и тестирует их (Блинникова, 1995; Петухов, 1984; Landau, Spelke, 1985; Klatzky et al., 1998).

Процедуры косвенной реконструкции связаны с соотношением времени ментального сканирования с расстояниями, а также с метрическим и порядковым шкалированием дистанций, сравнением в триадах, триангуляцией, оценкой проективной конвергенции. При этом испытуемые стоят перед задачей мысленного сканирования пространственного представления для того, чтобы оценить расстояния между отдельными локусами или их взаимоположение. Подобные задачи

оцениваются как более сложные. Испытуемые вынуждены работать только со своими пространственными представлениями (ментальными образами) без опоры на внешние средства и объективную обратную связь. Полученные оценки обычно обрабатываются с помощью специальных методов математической статистики.

Достаточно часто в исследованиях пространственных представлений используются математические процедуры многомерного шкалирования (ММШ) (Дей-висон, 1988; Shepard, 1962, 1978; Torgerson, 1952). Метод имеет ряд ограничений, которые обсуждаются в литературе (Kaski, 1997), однако с успехом применяется в течение тридцати лет (Newcombe, Huttenlocher, 2000). Он позволяет не только количественно оценить точность представления человека о пространстве, но и найти качественные основания для его описания (например, структурированность и связанность ментального образа), а также дает возможность изучать индивидуальное «субъективное пространство», что приобретает в некоторых случаях особое значение (Блиникова, Капица, Барлас, 2000; Терехина, 1983).

Сравнение методов прямой и непрямой реконструкции является отдельной исследовательской задачей, которая неоднократно ставилась в разных исследованиях. В частности, в одной из наших работ (Блиникова, 1995) анализировались наброски схемы Московского Кремля, которые испытуемые выполняли с помощью карандаша и бумаги (прямая реконструкция), и описания их ментального путешествия вдоль стен крепости (непрямая реконструкция). Последнее задание позволяло выявить как конфигурацию, так и расстояния между значимыми ориентирами с помощью оценки времени ментального сканирования. Результаты показали существенное рассогласование результатов, полученных с помощью двух методов. При этом различия касались как точности передачи общей конфигурации стен, так и количества значимых ориентиров (башен), а также относительной оценки базовых расстояний.

В этом же исследовании испытуемых просили оценить расстояния по прямой между наиболее известными ориентирами Московского Кремля. Карты, построенные по результатам многомерного шкалирования этих оценок, достаточно хорошо отражали реальное расположение башен и конфигурацию стен (см. рисунок 2а, б). Однако они отличались от карт, построенных на основе ментального сканирования, и от рисунков испытуемых (см. рисунок 2в, г).

В исследовании представлений о зоне полетов у авиадиспетчеров, выполненном нами вместе с Б. М. Величковским и Т. В. Барлас (Барлас, Величковский, Блиникова, 1983), также сравнивались методики прямой и косвенной реконструкции. Испытуемым давалось последовательно два задания: построить макет зоны воздушного движения с помощью фишек на магнитной доске и попарно оценить кратчайшие расстояния между 12 пунктами обязательного донесения этой же зоны. В первом задании наряду с оценкой количества указанных объектов и передачи правильности общей конфигурации зоны полетов вычислялись средние расстояния между пунктами обязательного донесения по результатам 5 или 6 испытуемых. Во втором задании расстояния оценивались относительно эталонной дистанции. Все субъективные оценки расстояний нормировались по среднему, таким образом, в дальнейшую обработку поступали относительные величины расстояний.

Точность оценок расстояний была высокой в обоих случаях. Среднее расхождение между реальными и реконструированными на макете расстояниями составляло

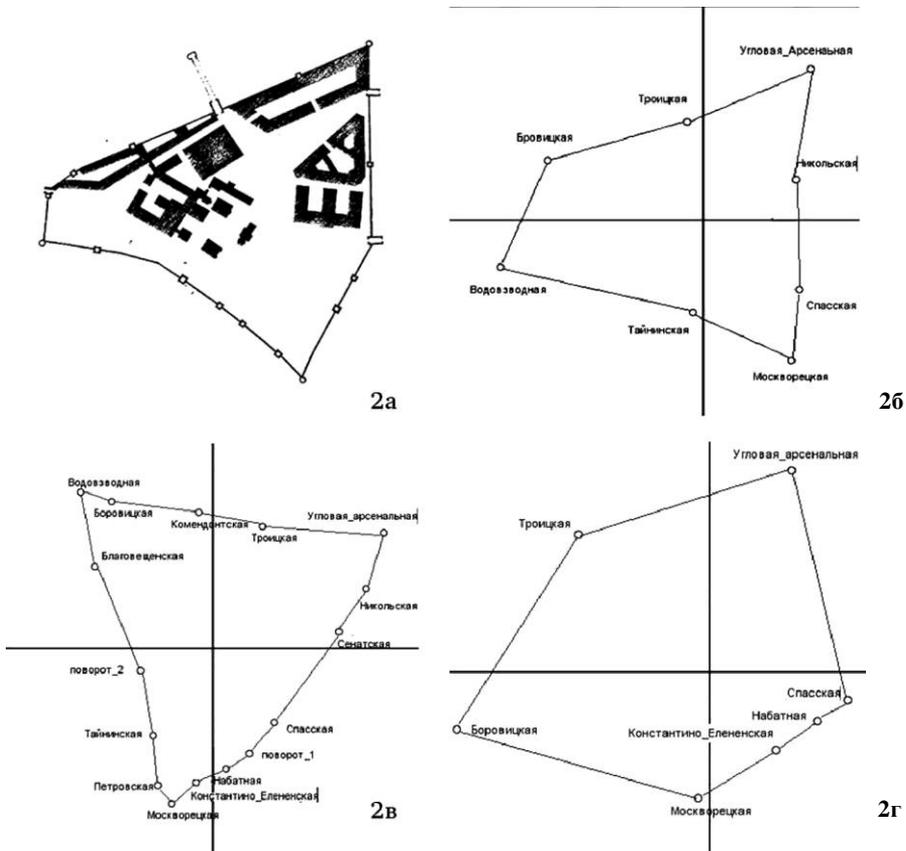


Рис. 2. Субъективные географические представления о Московском Кремле, выявленные с помощью разных методов (данные одного испытуемого) **2а** – объективное расположение стен и башен Московского Кремля; **2б** – когнитивная карта Московского Кремля, построенная с помощью ММШ на основе попарных оценок расстояний испытуемым; **2в** – когнитивная карта Московского Кремля, построенная по результатам ментального сканирования; **2г** – набросок карандашом стен и башен Московского Кремля.

6,75 условных километра, а между реальными расстояниями и их оценками по прямой равнялось 7,19 условных километра. Разница в отклонениях не была существенной. Нужно отметить, что приблизительно в 88 % случаев¹ испытуемые практически не ошибались в оценках расстояний (различия между этими оценками и реальными дистанциями не были значимыми). Общая конфигурация расположения пунктов донесения также достаточно точно передавалась при использовании как одного, так и другого метода. Сконструированные испытуемыми макеты и карты, построенные по результатам многомерного шкалирования, находились в хорошем соответствии с реальными изображениями местности (см. рисунок 3а, б).

1 Такая точность демонстрируется в большинстве исследований представлений об окружающем пространстве (см.: Evans, 1980).

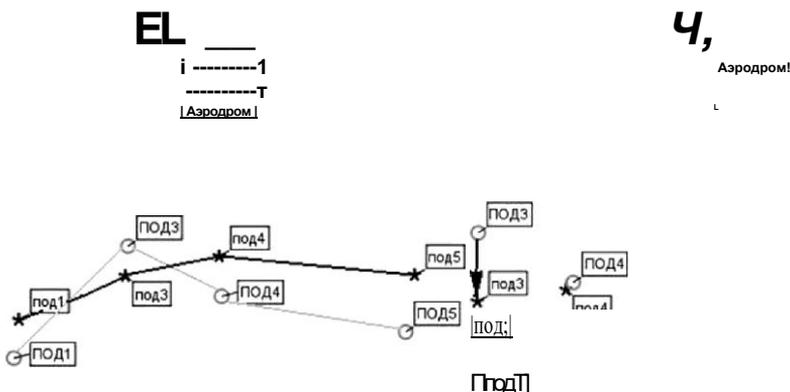


Рис. 3. Субъективные представления авиадиспетчеров о зоне полетов, выявленные с помощью разных методов 3а - когнитивная карта зоны полетов, построенная с помощью ММШ на основе попарных оценок расстояний между аэродромом и пятью пунктами обязательного донесения (средние данные по группе авиадиспетчеров). Серыми кругами и заглавными буквами обозначено объективное расположение аэродрома и пунктов донесений (ПОД). Звездочками и строчными буквами обозначено субъективное представление о расположении пунктов донесения (под). Линиями соединены пункты донесения, расположенные на одной из трасс: серой линией отмечена реальная конфигурация, черной - ментальная. 3б - усредненная модель зоны полетов, построенная с помощью ММШ на основе расстояний, измеренных на макетах, выполненных авиадиспетчерами. Обозначение те же, что и на рисунке 3а. Стрелкой указано значимое смещение локуса в субъективном представлении по сравнению с его объективным расположением.

Однако и в том, и в другом случае выявлялись некоторые отклонения и искажения¹. И эти неточности носили различный характер при использовании разных методов реконструкции реального пространства. Для сравнения оценок расстояний, полученных двумя разными способами, было произведено вычисление ранговых корреляций между нормированными расстояниями по данным реконструкции и субъективным оценкам длины дистанций. Не было установлено никаких значимых зависимостей между двумя рядами оценок расстояний. Такой результат требовал объяснения. В частности, был сделан вывод, что установление относительных расстояний в процессе построения макета и оценка расстояний по прямой основываются на двух механизмах, которые связаны с использованием разной пространственной информации и разных способах их ментального представления. Можно было предположить, что в процессе оценок дистанций в условных единицах или километрах испытуемые опирались на метрическую информацию.

1 Их подробный анализ можно найти в одной из наших предыдущих статей (Блинныекова, Капица, Барлас, 2000).

При этом, оценивая расстояния между двумя отдельными точками, они, скорее всего, представляют себе анализируемое пространство не целиком, а лишь по отдельным частям, которые могут быть не до конца согласованы друг с другом. В этом случае ментальное пространство формируется путем совмещения нескольких планов. В процессе построения макета испытуемые вынуждены согласовывать отдельные представления в целостный образ. В некотором смысле они опираются на топологические построения, которые детализируются метрическими данными. Здесь встает очень важный вопрос о типах пространственной информации и их соотношении с измерительными шкалами.

Методы шкалирования в исследованиях пространственных представлений

Возможно, главный вопрос, волнующий исследователей, всегда заключался в установлении соответствия параметров внешнего пространства и субъективных представлений о нем (Evans, 1980; Eilam, McCarthy, Brewer, 1993; Newcombe, Hut-tenlocher, 2000). В такой формулировке он выступает как классическая психофизическая проблема и требует для решения психофизических методов.

Психофизические методы традиционно подразделяются на методы косвенного, или объективного шкалирования и методы прямого, или субъективного шкалирования (см.: Бардин, 1976; Гусев, Измайлов, Михалевкая, 1997; Никандров, 2003). Первый класс методов опирается на постулат Г. Фехнера о невозможности прямой субъективной оценки субъектом величины ощущений. Классические психофизические методы, предложенные Г. Фехнером, ставят перед испытуемым простую задачу классификации собственных состояний сознания. При этом в большинстве случаев классификация осуществляется по двум категориям: категория «есть» (различие между актуальным и предыдущим состоянием существует) и категория «нет» (различие отсутствует, т. е. состояние остается точно таким, как было). Простые ответы испытуемых трансформируются в сложные модели взаимосвязей между физическими и субъективными характеристиками стимулов. Методы прямого или субъективного шкалирования связаны с более сложными для испытуемых задачами. С. Стивенс доверил участникам психофизических экспериментов не только простую классификацию стимулов по двум категориям, но также и их количественную оценку. Для осуществления такой оценки испытуемым задается ситуация сравнения двух стимулов (один из которых является эталонным) и предлагается определить, во сколько раз (или на сколько) тот или иной параметр одного стимула больше или меньше параметра другого стимула. Прямые шкалы по способу их построения образуют две основные группы: 1) шкалы, основанные на определении отношений между параметрами; 2) шкалы, основанные на определении непосредственных величин параметров стимулов.

При исследовании пространственных представлений наиболее частым оцениваемым параметром является расстояния между двумя точками или локусами заданного пространства, а также углы между векторами. Оценка дистанций является достаточно простой задачей по сравнению с оценкой других свойств окружающего мира, например, освещенностью, громкостью, интенсивностью запахов и т. д. Оценки и истинные расстояния обычно связаны прямолинейной функцией, при этом точность оценок высока. Возможно, именно поэтому в исследованиях пространст-

венных представлений в большинстве случаев использовались методы *прямого шкалирования*, когда испытуемые оценивали расстояния в метрических единицах или соотносили их с эталонным.

Классические психофизические методы в исследованиях представлений об окружающем пространстве практически не используются. Однако если ориентироваться на их сущностные характеристики как *непрямых методов* шкалирования, то можно выделить два типа процедур, наиболее к ним приближенных: это процедуры триадического сравнения и процедуры выявления расстояний и других пространственных параметров на основании времени ментального сканирования пространственных конфигураций. Конечно, это абсолютно разные процедуры: их объединяет только то, что, участвуя в них, испытуемые не оценивают дистанции или углы в заданных единицах измерения. Метрическая информация устанавливается с помощью последующих достаточно сложных трансформаций, осуществляемых по определенным правилам и базирующихся на ряде допущений.

Сравнение точности различных процедур шкалирования приводит к следующим выводам: результирующая пространственная конфигурация отличается при использовании разных методов, но в целом все они дают хорошее приближение к реальным пространственным характеристикам. В двух исследованиях, проведенных нами в реабилитационном центре для слепых г. Бийска, зрячие и незрячие испытуемые должны были шкалировать расстояния между несколькими объектами территории этого центра. В одном случае они должны были сравнивать локу-сы по их близости/удаленности в триадах (процедура триадического сравнения), в другом – проводить относительную оценку расстояний в условных единицах путем сгибания проволоки, ориентируясь на заданный эталон. Использование методов многомерного шкалирования позволило построить две результирующие модели.

Анализ методик шкалирования показывает, что разные процедуры обращаются к разным типам пространственной информации. В исследованиях пространственных представлений выделяется три типа пространственной информации: топологическая, проективная и метрическая. Использование методов прямого шкалирования пространственных отношений предполагает непосредственную оценку дистанций в метрических или условных единицах. Эти техники актуализируют метрическую информацию, хранящуюся в памяти, и в дальнейшую обработку поступают количественные оценки. С некоторым допущением можно сказать, что при получении пространственной информации на основании времени ментального сканирования происходит обращение к проективной информации, которая предполагает наложение нескольких перспектив. На сегодняшний момент математические средства работы с такого рода информацией разработаны недостаточно.

Выявление меры близости с помощью ряда искусственных техник, например, с помощью триадического сравнения или ранжирования расстояний между двумя точками, предполагает использование топологической информации. Получаемая топологическая информация путем приписывания баллов и последующей обработки с помощью многомерного шкалирования преобразуется в метрическую. Данные разного типа требуют разной математической обработки. В частности,

метрические варианты многомерного шкалирования (Torgerson, 1952) были дополнены возможностями конструирования пространства на основе порядковых данных (Kruskal, 1964; Shepard, 1962). Однако вопрос о психологических основаниях и интерпретации такой процедуры не ставился. В психологии на этот вопрос можно найти два конфликтующих ответа.

Ж. Пиаже и Б. Инельдер (Piaget, Inhelder, 1966), анализируя рисунки детей в возрасте от 3 до 12 лет, передающих пространственное расположение объектов, показали, что в процессе онтогенеза три типа пространственных отношений сменяют друг друга. В этой трактовке топологическая информация является слишком неточной, недостаточно дифференцированной и структурированной, чтобы быть основой сколько-нибудь адекватных представлений об окружающем пространстве¹. Однако Ж. Пэлью (Pailhous, 1970) в исследованиях актуалгенеза пространственных представлений при освоении новой местности взрослыми людьми обнаружил, что они сначала используют метрику в описаниях и изображениях пространства, а затем опираются на топологическую информацию² (это было подтверждено впо-1). В исследовании детям разного возраста предъявлялась модель города (включающая 8 объектов, среди которых были церковь, дома, деревья), расположенная на картоне 40 × 60 см. Их просили нарисовать модель и построить ее копию. Результаты позволили выделить четыре этапа воспроизведения детьми этой модели городской территории. На первой стадии – *топологической* (от 3,25 до 4 лет) – было зафиксировано отсутствие пространственного соответствия за исключением отдельных отношений соседства. На этой стадии дети не способны еще ни к передаче логико-геометрического соответствия (по сходству объектов), ни к передаче пространственного соответствия (по близости объектов). На второй стадии – *проективной* (от 4 до 7 лет) – происходит частичное согласование объектов в небольших группах. При этом пространственные отношения соседства отделяются от логико-арифметического соответствия объектов. Передавая отношения объектной близости, ребенок интуитивно сохраняет порядок элементов в модели, даже если двумерная организация не передается. На этой стадии для небольших групп объектов ребенок начинает использовать элементы проективной информации (справа, слева, впереди, сзади) и евклидовой геометрии (прямые, кривые, параллели, углы). При этом координирование всей совокупности объектов не происходит. На третьей стадии – *метрической* (от 7 до 11,6 лет) – речь идет уже о согласовании объектов между собой в их общем расположении, хотя на первой ступени этой стадии у детей возникают трудности с координированием одного объекта с несколькими другими, и с изменением масштаба. При выполнении методики изображения географической модели они представляют топографический рисунок. На четвертой стадии – *схематической* (от 11,6 до 13 лет) – появляется схематизация рисунка и точный план. На этой стадии дети используют естественные координаты физического мира в виде сети вертикальных и горизонтальных прямых.

2 Ж. Пэлью использовал формирующий эксперимент, в котором испытуемые изучали незнакомую ранее местность. Испытуемых возили по городу в машине по определенному маршруту, который состоял из 33 трасс. В течение каждой пробы испытуемых просили указать направление к начальной, конечной или промежуточной точке, периодически испытуемые должны были рисовать план города. На основе всей совокупности полученных результатов Ж. Пэлью выделил четыре уровня формирования пространственного образа города. На первом уровне субъект применяет правило метрической организации пространства для создания своих представлений. Достаточно точная оценка дистанций

следствии и в наших исследованиях – см. Блинникова, 1995, 1998). Топологическая информация позволяет конструировать связанное пространство, она отражает качественный аспект пространственных отношений, является наиболее устойчивой и нечувствительной к перемещению субъекта и лабильных объектов в пространстве (Мостепененко, 1971; Сочивко, 2002). Взрослые испытуемые интуитивно учитывают, что топологические отношения (хоть и очень просто конструируемые) сохраняют метрические связи между элементами в сложном пространстве. Почему такое возможно? Для этого мы должны допустить, что взрослые испытуемые, описывая пространство в топологических характеристиках, опираются на сформированный ментальный образ, сконструированный по метрическим законам. Именно этот образ затем реконструируется с помощью процедур многомерного шкалирования. Некая ментальная пространственная конфигурация («ментальное пространство») выступает основой оценки. Чтобы уточнить этот вопрос, нужно проанализировать, что стоит за процедурами шкалирования и как соотносятся ментальные пространства и их математические модели.

Многомерное шкалирование и его пространственные характеристики

Многомерное шкалирование оказалось процедурой, уже не одно десятилетие завораживающей психологов (Измайлов, 1980; Крылов, 1980; Головина, Савченко, 2003; Терехина, 1983). Для этого можно найти множество оснований, но главным является многомерность психологических данных. Ранее мы неоднократно анализировали возможности многомерного шкалирования для исследований пространственных представлений. Обработка данных этим методом позволяет выявить конфигурацию ментального пространства и проанализировать его структуру (Блинникова, 1995, 1998).

В исследованиях пространственных представлений обычно используются данные о дистанциях между точками в пространстве, но многомерное шкалирование может быть использовано не только в обработке расстояний в строгом математическом смысле. Его часто применяют, имея матрицу оценки сходства или различий стимулов по самым разным параметрам. Вторым важным основанием является то, что результаты психометрических и психофизических экспериментов хорошо интерпретируются в пространственных координатах и дают возможность строить пространственные модели различных психических функций (например, цвето-сочетается со значительной ошибкой при оценке направлений, множеством погрешностей в изображении пересечений улиц, стремлением свести все углы к 90 градусам. На втором уровне вся активность субъекта направлена на рассмотрение первых представлений и на их уточнение. На третьем уровне появляется целостное, схематическое представление о местности («базовая сеть»), выделяются основные магистрали, перекрестки и ориентиры, которые увязываются между собой. Однако эта «базовая сеть» многих ориентиров не включает. Информация о них сохраняется в так называемой «вторичной сети», которая неразрывно связана с базовой и включает элементы городской среды, которые объединяются на основе топологических признаков (например, «этот пункт находится рядом с таким-то» и т. д.) вокруг основных точек базовой сети. На четвертом уровне происходит увеличение базовой сети за счет включения в нее элементов вторичной сети, и субъект все больше опирается на топологические отношения между элементами городского пространства.

различия или конотативных значений). Такие модели могут быть построены и по результатам кластерного и факторного анализа, но процедуры многомерного шкалирования, пространственные по своей природе, подходят для этого наилучшим образом.

В современной информатике процедуры многомерного шкалирования, самоорганизующиеся карты Кохонена (self-organizing map – SOM), а также их модификации (см.: Горбань, Зиновьев, Питенко, 2000; Kaski, 1997) рассматриваются как способы визуализации многомерных данных. Однако психологи хотят большего – выявить структуру хранения и представления знаний, получить характеристики ментального пространства.

В психологии пространственные модели, получаемые в ходе математической обработки, рассматриваются по-разному. В ряде случаев предполагается, что они описывают существующие у субъекта ментальные пространства стимулов или реакций. Такое предположение заманчиво, однако мы должны были бы признать, что существует бесконечное множество субъективных пространств, обладающих совершенно разными характеристиками. Скорее субъективные пространства «не являются стационарными структурами, имеющие устойчивые метрико-топологические свойства, инвариантные по отношению к экспериментальной задаче» (Шмелев, 1983, стр. 20).

Другие специалисты более осторожно считают, что интерпретационные модели должны лишь соответствовать той или иной форме ментального хранения информации, т. е. здесь может идти речь об изоморфизме второго, третьего или n -ного порядка. Это ставит перед исследователями задачу оценить типы репрезентаций до построения моделей, что часто является затруднительным и с методологической точки зрения ставит под вопрос само использование многомерного шкалирования и других процедур математического моделирования. Возможен и третий подход, в котором допускается, что испытуемые в процессе решения задач по сравнению и оценке свойств стимула строят ментальные пространства для осуществления этих операций (Шмелев, 1983; Блинникова, 2008). В этом случае создаваемые субъектом ментальные конфигурации отражают характеристики его деятельности (ее структуру, особенности задач, стоящих перед испытуемым и т. д.), также как и объективные характеристики стимулов.

В решении этого вопроса может помочь анализ размерностей ментальных пространств, получаемых с помощью различных математических техник. В исследованиях пространственных представлений, на первый взгляд, нет надобности в смысловой интерпретации выделяемых в ходе многомерного шкалирования размерностей. Предполагается, что они должны совпадать с сеткой координат.

Характерно, что в норме обработка с помощью многомерного шкалирования оценок дистанций (полученных прямыми и непрямыми методами) в большинстве случаев имеет два измерения. Вклад третьего измерения всегда незначителен, и интерпретация его затруднительна – в частности, возникающий «рельеф» точек практически никогда не совпадает с рельефом местности, в то время как расположение в двумерном пространстве близко совпадает¹ (с м.: Блинникова, 1995, 2007).

¹ Совершенно с другой картиной мы сталкиваемся при использовании методов многомерного шкалирования для построения моделей понятийных структур (Рабесон, Блинникова, 2007). Здесь размерность получаемого пространства может быть достаточно высокой.

В упоминавшемся выше исследовании представлений о зоне полетов у авиадиспетчеров, в котором они должны были попарно оценить расстояния между 12 пунктами зоны полетов, а затем эти данные обрабатывались с помощью многомерного шкалирования, в принципе нельзя было говорить о рельефе местности. Однако третье измерение вносило свой вклад в результирующую конфигурацию пунктов донесения (Барлас, Величковский, Блинникова, 1983). Нами была сделана попытка интерпретации этих данных. С точки зрения геометрических построений, проекции векторов на плоскость тем точнее, чем меньше разнесены по третьему и другим измерениям задающие их точки. Если объединить точки, находящиеся примерно на одной «высоте»¹, получится что-то вроде плана субъективного пространства, в контексте которого расстояния между точками будут достаточно точно соответствовать оценкам испытуемых. Общая конфигурация складывается путем наложения друг на друга нескольких планов. План в данном случае подразумевает существование систем отсчета, с которыми работает испытуемый, выполняя оценку расстояний.

На рисунке 4 пункты донесения, располагающиеся на одной «высоте», соединены линиями, презентуя планы субъективных пространств. Можно отметить, что два из них включают крайние точки исследуемого пространства, задавая базовую конфигурацию (или «базовую сеть» в терминологии Ж. Пэлю), остальные лишь присоединяют оставшиеся элементы к этой структуре. Такие данные хорошо согласуются с представлением о том, что в процессе оценки испытуемые создают локальные ментальные пространства. От того, насколько эти локальные структуры согласованы друг с другом, зависит точность, связанность и структурированность общего пространства стимулов.

Можно предположить, что чем более сложную ментальную конструкцию может создать испытуемый, чем больше объектов будут включены в нее, тем более связанной будет результирующая конфигурация, получаемая с помощью многомерного шкалирования. Мы опять же можем обратиться к данным исследований пространственных представлений. Ж. Пиаже и Б. Инельдер (Piaget, Inhelder, 1966) считали, что развитие представлений о пространстве протекает в направлении все большей согласованности отдельных пространственных отношений. Последние сначала согласуются в небольших группах объектов, а затем эти группы согласуются между собой. Анализируя рисунки школьников, изображавших путь от дома до школы и площадь, которую они пересекали по дороге в школу, Ф. Н. Шемякин (1940) выявил похожую закономерность². На определенном этапе

- 1 Под «высотой» здесь понимается значение третьей координаты. В n -мерном пространстве значения по другим координатам могут быть названы по-другому.
- 2 Испытуемыми в эксперименте Ф. Н. Шемякина были дети в возрасте от 8 до 14 лет. Они должны были нарисовать либо путь от школы до дома, либо площадь рядом со школой. При решении задачи-площади было выделено пять типов решений задач; 1) «Изображение» – в этом случае дети рисовали рисунок площади; этот тип решения встречался только у 8–9-летних детей. 2) «Путь» – при этом дети сначала вычерчивали путь, по которому они проходили, а затем пририсовывали детали площади. 3) «Кусочки» – в этом случае дети вычерчивали отдельные участки, не соединяя их конструктивно, чертеж оставался как бы незаконченным. 4) «Контурирование» – сначала намечался контур площади, затем

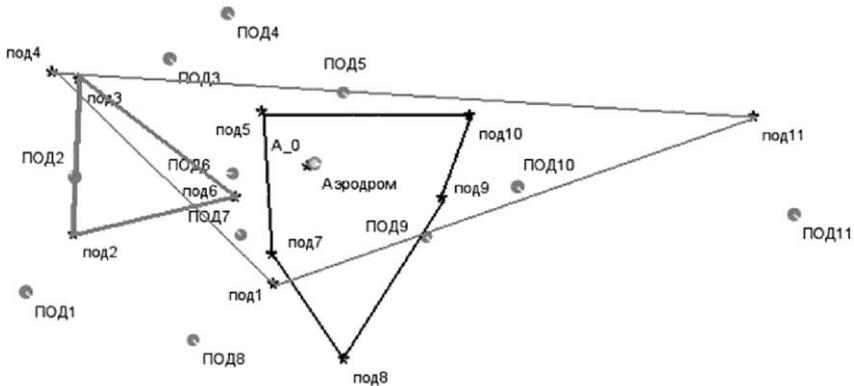


Рис. 4. Трехмерная ментальная модель зоны полетов, построенная с помощью ММШ на основе попарных оценок расстояний группой авиадиспетчеров. Замкнутыми линиями объединены пункты донесения, расположенные на одной «высоте» ментального пространства

формирования обзорного представления о местности («карты-обозрения») школьники изображают пространственное расположение городских элементов в виде «кусочков», при этом отдельные участки городского пространства изображаются достаточно точно, объекты в них согласованы друг с другом, но сами участки не согласованы друг с другом. Изображаемое пространство оказывалось как бы разорванным.

В одном из наших экспериментов (Блинникова, 2005) слепые испытуемые осваивали незнакомую им ранее местность. По ходу изучения территории они выполняли разные контрольные задания, в частности, оценивали расстояния по прямой между десятью заданными объектами. Оценки обрабатывались с помощью многомерного шкалирования. Результаты показали, что размерность получаемого пространства, на первых этапах освоения местности была высока, а затем постепенно снижалась. Такие факты свидетельствовали о том, что размерность субъективного пространства высока в случае его несогласованности, отсутствия совершенного ментального представления.

Подводя некоторые итоги, можно сказать, что исследования пространственных представлений имеет значение не только для понимания закономерностей формирования ментальных представлений и использования их в практической деятельности, но и для более широкого научного контекста, связанного с использованием процедур шкалирования и математических техник пространственной визуализации данных. Что касается методов исследования, то и в этом случае пространственные представления выступают хорошим калибровочным материалом для развития методологии психологических измерений.

обозначались улицы и здания. 5) «Планирование» – в этом случае вычерчивался более или менее правильный план местности. Второй и третий типы решений присутствовали во всех группах, но их процентное отношение уменьшалось с возрастом. Процентное отношение четвертого и пятого типов решений, напротив, увеличивается с возрастом.

Литература

- Барлас Т. В., Величковский Б. М., Блинникова И. В. Когнитивные карты у диспетчеров автоматических систем управления воздушным движением // *Материалы 2-й Всесоюзной научно-практической конференции «Управление воздушным движением»*, М.: Изд-во НИЦ УВД, 1983. С. 24–25.
- Блинникова И. В. Формирование пространственной компетентности в системе реабилитационного обучения людей с ограниченным зрительным опытом // *Вестник МГЛУ. Серия: Педагогические науки*. 2009. Выпуск 562. С. 125–141.
- Блинникова И. В. Зрительный и пространственный опыт в мысленных репрезентациях: исследование слепых от рождения, поздно ослепших и зрячих испытуемых // *Психологический журнал*. 1998. Т. 19. № 1. С. 101–115.
- Блинникова И. В. Роль зрительного опыта в формировании представлений человека об окружающем пространстве: Дис. ... канд. психол. наук. М.: Факультет психологии МГУ, 1995.
- Блинникова И. В., Капица М. С., Барлас Т. В. Функциональные и эмоциональные искажения в пространственных представлениях // *Вестник Московского университета. Серия 14. Психология*. 2000. № 3. С. 62–73.
- Величковский Б. М., Блинникова И. В., Лапин Е. А. Представление реального и воображаемого пространства // *Вопросы психологии*. 1986. № 3. С. 103–112.
- Головина Г. М., Савченко Т. Н. Математическая психология // *Психология XXI века / Под ред. В. Н. Дружинина*. М.: Изд-во «ПЕР СЕ», 2003.
- Горбань А. Н., Зиновьев А. Ю., Пугачев А. А. Визуализация данных методом упругих карт // *Информационные технологии*. 2000. № 6. С. 26–35.
- Гусев А. Н., Измайлов Ч. А., Михалевская М. Б. Общепсихологический практикум. Измерения в психологии. М.: Изд-во Смысл, 1997.
- Дейвисон М. Многомерное шкалирование: Методы наглядного представления данных. М.: Финансы и статистика, 1988.
- Измайлов Ч. А. Сферическая модель цветоразличения. М.: Изд-во МГУ, 1980.
- Никандров В. В. Неэмпирические методы в психологии. СПб.: Речь, 2003.
- Крылов В. Ю. Геометрическое представление данных в психологических исследованиях. М.: Наука, 1980.
- Мостепаненко А. М. Размерность пространства и силы природы // *Пространство, время, движение*. М.: Наука, 1971. С. 9–35.
- Петухов В. В. Образ мира и психологическое изучение мышления // *Вестник Московского университета. Серия 14. Психология*. 1984. № 4. С. 13–20
- Рабесон М. Д., Блинникова И. В. Исследование профессионализма в разных культурах // *Обработка текста и когнитивные технологии: сборник статей / Под ред. В. Д. Соловьева, Р. К. Потаповой, В. Полякова*. Казань: Изд-во КГУ, 2007. С. 65–74.
- Сочивко Д. В. Расколотый мир. М: ПЕР СЕ, 2002.
- Терехина А. Ю. Анализ данных методами многомерного шкалирования. М.: Наука, 1986.
- Шемакин Ф. Н. О психологии пространственных представлений // *Ученые записки научно-исследовательского института психологии*. Т. 1. М.: Изд-во Гос. НИИ психологии, 1940. С. 197–236.

- Шмелев А. Г.* Введение в экспериментальную психосемантику. М.: Изд-во МГУ, 1983.
- Blades M.* Research paradigms and methodologies for investigating children's wayfinding // A handbook of spatial research paradigms and methodologies. V. 1: Spatial cognition in the child and adult / Eds. N. Foreman, R. Gillett. Hove: Psychology Press Ltd, 1997. P. 103–129.
- Eilam N., McCarthy R., Brewer B. (Eds.)* Spatial Representation: Problems in Philosophy and Psychology. Oxford: Blackwell, 1993.
- Evans G. W.* Environmental cognition // Psychological Bulletin. 1980. V. 88. P. 259–287.
- Fournier-Viger Ph., Nkambou R., Mayers A., Dubois D.* Automatic Evaluation of Spatial Representations for Complex Robotic Arms Manipulations // Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007). Vancouver, Canada: AAAI Press. 2007. P. 279–281.
- Kaski S.* Data exploration using self-organizing maps // Acta Polytechnica Scandinavica. Mathematics, Computing and Management in Engineering Series. Espoo, 1997. № 82. P. 57.
- Kennedy W. G., Bugajska M. D., Marge M., Adams W., Fransen B. R., Perzanowski D., Schultz, A. C., Trafton, J. G.* Spatial Representation and Reasoning for Human-Robot Collaboration // Proceedings of the Twenty-Second Conference on Artificial Intelligence (ICALT 2007). Vancouver, Canada: AAAI Press, 2007. P. 1554–1559.
- Klatzky R. L., Loomis J. M., Beall A. C., Chance S. S., Golledge R. G.* Spatial updating of self-position and orientation during real, imagined, and virtual locomotion // Psychological Science. 1998. V. 9 (4). P. 293–298.
- Kruskal J. B.* Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis // Psychometrika. 1964. V. 29. P. 1–27.
- Landau B., Spelke El.* Spatial knowledge and its manifestations // Children's searching / Ed. by H. M. Wellman. Hillsdale: L. Erlbaum Ass., 1985. P. 1–26.
- Liben L. S.* Spatial Representation and Behavior: Multiple Perspectives // Spatial representation and behavior across the / Eds. L. S. Liben, A. H. Patterson, N. Newcombe. N. Y.: Academic Press, 1986. P. 3–36.
- Newcombe N. S., Huttenlocher J.* Making Space: The Development of Spatial Representation and Reasoning. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.
- Olson D. R., Bialystok E.* Spatial cognition: The structure and development of mental representations of spatial relations. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, 1983.
- Pailhous J.* Elaboration d'images spatiales et de regles de deplacement: une etude sur l'espace urban // Le Travail Humain. 1971. V. 34. P. 229–324.
- Piaget J., Inhelder B.* La representation de l'espace chez l'enfant. Paris: PUF, 1948.
- Shepard R. N.* The analysis of proximities: Multidimensional scaling with unknown distance function. 1, 2 // Psychometrika. 1962. V. 27. P. 125–140, 219–246.
- Shepard R. N.* The mental image // American Psychology. 1978. V. 33. P. 161–194.
- Thorndyke P. W., Goldin S. E.* Spatial learning and reasoning skill // Spatial orientation / Eds.: H. L. Pick, L. P. Acredolo. N. Y.: Plenum Press, 1983. P. 195–217.
- Torgerson W. S.* Multidimensional scaling: I. Theory and method. Psychometrika, 1952. V. 17. P. 401–419.

Гуманитарный подход к измерению и анализу информации в психологическом исследовании как направление исследований в математической психологии

В. Б. Рябов

В последнее время в научных психологических исследованиях отчетливо наметилась тенденция к использованию качественных методов получения и анализа эмпирической информации. Склонность многих исследователей использовать качественные методы вызвана рядом причин, и одной из важнейших является частая неудовлетворенность исследователей результатами формализованных измерений и формализованного анализа, полученными стандартизированными способами. Решение этой проблемы, на наш взгляд, должно составлять одну из актуальнейших задач математической психологии.

Как пишет В. Ю. Крылов, «задачей математической психологии является разработка и применение формального (математического) аппарата, пригодного для адекватного описания и моделирования систем, обладающих психическими свойствами (систем, использующих для своего функционирования во внешней среде какие-либо формы психического отражения), а также изучение самих математических моделей этих систем» (Крылов, 2000, с. 32). Соответствующие методы и модели явились бы наиболее адекватным инструментом измерения и анализа психической реальности. С позиций этого определения мы рассмотрим далее процедуру измерения и анализа человеком-исследователем информации о человеке-объекте исследования.

Понятие гуманитарного измерения

В основе познания окружающего мира лежит **процедура измерения**. В традиции естественной науки, которая была развита в основном в физике, под измерением обычно понимается строгая количественная процедура сопоставления измеряемой величины с некоторой эталонной величиной той же физической природы, принятой за единицу. Таким образом, концепция физического измерения предполагает наличие объективного (одинакового для всех случаев жизни) образа эталона и объективного (одинакового для всех наблюдателей), независимо от различных условий восприятия, образа объекта и результата измерения. Принцип относительности А. Эйнштейна внес коррективы в категоричность такого утверждения. Из этого принципа следует, что результаты физических измерений зависят от систем отсчета, в которых находятся наблюдатель и измеряемый объект.

В теории измерений выработано несколько вариантов измерительных процедур в диапазоне от самой «сильной» до самой «слабой». Самой сильной является процедура измерений в метрической шкале, т. е. процедура, о которой я только что сказал. Самой слабой является номинальная шкала, когда каждому измеряемому объекту попросту присваивается имя. Между этими полюсами располагаются шкала порядка, когда числа, являющиеся результатом измерения, обозначают порядок, в котором выстраиваются измеряемые объекты. При этом разность между результатами измерений соседних объектов смысла не имеет. Далее следует шкала отношений, или интервальная шкала, когда имеет смысл не только порядок чисел по величине, но и разности, интервалы между числами, однако нет абсолютного начала отсчета.

Как же обстоит дело, когда речь идет о гуманитарном измерении, т. е. измерении человека как целостной и суверенной сущности другим человеком? Под гуманитарным измерением мы понимаем процедуру фиксации образов человека исследователем и системы отношений между ними, которая лежит в основе построения знания человека об окружающем мире.

Субъект фиксирует результаты взаимодействия с внешним миром и со своим внутренним миром в собственной памяти. Эти состояния называются образами.

Образом я называю любое ощущение человека, которое может быть запомнено и узнано.

Измерить образ – это значит зафиксировать с помощью присваивания ему соответствующего имени, связать его (соотнести) с уже «измеренными» образами и устранить логические противоречия в связях. Принципиальной особенностью гуманитарного измерения является то, что роль эталона в таком измерении играют уже существующие в сознании образы (или ансамбли образов).

В общем случае процесс осуществляется поэтапно. Первый этап процедуры гуманитарного познания – это именование возникшего у субъекта нового образа. Наблюдатель фиксирует информацию об объектах внешнего мира и воспроизводит ее в своем сознании посредством образов, используя для этого присвоение им соответствующих имен (т. е. осуществляя измерение в номинальных шкалах). Это позволяет С. В. Чеснокову утверждать, что присвоение образам соответствующих имен и есть гуманитарное измерение (Чесноков, 1986). При этом имя образа идентифицирует каждый конкретный образ в сознании субъекта.

Это всего лишь начальный этап процесса гуманитарного измерения. За ним следует второй этап – связывание этого субъективного образа с другими образами. Эта процедура предполагает, во-первых, включение нового образа в систему индивидуального знания, устранение внутренних логических противоречий. И во-вторых, на заключительном этапе осуществляется диалог с другими субъектами, в процессе которого устанавливается связь между «подобными» образами, которые существуют у разных субъектов. При этом осуществляется доказательство истинности результата, в итоге элемент субъективного опыта становится элементом знания данной группы субъектов, «объективизируется». Психологическими механизмами осуществления последней процедуры – объективизации результатов измерения – являются механизм понимания и механизм общения, а инструментами – язык и культура.

В естественнонаучном измерении эталоном является физический объект или явление, а процедура измерения устанавливает отношение типа «больше – меньше»

между измеряемым объектом и эталоном той же природы. Если провести аналогию между гуманитарными и физическими измерениями, то процесс установления отношения между новым и уже существующим в сознании субъекта образом аналогичен сравнению в физическом измерении измеряемой величины с эталоном. Только в физическом измерении между этими величинами устанавливается отношение «ближе–дальше», «больше–меньше», «на сколько больше» или «во сколько раз больше», а в гуманитарном измерении перечень видов устанавливаемых отношений значительно разнообразнее. К числу наиболее распространенных относятся отношения «причина–следствие», «сходство–различие», «часть–целое» и другие, присущие логическим отношениям естественного языка.

Гуманитарный и системный подход в познании

Таким образом, гуманитарное измерение – это, по сути, формализация и последующая объективизация эмпирического опыта субъектов. Измерительная процедура при этом включает в себя общение в широком смысле слова, а в узком – диалог. При этом участники диалога обмениваются именами образов, их содержанием, передавая содержание с помощью соответствующих имен, значение которых известно участникам диалога.

Гуманитарный способ построения знания осуществляется индуктивным путем: от получения новых элементов знания к формированию структуры через связывание образов между собой. Концептуализация знания при гуманитарном подходе осуществляется на основе логической операции обобщения.

Естественнонаучный подход предполагает наличие заданной структуры знания или предположение о такой структуре, в соответствии с которой осуществляется анализ объекта изучения. Способ естественнонаучного построения знания – дедукция, а основная логическая операция – анализ.

В некотором приближении можно сказать, что **результатом естественнонаучного измерения является число, а результатом гуманитарного измерения – структура.**

Формализованные схемы и структуры имеют свойство устаревать, отставать от изменений, происходящих вокруг, не учитывать те факторы, которые ранее были несущественными и не оказывали влияния на рассматриваемую проблему. Поэтому в определенный момент системные знания могут оказаться ложными. Гуманитарный подход предполагает исходный отказ от заданных схем. Вспомним Б. Л. Пастернака: «И властью схем я близких не обидел...» Афористичную формулу гуманитарного знания вывел Сократ в своем знаменитом высказывании: «Я знаю, что ничего не знаю». Действительно, чисто гуманитарный подход предполагает априорный отказ от схем и структур, которые навязывают определенное заданное направление восприятия действительности.

Реальный процесс познания диалектически сочетает естественнонаучный и гуманитарный подходы. Первоначально строится гуманитарное знание индуктивным способом. По мере структуризации и концептуализации знания формализованная схема используется как инструмент анализа, т. е. применяется естественнонаучный подход. Часто в процессе познания, в большей степени ориентированного на естественнонаучный подход, используются априорные структуры и схемы,

разработанные в других областях знания на основе естественнонаучного подхода и абстрагированные от конкретной предметной области. Такой подход познания принято называть системным. Методология системного подхода в психологии плодотворно разрабатывалась Б. Ф. Ломовым и его учениками (Ломов, 1986).

В жизни часто наблюдается перекосяк в сторону естественнонаучного подхода, который вызывает резкое неприятие представителей гуманитарного подхода. Для ухода от естественнонаучного способа мышления, который имеет тенденцию подавлять гуманитарный, в процессе познавательной и преобразующей деятельности применяются так называемые техники активизации творческой активности, основной задачей которых является уход от схем и стереотипов. Примером такого подхода является концепция латерального мышления Эдварда де Боно (Эдвард де Боно, 1997).

Методология построения знаний, использующая гуманитарный подход и соответствующие ему измерительные процедуры, широко применяется в различных психотерапевтических методах. К числу таких методов можно отнести, например, метод персональных конструкторов Дж. Келли (Франселла, Банистер, 1987). В результате применения метода персональных конструкторов, в основе которого лежит анализ отношений «сходства–различия», строится формализованная модель субъективного восприятия человеком некоторой предметной области. Из других методов построения таких систем понимания, хорошо проработанных на теоретическом, методическом и прикладном уровне, можно назвать разработанную А. И. Галактионовым концепцию идеализированных структур деятельности, используемую автором и его учениками применительно к задачам инженерной психологии (Галактионов, 1978).

Вопросы применения математических методов для анализа результатов гуманитарных измерений

Первым этапом гуманитарного измерения является именование образов. Следующий этап – установление логических связей между образами. При этом процедура установления связей должна быть адекватной преобразованиям, которые осуществляет человек в своем субъективном пространстве при установлении соответствующих связей. Первый очевидный вариант действий в такой ситуации – предоставить человеку самому определить и назвать соответствующую связь. Такой вариант реализуется, например, когда человека просят расклассифицировать объекты, отображенные на бумажных карточках.

Другой известный способ такого типа гуманитарного измерения и аналитической обработки информации в области инженерно-психологического проектирования систем управления сложными объектами разработан А. И. Галактионовым в рамках его концепции идеализированных структур деятельности (Галактионов, 1978). А. И. Галактионовым и его учениками разработана система формализованных процедур структурированного интервью с профессиональными операторами сложных систем управления, в результате которых формулируется система причинно-следственных связей (дерево связей) между состоянием управляемого объекта и управляющими воздействиями оператора. При этом А. И. Галактионов выделил несколько уровней операционального восприятия состояния объекта,

на которых может работать оператор в зависимости от степени обученности, опыта работы и текущего состояния человека-оператора.

С позиций математической психологии представляют интерес разработки формальных математических процедур обработки данных. Здесь следует вспомнить исследования В. Ю. Крылова в области геометрических представлений субъективных пространств (Крылов, 2000). Он показал, что метрика субъективных пространств, используемая человеком при геометрических преобразованиях, не является евклидовой. В задачах, которые рассматривал В. Ю. Крылов, адекватной была метрика Минковского с $N = 5$ (евклидовая метрика представляет собой пространство Минковского с $N = 2$).

В то же время традиционно используемые методы обработки и анализа данных в психологических исследованиях основаны на преобразованиях расстояний в евклидовых пространствах. Можно предположить, что процедуры традиционных статистических вычислений данных психологического исследования, таких как факторный или кластерный анализ, было бы более правильно осуществлять в пространстве других метрик. В пилотажных экспериментах, проведенных нами в процессе работы в области организационного консультирования, был осуществлен сопоставительный анализ результатов экспериментов по классификации объектов. Результаты, полученные методом кластерного анализа, сравнивались с результатами классификации объектов участниками эксперимента, когда они вручную классифицировали названия объектов, зафиксированных на бумажных карточках. Оказалось, что эти результаты значительно различаются. Это, по крайней мере, позволяет сформулировать сказанное как проблему.

Далее мы рассмотрим некоторые вопросы применения математических методов для анализа результатов гуманитарных измерений.

Результаты гуманитарных измерений формулируются в виде различных типов логических отношений, например: «образ А является частью образа В», «образ А и образ В имеют общий признак С», «образ А и образ В различаются по признаку С» и др. Важнейшим видом логического отношения между двумя переменными является отношение «причина – следствие», которое мы и рассмотрим далее более подробно. Формальная конструкция, которая описывает логическое отношение «причина – следствие», называется продукционным правилом, или просто правилом. Важность этого вида отношения связана с тем, что именно этот он используется для объяснения и прогнозирования событий.

Знание правил позволяет успешно действовать, предвидя результат. В этом причина интереса к правилам. Врачам интересны правила типа: «Если человеку, страдающему такой-то болезнью в таких-то условиях, дать такое-то лекарство, то он выздоровеет или ему станет значительно легче, и при этом не возникнет побочных явлений». Подобные правила помогают врачу лучше делать свое дело. Для специалиста в области инженерно-психологического проектирования сложных систем управления важны правила типа: «Если температура в системе превышает верхнюю границу области допустимых значений температур, то необходимо открыть вентиль А». Другим примером из области психологии может быть следующее утверждение: если человек обладает высокой экстраверсией и высоким уровнем рационализма, то в 48 % случаев он может быть успешным руководителем (Крегер, Тьюсон, 1995).

На основе системы продукционных правил очень часто строятся так называемые «экспертные системы», или системы искусственного интеллекта, которые моделируют принятие решений в какой-то конкретной предметной области высокопрофессиональными специалистами в этой области.

Необходимым этапом построения экспертных систем является так называемая процедура «извлечения знаний эксперта», т. е. экспериментальное определение и формализация логических правил, которые используют эксперты, принимая решения в тех или иных ситуациях. Для извлечения знаний применяются гуманитарные процедуры измерения. В частности, одной из таких методик извлечения знаний и преобразования их в продукционные правила является так называемая система ETS (Expert Transfer System), основанная на использовании метода персональных конструкторов Дж. Келли. Продукционное правило в экспертных системах представляет собой конструкцию «Если А, то Б с коэффициентом определенности С». Коэффициент определенности – это доля случаев, в которых правило выполняется.

Метод гуманитарного измерения и формализации гуманитарного знания на основе психологического метода персональных конструкторов достаточно хорошо известен среди профессиональных психологов. Основой этого метода является процедура формирования номинативных переменных на основе использования отношения «сходства–различия» между объектами.

Гораздо менее известным формализованным методом аналитической обработки результатов гуманитарного измерения является метод детерминационного анализа, разработанный российским математиком и социологом С. В. Чесноковым (1986). Основная идея детерминационного анализа – это также идея правила, которое можно найти по частотам совпадений или несовпадений событий. Примечательно, что такой механизм формирования правила, или причинно-следственной связи между двумя номинативными переменными, адекватен психологическому механизму формирования причинно-следственной связи между образами в сознании человека или другого живого существа. Это, по сути, доказал русский физиолог И. П. Павлов в хрестоматийных экспериментах по формированию условного рефлекса. Действительно, сила условного рефлекса прямо пропорциональна условной вероятности подачи пищи испытуемой собаке после загорания лампочки.

Люди так же находят правила (детерминации), наблюдая совпадения либо несовпадения событий. Например, если замечено, что появление А всегда сопровождается появлением В, значит есть правило «Если А, то В», или, короче, $A \rightarrow B$.

В детерминационном анализе любое правило имеет две фундаментальные характеристики – точность и полноту. Точность правила $A \rightarrow B$ – это, по определению, доля случаев В среди случаев А. В общем случае полнота правила $A \rightarrow B$ есть, по определению, доля случаев А среди случаев В. Полнота правила $A \rightarrow B$ равна точности обратного правила $B \rightarrow A$, а точность правила $A \rightarrow B$ равна полноте обратного правила. При перемене направления стрелки в любом правиле точность и полнота меняются местами.

Говоря языком математической логики, точность правила определяет уровень необходимости условия-причины для выполнения условия-следствия, а полнота определяет уровень достаточности условия-причины для выполнения условия-следствия.

При проведении исследования на основе гуманитарного подхода метод детерми-национного анализа гораздо более адекватен установлению связей между изучаемыми событиями или явлениями по сравнению с традиционным использованием, например, метода корреляционного анализа. В отличие от метода корреляционного анализа, метод детерминационного анализа устанавливает несимметричные меры связи. Более того, для применения метода детерминационного анализа совершенно не важно количество наблюдений, и в этой связи он конкурирует с непараметрическими методами. Указанное обстоятельство позволяет эффективно его использовать при формировании базы правил в процессе создания экспертных систем.

Экспериментальное исследование процесса концептуализации знаний группой экспертов на основе гуманитарного подхода

Некоторое время назад мы провели специальное экспериментальное исследование, направленное на моделирование процесса концептуализации знаний на основе гуманитарного подхода. В процессе исследования формировались групповые системы взаимопонимания и взаимоприятия картины предметной области на основе контингентной системы знания этой предметной области. В методику формирования знания о предметной области были заложены некоторые идеи концепции идеализированных структур деятельности А. И. Галактионова (Галактионов, 1978).

Исследование осуществлялось совместной исследовательской группой ЦНИИ «Электроника» (О. К. Ритер, И. П. Беляев и Е. А. Трофимов), двое из членов которой являются учениками А. И. Галактионова, и лаборатории инженерной психологии Института психологии РАН (В. Б. Рябов) было проведено постановочное исследование по организации взаимодействия экспертов при построении концептуальной модели знания в определенной предметной области (Рябов, 2002).

В основу технологии были положены разработки и наш опыт в области инженерно-психологического проектирования информационных систем, работы с экспертами, направленной на конструирование продуктивных решений и генерацию творческой активности. При этом ставилась задача разработки информационной технологии совместной аналитической и креативной деятельности неограниченного числа участников этой деятельности.

В качестве экспертов в исследовании участвовали сотрудники одной из кафедр МГУ, которые продуцировали новую научную информацию и строили концептуальную базу знаний в конкретной предметной области по профилю своей профессиональной деятельности. С этой целью была разработана специальная технология, являющаяся прообразом совместной информационной деятельности в ситуационной комнате (Бир, 1993). Задачей исследования была апробация подхода к построению базы знаний на основе текстовой информации, отладка методики и выявление психологических приемов эффективного управления процессом продуктивной деятельности экспертов и их взаимодействия.

Процедура получения исследовательской информации полностью соответствовала гуманитарному подходу и основывалась на дедуктивном методе генерации информации. Технология представляет собой специально управляемый руководителем (модератором) процесс работы группы экспертов с информацией, отно-

сящейся к рассматриваемой предметной области. В постановочном исследовании деятельность экспертов осуществлялась в «ручном» режиме.

На первом этапе осуществлялась подготовка исходных информационных фрагментов, относящихся к рассматриваемой предметной области. В качестве первичных источников информации использовались публикации в прессе, научные статьи, Интернет, предварительные предложения и проработки, результаты исследований, другие источники информации, относящиеся к рассматриваемой проблеме (фрагменты теле- и радиопередач, персональные высказывания и проч.).

В процессе выполнения основной деятельности (второй этап) эксперты под управлением модератора формировали ядро базы знаний в конкретной предметной области. Одной из функций модератора на этом этапе является управление структурированием информации. По сравнению с первым этапом здесь изменяется и характер работы экспертов, и ее организация, однако деятельность по предварительной обработке и анализу первичной информации сопровождает и этот этап работы.

Таким образом, исходный информационный материал был общим и одинаково воспринимаемым всеми экспертами перечнем элементарных информационных фрагментов, создающих у всех экспертов – участников исследования одинаковые первичные образы. В процессе последующей концептуализации имеющегося информационного массива, которая осуществлялась в режиме совместной деятельности, эксперты естественным образом разделились на две вполне обособленных группы, каждая из которых строила свою концептуальную модель видения предметной и проблемной области. В результате было построено две модели, описывающие совместную деятельность в рассматриваемой предметной области. Одна модель использовалась всеми экспертами до проведения исследования, а другая модель представляла собой совершенно новый продукт их творческой совместной деятельности. Этот процесс моделирует разделение группы экспертов по общности групповой модели и групповых образов, а следовательно, и по моделям взаимопонимания в данной конкретной предметной области.

В контексте излагаемой проблемы был получен следующий важный результат. В процессе концептуализации знания в рассматриваемой предметной области эксперты разделились на две группы, каждая из которых сформировала свою концептуальную модель этой предметной области. Одна группа экспертов вышла на концептуальную модель, которая отвечала традиционным представлениям, существовавшим в среде экспертов, в то время как вторая по ряду элементов и связей принципиально отличалась от нее. В соответствии с идеями излагаемого подхода можно проинтерпретировать этот результат как процесс формирования двух систем группового понимания.

Кроме того, в процессе апробации были получены другие весьма интересные и обнадеживающие результаты, которые не имеют прямого отношения к предмету нашего обсуждения, а также отработаны методические приемы информационно-аналитической и творческой деятельности.

Во-первых, было зафиксировано заметное сплочение творческого коллектива, переход от индивидуального режима аналитической и творческой деятельности к коллективному, командному режиму выполнения такой деятельности. За отно-

нительно непродолжительное время проведения исследования обозначилась явная тенденция изменения существующей организационной культуры в направлении от культуры личности к культуре задачи (или проектной культуры) (Рябов, 2005).

Во-вторых, резко возросла продуктивность работы экспертов – участников эксперимента. По их признанию, за три недели основной деятельности им удалось сгенерировать столько новой информации, сколько они не произвели за три предшествующих года.

В-третьих, разработанная технология выявила мощные диагностические возможности объективной оценки уровня аналитического, концептуального и креативного мышления, а также ролевого поведения в группе. Последнее обстоятельство позволяет решать задачу создания оптимальной структуры коллектива, расстановки персонала и выявления скрытого и неиспользуемого потенциала.

Заключение

Подводя итог, еще раз подчеркнем, что гуманитарный подход в познании, в отличие естественнонаучного подхода, представляет собой изучение живого живым. При этом постулируются суверенитет, самодетерминация и активность познаваемой сущности, а также принцип относительности (зависимости результата измерения от характеристик наблюдателя).

В основе понятия гуманитарного измерения лежит понятие образа. Образом называется любое ощущение, которое может быть запомнено и узнано. Первичной процедурой гуманитарного измерения является приписывание образу имени, т. е. измерение в номинальных шкалах. Одинаковые имена образов ситуаций и явлений внешнего мира у разных людей связываются с идентичными ситуациями и явлениями. Эта идентичность устанавливается путем процесса общения и установления понимания и взаимопонимания между людьми.

Анализ информации в процессе гуманитарного познания представляет собой установление связей между образами. В отличие от естественнонаучного измерения и анализа информации, между объектами измерения устанавливаются связи не только типа «больше–меньше» и «дальше–ближе», но и связи типа «причина– следствие», «часть–целое», «сходство–различие» и другие логические отношения, определяющие структуру знания, соответствующие структуре естественного языка.

Преобразование измеренной гуманитарным способом информации в объективное знание осуществляется на основе психологического механизма понимания; принципиальная возможность и механизм понимания основываются на существовании у разных людей базового набора исходных образов, свойственных человеку как представителю рода человеческого, и механизма общения как средства согласования систем образов. В процессе общения разные люди устанавливают взаимосвязи между существующими у них системами образов. В первом приближении можно сказать, что результатом физического измерения является число, результатом гуманитарного измерения – структура.

Традиционно используемые методы обработки информации основываются на геометрических преобразованиях в евклидовом пространстве; экспериментальные и теоретические исследования В. Ю. Крылова показали, что человек при выполнении соответствующих геометрических преобразований работает с помощью

метрик других пространств (например, метрики в пространстве Минковского). Таким образом, гуманитарный подход к анализу информации должен применять формализованные процедуры, в том числе процедуры статистической обработки, в адекватных метриках. Выявление этих адекватных пространств и разработка на их основе адекватных способов преобразования и обработки информации является актуальной задачей математической психологии.

Адекватными методами измерения и обработки информации, соответствующими гуманитарному подходу, являются метод извлечения и анализа персональных конструктов, метод детерминационного анализа, метод инженерно-психологического проектирования информационной модели А. И. Галактионова, метод интервью. В целом гуманитарному подходу, как правило, соответствуют качественные методы исследования, а естественнонаучному – количественные. Ряд прикладных исследований (например, современные маркетинговые исследования) решают задачу минимизации недостатков каждого подхода и максимизации их достоинств путем объединения качественных и количественных методов в едином исследовании.

Литература

- Бир С.* Мозг фирмы / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993.
- де Боно Э.* Латеральное мышление. СПб.: Питер, 1997.
- Галактионов А. И.* Основы инженерно-психологического проектирования АСУ ТП. М.: Энергия, 1978.
- Крегер О., Тьюсон Дж. М.* Типы людей и бизнес: Как 16 типов личности определяют ваши успехи на работе / Пер. с англ. М.: Персей, Вече, АСТ, 1995.
- Крылов В. Ю.* Конкретно-методологические и теоретические проблемы математической психологии // Математическая психология: методология, теория, модели / Под ред. В. Ю. Крылова. М.: Наука, 1985. С. 106–115.
- Крылов В. Ю.* Методологические и теоретические проблемы математической психологии. М.: Янус-К, 2000.
- Ломов Б. Ф.* Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1986.
- Рябов В. Б.* Корпоративная культура и информационные технологии управления организацией на основе «ситуационной комнаты» // Современные проблемы психологии управления. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2002. С. 326–341.
- Рябов В. Б.* Команда как организация с эффективной корпоративной культурой // Методы исследования психологических структур и их динамики. Вып. 3 / Под ред. Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. С. 70–87.
- Франселла Ф., Банистер Д.* Новый метод исследования личности. М.: Прогресс, 1987.
- Чесноков С. В.* Основы гуманитарных измерений. М.: Наука, 1986.

Квазиизмерения в психологии: содержание, потенциал, перспективы

В. А. Толочек, В. Г. Денисова

В обсуждении вопросов измерений в психологии выделим несколько тезисов о содержании и структуре двух основных подходов к проблеме: «истинных» измерений (под которыми будем понимать признанные научным сообществом как объективные и соответствующие требованиям научности) и квазиизмерений, до настоящего времени широко и радикально не обсуждаемых в дисциплине.

Проблема измерений в психологии. Еще в период становления психологии как научной дисциплины на рубеже XIX и XX вв. принципиально встал вопрос о специфике гуманитарного знания в отличие от естественнонаучного (В. Вунд, В. Виндельбанд, Г. Риккерт, Ф. Шлеермахер, В. Дильтей, В. Штерн и др.). Аналогично, и также с момента зарождения дисциплины, проблема ставилась и в социологии (М. Вербе, Г. Зиммель и др.).

Тема особенности гуманитарного знания и, соответственно, гуманитарной традиции и гуманитарной научной парадигмы не утратила своей актуальности и столетие спустя – на рубеже XX и XIX вв. (Ф. Е. Василюк, В. А. Кольцова, В. М. Розин, В. Н. Цапкин, В. А. Юревич и др.).

Но при этом мы должны констатировать, что проблема измерений в психологии методически решалась исключительно в сциентистской традиции и, соответственно, в рамках сциентистской научной парадигмы.

Квазиизмерения в структуре дисциплинарных исследований. Сущность *квазиизмерений* в науке – конструирование «особой приборной ситуации» (В. С. Степин), пространственно выходящей за пределы одной географической точки (лаборатории с измерительными приборами) и одной системы измерительных координат (Степин, 2000), единой и непрерывной цепи измерительных процедур (Корнилова, 1998), во времени – за пределы единичного фрагмента (Толочек, 2004, 2005). *Квазиизмерения* позволяют изучать сложные «молярные» феномены при невозможности контролировать все исходные составляющие и условия (Корнилова, 1998).

Характерной особенностью зрелых научных дисциплин (астрофизика, физика, геология, антропология и др.) является выход за пределы «лабораторной прибор-

ной ситуации», активное обращение к ресурсам смежных дисциплин, активное использование новых методов исследования. Психология, можно надеяться, – не исключение в этом ряду.

Проблемы психологии как области потенциального применения квазиизмерений. Выделим некоторые «проблемные узлы» современной психологии как области потенциального применения квазиизмерений:

- 1 Разрывы «*линейного развития*» в становлении высшего профессионализма субъектов высококвалифицированного труда и сложность его оценки (Бодров, 2001; Завалишина, 2005; Поваренков, 2005; Пономаренко, 2004; Толочек, 2004, 2006; и др.).
- 2 *Порождение и развитие* психологических систем (Барабанщиков, 2005; Пова-ренков, 2005; Савченко, Головина, 2007; и др.).
- 3 Ограничения современной диагностики оценкой текущего состояния психологических систем и актуальность задач *оценки прошлого и будущего состояния* психологических систем.
- 4 Эволюция/инволюция *биологических и психологических систем и функций*, неустойчивость *состояния «вершины», этапные переструктурирования* психологических систем взрослого человека (Ананьев, 2002; Барабанщиков, 2005; Бодров, 2001, 2006; Поворенков, 2005; Толочек, 2006; и др.).
- 5 Проблемы интеграции методов психологии в комплексных исследованиях («вертикальной», «диагональной» и «горизонтальной» интеграции по А. В. Юревичу, 2005).
- 6 «Соппротивление экспертов», имеющих высокий профессиональный и социальный статус, методам традиционной диагностики.
- 7 Сложности измерения и прогноза в решении практических задач управления человеческими ресурсами.

Раскроем последний из тезисов. Согласно данным *метаанализа* научной литературы по проблеме профессионального отбора специалистов, менеджеров и руководителей подразделений компаний, валидность личностных и интеллектуальных тестов сравнительно невысока (0,10–0,40), и в общей иерархии используемых методов оценки профессиональной пригодности они занимают далеко не первые позиции. Они не превосходят интервью (0,00–0,40), тесты достижений (0,10–0,35), ситуативные методы (0,20–0,30), рекомендательные письма (0,00–0,26) и сильно уступают суждениям коллег (0,30–0,50), биографическим методам (0,40–0,70), ассесмент-центру (0,40–0,75) (Дуракова, 1998; Купер, Робертсон, Тинглай, 2005; Маничев, 2000; Фулер, Хьюбер, 2002). Другими словами, потенциал классической психологии, накопленный за столетие ее развития, уступает ценности суждений коллег, мнений соседей, родственников и сослуживцев, а также наблюдениям поведения человека в стрессовой и соревновательной ситуации.

Структура «истинных» и «квази»измерений в психологии. Сопоставляя организацию психологического исследования с использованием традиционных методик, обеспечивающих «истинные» измерения и получение «истинных» данных, с потенциалом квазиизмерений, можно выделить типичную структуру первого и второго подхода.

«Истинные» измерения в психологии характеризуются *одновекторной* структурой: *Активность S1 (психолога) × Пассивность S2 (испытуемого) × Предмет исследования.*

В качестве этапов измерения можно выделить следующие: исходная концепция (теория 0), методика измерения, предмет исследования (предмет 1), эмпирические факты (психодиагностические данные), научные факты (интерпретация), научная концепция (теория 1). Примечательно, что есть историческая тенденция увеличения числа этих этапов при неоднозначности причинно-следственных переходов между ними (Юревич, 2005). Другими словами, историческое удлинение этой цепочки не сопряжено с повышением надежности, точности и однозначности научного предсказания.

Более того, имеют место неочевидные неявные (латентные) посылки классической диагностики, ориентированной на получение «истинных» данных:

- Предмет нового научного исследования (предмет 1) входит в объем «родового» предмета (предмет 0), послужившего базой для разработки исходной научной концепции (теории 0) и методики, т. е. имеет место логическое отношение подчинения объема нового предмета исходному, «родовому».
- Методика, разработанная на базе исходной концепции (теории 0), всегда валидна, т. е. она абсолютно соответствует исходной научной концепции (теории 0) и каждому новому предмету исследования (предмету 1).
- Полученные в исследовании психодиагностические данные «объективны» и безупречны, т. е. процедуры диагностики полностью исключают промахи, случайные и систематические ошибки.
- Психодиагностические данные абсолютно «объективны», т. е. не содержат искажений, привносимых субъективностью исследователя (S1) и испытуемого (S2).
- Время есть несущественный фактор, оно неизменно или обратимо. Соответственно, все изучаемые процессы понимаются как стационарные, повторяемые и обратимые.
- В процессе диагностики мотивация субъекта всегда адекватна цели и задачам исследования, и отношение к ним не изменяется.
- Интерпретация психологом полученных им данных всегда «объективна» и безупречна.
- Интерпретация данных смещается от настоящего времени в прошлое, понятно, с потерей актуальности полученных данных.
- Соучастие испытуемого в интерпретации его данных исключено; оно воспринимается как излишнее и даже недопустимое.
- Новая научная концепция (теория 1), замещающая прежнюю (теорию 0), адекватна реальности.

«Квази»измерения в психологии могут иметь *двух-, трех- или четырехвекторную* структуру: *Активность S1 (психолога) × Активность S2 (субъекта = эксперта) × Предмет исследования × Время состояния систем (хронология) × Сферы жизнедеятельности человека.*

В качестве этапов измерения можно выделить следующие: исходная научная концепция (теория 0), методика измерения, предмет исследования (предмет 1),

измерение, эмпирические факты (психодиагностические данные), научные факты (интерпретация – в рамках теории 0), критика или подтверждение научной концепции (теории 0), реинтерпретация фактов и новая научная концепция (теория 1) или решение практической задачи.

Примечательно, что в рассматриваемом подходе: а) нет значительного увеличения числа этапов; б) периодически могут осуществляться *коррекции результатов* вследствие взаимодействия исследователя (S1) и эксперта-испытуемого (S2). К слову, в психотерапии, т. е. в *психологической практике*, как на стадии уточнения предмета работы (исследования), так и на стадии интерпретации получаемой информации участие клиента есть обязательное условие, а сама работа строится как *взаимодействие субъектов* – участников этого процесса. Периодическая коррекция результатов (действий) в процессе деятельности едва ли может рассматриваться как что-то новое и неприемлемое. Она должна рассматриваться как момент эволюции знания; в отечественной науке она связана с именами П. Е. Анохина и Н. А. Бернштейна.

Определение, «основные положения» и задачи квазиизмерений в психологии.

Под *квазиизмерениями (квазидиагностикой)* следует понимать совокупность принципов, форм и методических приемов организации исследования и получения эмпирических данных (*квазиданных*) посредством выхода за границы вектора «психолог–метод–испытуемый (пассивный)–предмет исследования» в *пространство измерения: «психолог–метод–эксперт (активный испытуемый)–предмет исследования–время–сферы жизнедеятельности».*

Квазиизмерение как методический подход позволяет выделять фрагменты действительности, представляющие особый научный интерес, выявлять научные лакуны и сканировать проблемное поле научной дисциплины, охватывать в одном исследовании зарождение и эволюцию разных психологических систем, смещаться по вектору времени в обоих направлениях (прошлое–настоящее–будущее), на основании литературных и квазиданных обоснованно оценивать (принимать или отвергать) рабочие гипотезы, а также выделять новые актуальные научные проблемы.

Квазиизмерения мы рассматриваем как методический инструментарий, разрабатываемый под специфику класса научных и практических задач. Ориентированные на анализ больших массивов данных, квазиизмерения могут и должны сочетаться с выделением дополнительных *критериев оценки* состояния психологических систем и, возможно, новых средств математического анализа данных.

В основу квазидиагностики положено несколько *правдоподобных посылок*, расширяющих рамки традиционной диагностики: 1) Люди зрелого возраста способны достаточно адекватно рефлексировать и оценивать содержание своей профессиональной деятельности и делать соответствующие выводы. 2) Люди способны интуитивно, на основании явного и неявного знания, строить «имплицитные теории» своего поведения и деятельности, прогнозировать и оценивать события своей жизни и жизни других людей. 3) Люди зрелого возраста имеют достаточный опыт профессионального и иного взаимодействия с другими людьми. 4) Психологические механизмы рефлексии и ауторефлексии взаимосвязаны. 4) В профессиональные взаимодействия вовлечены лица с различными индивидуальными особенностями (разного пола, возраста, природной одаренности, профессиональной подготовленности, компетентности, квалификации и пр.), что обеспечивает целостность восприятия

субъектом явлений действительности, впоследствии выступающего материалом для его «имплицитных теорий». 6) Субъективные представления людей есть реальность, которую можно изучать, измерять, оценивать. 7) В психологии возможно измерение не только актуального состояния психического (процессов, состояний и свойств), но также прошлого и будущего состояния психологических систем и др.

Исходные положения квазидиагностики не противоречат данным современной когнитивной психологии. Они имеют известные аналоги, например, «репертуарные решетки» Дж. Келли, каузометрия А. А. Кроника и др.

Вышеизложенным условиям, согласно эмпирической проверке методики, соответствуют лица в возрасте от 20–23 до 65–75 лет, имеющие профессиональный стаж не менее одного года. Наиболее достоверные данные дают эксперты в возрасте от 30 до 65 лет.

Опыт использования квазиизмерений. В серии пилотажных и целевых исследований 2000–2007 гг. накоплен позитивный опыт (обследовано более 600 чел.) и установлены основные закономерности квазиизмерений (О. Е. Илгунова, О. В. Они-щенко, В. А. Толочек). Имеет место выраженная индивидуальная вариативность оценок. Индивидуальные диапазоны самооценок и экспертных оценок по большинству представленных шкал составляют от 0–2 до 7–8 баллов, т. е. охватывает от 50 до 75 % предложенной испытуемым 9-балльной биполярной шкалы (от 0 до 8). Имеет место повторяемость результатов в разных выборках; отсутствие значимых различий в самооценках субъектов и их экспертных оценка динамики становления составляющих профессионализма коллег. Большой диапазон оценок указывает на конструкционную валидность методики. Соответствие некоторых полученных результатов имеющимся литературным данным свидетельствуют в пользу содержательной валидности. Тест-ретестовая надежность методики удовлетворительна (80 чел. были повторно обследованы через семь дней: $r = 0,6–0,9$).

Посредством квазиизмерений выявлены повторяющиеся эффекты («профессиональная стандартизация» в середине карьеры, «принцип вложенных матрешек», «диапазоны пиков систем», «управленческий лаг» у руководителей и др.), представляющие научный интерес для проблематики психологии развития, психологии труда, акмеологии.

Результаты серии исследований позволяют выделить условия эффективного использования квази-измерений и пространство адекватности квази-данных:

- 1 Возраст экспертов – от 21–23 до 65–75 лет, наиболее достоверно – в интервале 30–65 лет.
- 2 Опыт (стаж работы, семейный стаж и т. п.) – от 1–2 лет, наиболее конструктивен он, видимо, после 5 лет.
- 3 Интервал рефлексии процессов, состояний и фактов прошлого – до 30–35 лет.
- 4 Интервал прогнозирования процессов и состояний будущего – до 30–35 лет.
- 5 Типы психологических систем как предмет исследования (объекты экспертизы) находятся в широком диапазоне (например, в наших исследованиях ими были разные составляющие профессиональной деятельности – от отдельных «способностей» и «подструктур интеллекта» до «профессионализма» в целом).

Ресурсный подход в изучении способностей и квазидиагностика. Низкая эффективность парциального подхода в изучении профессиональных способ-

ностей, в изучении феномена высшего профессионализма вызывает неудовлетворенность специалистов, проявляющуюся как критика «психометрического интеллекта» (В. Н. Дружинин, Д. Н. Завалишина, М. А. Холодная и др.), критика «академического интеллекта» (Р. Стернберг и др.), как концепция внепрофессионального потенциала высокого профессионализма (Д. Н. Завалишина), концепция личностно-профессионального потенциала (В. Н. Марков, Ю. В. Синягин), концепция ИИВ-ресурсов (В. А. Толочек).

Множество проблемных аспектов в изучении профессиональных способностей, профессиональных достижений, процессов профессионализации сопряжены со следующими тенденциями: ведением новых обобщающих понятий, отражающих успешность деятельности субъекта; различием их содержательной интерпретации не только в смежных дисциплинах, но и в разных научных школах; введением в состав факторов профессиональной успешности высших личностных образований; меньшей разработанностью методов оценки успешности субъектов совместной деятельности (руководителя, в частности) сравнительно с представителями «индивидуальной» деятельности (специалистов); остающаяся до настоящего времени неудовлетворительной практика использования психологических методик в оценке профессиональной успешности руководителей и менеджеров и др. (В. А. Бодров, А. Л. Журавлев, В. А. Толочек и др.).

Перспективы использования квазиизмерений в изучении профессиональных способностей. Выделим некоторые практические аспекты использования квазиизмерений в изучении профессиональных способностей, успешности, становления: 1) Сканирование ресурсов разной природы (интра-, интер- и внесубъектных ресурсов). 2) Преодоление «сопротивления» высококвалифицированных профессионалов и субъектов, имеющих высокий социальный статус. 3) Возможности сравнительно быстрого получения массива данных позволяют вводить разные критерии оценки сложных психологических систем (профессиональных способностей, профессионально важных качеств, компетентности и т. п.), использовать разные критерии оценки динамики эволюции систем, разные методы математического анализа.

В качестве теоретических аспектов использования квазиизмерений в психологии можно назвать: 1) Моделирование комплексных исследований психических образований, сохраняющее целостность изучаемого предмета, реализующее «вертикальную», «диагональную» и «горизонтальную» интеграцию (по А. В. Юревичу). 2) Моделирование лонгитюдных исследований психического и психологического развития человека. 3) Разработка квазиизмерения как системного подхода.

В целом, квазиизмерения можно понимать как один из методов изучения становления и развития психологических систем, механизмов порождения, развития и функционирования целого и целостностей, как метод изучения психических явлений в единстве с условиями среды их порождения и развития, как «анализ интегральных психических образований, сохраняющих печать единства внутреннего мира человека» (Барабанщиков, 2005, с. 31). Квазиизмерения отвечают главным требованиям к системному методу исследования психики – это «а) чувствительность к интегральным (системным) качествам изучаемой реальности; б) возможность внутреннего синтеза (сопряжения) выделяемого плана (измерения) с другими планами (измерениями) объекта познания» (Барабанщиков, 2005, с. 38).

Литература

- Ананьев Б. Г.* О проблемах современного человекознания. СПб.: Питер, 2002.
- Барабанчиков В. А.* Принцип системности в современной психологии: основания, проблемы, тенденции развития // *Идея системности в современной психологии*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. С. 9–47.
- Бодров В. А.* Психология профессиональной пригодности. М.: ИП РАН, 2001.
- Бодров В. А.* Психология профессиональной деятельности: Теоретические и прикладные проблемы. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006.
- Василюк Ф. Е.* Понимающая психотерапия: опыт построения психотехнической системы // *Гуманитарные исследования в психотерапии*. М.: МГППУ-ПИ РАО, 2007. С. 159–203.
- Дружинин В. Н.* Психология способностей. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007.
- Дуракова И. Б.* Управление персоналом: отбор и найм. Исследование зарубежного опыта. М.: Центр, 1998.
- Журавлев А. Л.* «Социально-психологическая зрелость»: попытка обосновать понятие // *Феномен и категория зрелости в психологии*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 198–222.
- Завалишина Д. Н.* Практическое мышление: Специфика и проблемы развития. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005.
- Илгунова О. Е.* Динамика стилей профессиональной деятельности на разных этапах карьеры государственных служащих: Автореф. дис. ... канд. психол. наук. М., 2005.
- Кольцова В. А.* Теоретико-методологические основы истории психологии. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2004.
- Кроник А. А., Ахмеров Р. А.* Каузотметрия: Методы самопознания, психодиагностики и психотерапии в психологии жизненного пути. М.: Смысл, 2003.
- Купер Д., Робертсон И., Тинглай Г.* Отбор и найм персонала: технологии тестирования и оценки. М.: ООО «Вершина», 2005.
- Маничев С. А.* Методы диагностики ПВК менеджеров // *Психология менеджмента* / Под ред. Г. С. Никифорова. СПб.: СПбГУ, 2000. С. 243–280.
- Марков В. Н.* Личностно-профессиональный потенциал управленца и его оценка. М.: РАГС, 2001.
- Марков В. Н.* Проблемы профессиональной самореализации кадров управления. М.: РАГС, 2004.
- Маркова А. К.* Психология профессионализма. М.: РАГС, 1996.
- Поваренков Ю. П.* Системогенетическая концепция профессионального становления человека // *Идея системности в современной психологии*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. С. 360–384.
- Пономаренко В. А.* Психология духовности профессионала. М.: ПЕР СЭ, 2004. Практический интеллект / Р. Дж. Стернберг и др. СПб.: Питер, 2002.
- Савченко Т. Н., Головина Г. М., Сочивко Д.* Метод измерения субъективного качества жизни и удовлетворенности жизнью // *Методы исследования психологических структур и их динамики*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 5–18.

- Синягин Ю. В.* Личностно-профессиональный опросник РАГС и его модификация. М.: РАГС, 2004.
- Степин В. С.* Теоретическое знание. Структура, историческая эволюция. М.: Прогресс-традиция, 2000.
- Розим В. М.* Наука: происхождение, развитие, типология, новая концептуализация. М.: Изд-во МПСИ, 2008.
- Толочек В. А.* Квазидиагностика и проблемы целостного изучения человека // Мир психологии. 2004. № 4. С. 100–111.
- Толочек В. А.* Акме, профессионализм и социальная адаптация человека: периодизация развития и типология социальной активности // Смысл жизни и акме: 10 лет поиска / Материалы VIII–X симпозиумов. Ч. 1. М.: Смысл, 2004. С. 172–180.
- Толочек В. А.* Социализация в квадрате: локализация феномена «акме» и его вероятные детерминанты // Мир психологии. 2005. № 4. С. 50–75.
- Толочек В. А.* Адаптация субъекта к социальной среде: парадоксы, парадигмы, психологические механизмы // Мир психологии. 2006. № 3. С. 127–142.
- Толочек В. А.* Профессиональная пригодность субъекта: ретроспектива и перспектива оценки // Акмеология. 2006. № 1. С. 70–82.
- Толочек В. А.* Общий подход и частные результаты комплексных исследований феномена «человек» в научной школе Б. Г. Ананьева // Вопросы психологии. 2007. № 5. С. 161–169.
- Толочек В. А.* Профессиональная успешность субъекта: Психологические и социальные контексты // Методы исследования психологических структур и их динамики / Под ред. Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. Вып. 4. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 69–81.
- Толочек В. А.* Профессиональные способности: интерсубъектные, интрасубъектные и внесубъектные ресурсы профессиональной успешности // Тенденции развития современной психологической науки. Тезисы юбилейной научной конференции / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцов. Ч. 1. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 368–371.
- Толочек В. А.* Современная психология труда. СПб.: Питер, 2008.
- Фулер С. Р., Хьюбер В. Л.* Набор и отбор персонала // Управление человеческими ресурсами / Под ред. М. Пула, М. Уорнера. СПб.: Питер, 2002. С. 846–861.
- Холодная М. А.* Психология интеллекта: парадоксы исследования. СПб.: Питер, 2002.

Квазиизмерения как инструмент оценки профессионализма субъекта

В. А. Толочек, А. В. Толочек, Н. И. Журавлева

Проблема профессионализма субъектов квалифицированного труда достаточно долго рассматривается в акмеологии. Акмеология – новая научная дисциплина, заявившая о себе в конце 1980-х годов. За период становления определились ее приоритетные цели и задачи, предметное и объектное пространство. Выделена ее основная научная проблематика – профессиональное становление и профессиональное развитие субъекта квалифицированного труда (Акмеология, 2002; Бодалев, 1998; Деркач, Зазыкин, 1998; Марков, 2001; Маркова, 1996; Синягин, 2004; и др.). В акмеологической парадигме предполагается, что процессы профессионализации субъекта сочетаются с гармоничным его развитием как личности и полноценной самореализацией человека в разных сферах бытия.

Если на первом этапе становления акмеологии ее объектом был, главным образом, профессионализм деятельности учителей (Кузьмина, 1990), на втором – развитие субъектов государственной службы, то в настоящее время в сферу интересов дисциплины входят все новые и новые отрасли знаний, виды профессиональной деятельности, ключевые проблемы гуманитарного знания.

Настоящее состояние акмеологии – активная экспансия в смежные дисциплинарные области. Цель акмеологии определяется предельно широко – как «совершенствование человека, помощь ему в достижении вершин в физическом, духовно-нравственном и профессиональном развитии, гуманизация данного развития» (Акмеология, 2002, с. 5). Ее объект – «прогрессивно развивающаяся зрелая личность, самореализующаяся, главным образом, в профессиональной деятельности и достигающая вершины в своем развитии». Предметом акмеологии являются «процессы, закономерности и механизмы совершенствования человека как индивида, индивидуальности, субъекта труда и личности в жизнедеятельности, профессии, общении». В более узком аспекте предмет дисциплины на данном этапе ее развития определен как «поиск закономерностей саморазвития и самосовершенствования зрелой личности, самореализации в разных сферах, самообразования, самокоррекции и самоорганизации» (Деркач, Зазыкин, 1998, с. 21).

В акмеологии личностная и профессиональная зрелость субъекта рассматривается как многомерная характеристика состояния взрослого человека. Она охватывает сравнительно продолжительный период его прогрессивного развития, связанно-

го с большими профессиональными, личностными и социальными достижениями. Важное место в понимании феномена имеют предельно общие, интегральные образования, такие как «физическая» и «духовная» «личностная зрелость». Среди множества характеристик и критериев развития человека как субъекта и как личности выделяются несколько магистральных путей. Один из них – когда совмещающиеся «пики» в прогрессивном физическом, профессиональном, личностном развитии и стабильные фазы зрелости человека как индивида, субъекта и личности понимаются как «акме» (Бодалев, 1993, 1998; Деркач, Зазыкин, 1998; Маркова, 1996).

Однако многие теоретические посылки современной акмеологии далеко не бесспорны. Часто они не подкреплены необходимой и достаточной эмпирикой. Само фактическое отождествление феноменов «субъект» (высококвалифицированного труда) и «личность» видится неправомерным, а отождествление траекторий и процессов профессионального становления субъекта, развития личности, полноценной самореализации человека в разных сферах бытия при условии сохранения физического, нравственного и духовного здоровья есть упрощение и идеализация и процессов, и условий жизни человека, и самой сущности сложных систем (Толочек, 2004, 2005, 2007).

Пожалуй, наиболее серьезный недостаток акмеологии состоит в том, что онтология предмета и гносеология его изучения нередко подавляются аксеологией. Последовательное изучение взаимосвязи «позитивных» и «негативных» процессов развития, его нелинейности, неизбежных спадов и кризисов даже в целом благополучной карьеры часто приносится в жертву «безупречной позитивности» аксиологических постулатов.

Второй принципиальный недостаток акмеологии – методологическая и методическая нерешенность проблемы измерения эволюции психологических феноменов.

Внимание к проблемам зрелости с других методологических позиций сразу же обнаруживает и многогранность проявлений человека, и нелинейность траекторий его развития, и расщепление процессов эволюции/инволюции, и гетерохонность становления разных свойств человека, и, конечно, нечеткость и недостаточность понятийного аппарата (Бодров, 2006, 2007; Завалишина, 2006; Журавлев, 2007; Русалов, 2007; Сергиенко, 2007; Толочек, 2007; и др.)

Согласно акмеологическому подходу, все позитивные линии онтогенеза возможны лишь при определенном социальном контексте, прежде всего, профессиональном труде, высоком профессионализме и успешности человека как субъекта труда, его особом отношении к профессии, способствующем большей согласованности индивидуальности человека с разными сферами его бытия. Достижение акме может происходить где-то в середине жизненного пути при условии и в *процессе* становления человека как профессионала и как активного субъекта своей жизнедеятельности. Детерминантами качественных изменений социального и биологического функционирования человека могут выступать акме-условия – значимые обстоятельства, от которых зависит достижение высокого уровня прогрессивного развития зрелой личности, и акме-факторы – основные причины, движущие силы, главные детерминанты прогрессивного развития личности.

Однако психологические механизмы этих процессов пока не ясны, ключевые акме-условия и акме-факторы пока не выявлены и не описаны. Наше понимание

феномена «акме» следующее: реальные изменения в жизни человека предполагают первоначальное изменение им восприятия, оценки и отношения к определенным событиям своей жизни как к особым, рубежным, как к «акме-событиям». В качестве акме-событий могут выступать довольно обычные для многих людей обстоятельства их жизни (тяжелая болезнь, служебный конфликт, служебное перемещение, социальный успех и неудача, семейный конфликт, болезнь и смерть близких людей, нарушение жизненных планов и мн. др.), на которые люди чаще реагируют типично, стереотипно. Но лишь при некотором особом отношении к ним может последовать обновление, возрождение, преобразование, восхождение личности.

Таким образом, проблема изучения феномена «акме» может формулироваться как *проблема зарождения, становления, развития и функционирования сложных психологических систем* (Барабанщиков, 2005; Савченко, Головина, 2007; Толочек, 2005; и др.). В методическом плане она разворачивается в проблему *измерения состояний и динамики состояний психологических систем*.

В рамках акмеологического подхода наиболее эффективным решением видится агрегирование множества проявлений субъекта в понятии «потенциал», составляющие которого фиксируются посредством стандартных тестов и специфических опросников, а для вычисления интегральных показателей используется аппарат параметрической статистики (Марков, 2001; Синягин, 2004). Однако даже в больших по численности гомогенных выборках (порядка 200–250 государственных служащих) точность разделения испытуемых на подгруппы сравнительно невысока, различия количественных характеристик (значений по шкалам психологических тестов) между полярными подгруппами невелики (в пределах 0,1–1,0 балла или стана), а статистическая значимость различий для большинства шкал не достигается. Иначе говоря, следование учеными «классическому» пути изучения и измерения составляющих профессионализма дает удовлетворительные результаты, не более.

Другим возможным или даже альтернативным путем решения связанных научных и практических задач нам видится *квазидиагностика (квазиизмерения)*. В сравнении с вышеназванными, рассматриваемый нами ниже подход является более экономичным как в аспекте сбора необходимых диагностических данных, так и последующих вычислений искомой качественной характеристики (пригодности, стрессоустойчивости, перспективности и т. п.).

Под *квазиизмерениями (квазидиагностикой)* условимся понимать совокупность принципов, форм и методических приемов организации исследования и получения эмпирических данных (*квазиданных*), посредством выхода за границы одного вектора: *Активность S1 (психолога) × Пассивность S2 (испытуемого) × Предмет исследования*, в пространство измерения пространственную трех- (четырёх-) векторную структуру: *Активность S1 (психолога) × Активность S2 (субъекта = эксперта) × Время оценки состояния систем (хронология) × Сферы жизнедеятельности человека*.

Одним из важных «технических» вопросов, значимых для успешности решения широкого спектра научных и практических задач, нам видится *методическая оптимальность* – неперегруженность процедур измерения, оценки и интерпретации данных исследования и его результатов. После серии пилотажных проверок методик на надежность и валидность с положительными результатами, актуальными стали

вопросы оптимизации процедур измерений и вычислений, приведения их к «достаточному и необходимому» состоянию.

Целью нашего исследования был поиск оснований оптимизации размерности пространства признаков и точности разделения субъектов. В качестве инструментов рассматривались стандартные методы параметрической статистики (факторный, кластерный, дискриминантный анализ). Одна из задач состояла в уменьшении (уплотнении, свертывании, оптимизации) N-мерного пространства признаков при сохранении точности разделения субъектов на основании дискриминантного уравнения.

Предполагалось, что в пределе можно получить уравнения, позволяющие с точностью до 100 % разделять группы субъектов, различающихся между собой по каким-то «внешним» признакам (пол, возраст, занимаемая должность и т. п.) и существенно различающихся по «внутренним», субъектным признакам (уровень профессионализма, компетентности, стадии личностно-профессионального развития, профессиональных деструкций и пр.).

В качестве «внутренних», субъектных признаков динамики становления профессионализма были взяты несколько психологических систем (общая одаренность в отношении профессий разных типов, обучаемость, креативность, возрастная динамика изменения обучаемости, креативности, становления профессионализма в целом).

В первой части работы на выборке государственных служащих (всего 71 чел.) оценивался сравнительно большой перечень составляющих профессионализма и личностно-профессионального развития субъектов (81 признак). Для выработки дискриминантного уравнения привлекались все изучаемые переменные. В серии разделения испытуемых по «внешним» признакам: возраст (до 33 лет / 34 и старше), пол (мужчины/женщины), должностная позиция (специалисты/руководители), полнота социализации (имеющие детей / детей нет). Во всех случаях была получена предельная точность (100 %).

Во второй части работы на выборке государственных служащих (всего 227 чел.) оценивался значительно меньший перечень составляющих профессионализма и личностно-профессионального развития субъектов (39 признаков). Для выработки дискриминантного уравнения также привлекались все изучаемые переменные. В серии разделения испытуемых по «внешним» признакам: возраст (до 33 лет / 34 и старше, до 40 / 41 и старше; до 45 / 46 и старше), пол (мужчины/женщины), должностная позиция (специалисты/руководители), полнота социализации (имеющие детей / детей нет); во всех случаях также была получена предельная точность (100 %).

Таким образом, уточнение зоны поиска позволило решить предельную задачу даже при более чем двукратном сокращении числа переменных, используемых для выработки дискриминантного уравнения на сравнительно представительной выборке – более 200 человек.

В третьей части работы на второй выборке государственных служащих (227 чел.) оценивалась точность разделения небольших групп испытуемых, различающихся по формальным признакам, в частности – по занимаемой ими должности. По другим «внешним» признакам (полу, возрасту, стажу работы, наличию детей) представи-

тели пяти подгрупп не различались между собой. При сопоставлении подгрупп специалистов (49 чел.) и ведущих специалистов (73 чел.) адекватное отнесение к своему классу составило 58,75 %. При сопоставлении подгрупп ведущих (73 чел.) и главных специалистов (49 чел.) – 66,6 %. При сопоставлении подгрупп главных специалистов (49 чел.) и начальников и заместителей начальников отделов (40 чел.) – 79,80 %. Для подгрупп заместителей и начальников отделов (40 чел.) и заместителей и начальников департаментов (16 чел.) адекватное отнесение к своему классу составило 85,65 %.

В плане анализа полученных результатов представляется принципиально важным, что именно на уровне должностной позиции «начальник отдела» происходит разделение субъектов, расщепление выборки на две качественно разные подгруппы – на специалистов (подчиненных) и руководителей (начальников). Эти две подгруппы различаются по восприятию себя и своей профессиональной карьеры, по отношению к обучению, по профессиональным потребностям и др. (Марков, 2001; Синягин, 2004).

В четвертой части работы методика квазидиагностики и процедура дискриминантного анализа проверялись на выборке частных охранников. Испытуемыми были две группы частных охранников: 1) специализирующееся на «охране физических лиц» – ОФЛ (престижная и хорошо оплачиваемая специализация, предполагающая высокий профессионализм и перспективу его развития, фактически профессиональная элита – 33 чел.) и 2) специализирующиеся на «физической охране объектов» – ФОО (наименее престижная специализация; представители имеют низкий социальный статус и невысокую оплату труда, образно говоря, «чернорабочие» – 32 чел.). Две группы различались не только по профессиональной специализации, но, что немаловажно, и по социальному статусу людей.

Для анализа использовалась меньшая размерность пространства данных (21 признак). При сопоставлении группы специализирующихся на «физической охране объектов» (32 чел.) и группы «телохранителей» (33 чел.) адекватное отнесение к своему классу составило 83,1 %. Представляется важным, что более высока точность отнесения субъекта к своей группе была у испытуемых, специализирующихся на охране физических лиц, т. е. в более гомогенной группе (93,9 %), а меньшая точность наблюдалась в более разнородной и пестрой по составу группе специализирующихся на физической охране объектов (71,9 %).

Обобщая полученные результаты, можно констатировать, что задача математически корректного и сравнительно точного выделения «внутренних», субъектных признаков актуального состояния и динамики становления сложных психологических систем (способностей, профессионализма и пр.) субъектов принципиально решается. К общему выводу можно также добавить следующее:

- 1 Временные интервалы адекватной рефлексии субъектом уровня развития его психологических систем, а также прогноза их состояния в будущем у представителей квалифицированного труда равны 25–35 годам. Это может использоваться в изучении ретроспективы и перспективы эволюции сложных феноменов (профессиональных способностей, профессионализма, профессиональной пригодности и т. п.). Самооценки субъектами эволюции составляющих их профессио-

Квазиизмерения как инструмент оценки профессионализма субъекта

нализма эквивалентны их оценкам как экспертов эволюции профессионализма других лиц. Последнее является вторым весомым аргументом в пользу широкого использования квазиизмерений в психологии.

- 2 Точность разделения представителей средних и малых социальных групп (30– 200 чел.) посредством выработанных дискриминантных уравнений на подгруппы лиц, различающихся по полу, возрасту, должностной позиции, престижу профессии (специализации), достаточно высока (до 85–100 %).
- 3 При уменьшении пространства учитываемых признаков (от 71 до 21) и состава сопоставляемых групп испытуемых (от 100 до 32–33 чел.) значимого уменьшения точности их отнесения к «своим» группам не происходит. Вероятно, границы точности дифференцирования субъектов на основании данных квазиизмерений являются следствием не случайных или систематических погрешностей квазиизмерений, а определяются границами гомогенности естественных контактных социальных групп (различия людей по полу, возрасту, уровню образования и т. п.).
- 4 Комбинации квазиизмерений и параметрических методов статистики могут служить эффективными инструментами оценки составляющих профессионализма субъектов.

Литература

Акмеология / Под общ. ред. А. А. Деркача. М.: РАГС, 2002.

Барабанчиков В. А. Принцип системности в современной психологии: основания, проблемы, тенденции развития // *Идея системности в современной психологии*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. С. 9–47.

Бодалев А. А. Вершина в развитии взрослого человека: характеристики и условия достижения. М.: Наука, 1998.

Бодров В. А. Психология профессиональной пригодности. М.: ИП РАН, 2001.

Бодров В. А. Психология профессиональной деятельности: Теоретические и прикладные проблемы. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006.

Бодров В. А. Профессиональная зрелость человека (психологические аспекты) // *Феномен и категория зрелости в психологии*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 174–197.

Деркач А. А., Зазыкин В. Г. Акмеология. СПб.: Питер, 2003.

Журавлев А. Л. «Социально-психологическая зрелость»: попытка обосновать понятие // *Феномен и категория зрелости в психологии*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 198–222.

Завалишина Д. Н. Практическое мышление: Специфика и проблемы развития. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005.

Кольцова В. А. История разработки в проблемы психологии зрелости // *Феномен и категория зрелости в психологии*. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 108–127.

Марков В. Н. Личностно-профессиональный потенциал управленца и его оценка. М.: РАГС, 2001.

Маркова А. К. Психология профессионализма. М.: РАГС, 1996.

В. А. Толочек, А. В. Толочек, Н. И. Журавлева

- Русалов В. М.* Зрелость: эмоциональная, нравственная, личностная, интеллектуальная, социальная, биологическая. Единая или множественная характеристика // Феномен и категория зрелости в психологии. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 29–48.
- Савченко Т. Н., Головина Г. М., Сочивко Д.* Метод измерения субъективного качества жизни и удовлетворенности жизнью // Методы исследования психологических структур и их динамики. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 5–18.
- Сергиенко Е. С.* Зрелость: молярный или модулярный подход // Феномен и категория зрелости в психологии. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 13–28.
- Синягин Ю. В.* Личностно-профессиональный опросник РАГС и его модификация. М.: РАГС, 2004.
- Толочек В. А.* Социализация в квадрате: локализация феномена «акме» и его вероятные детерминанты // Мир психологии. 2005. № 4. С. 50–75.
- Толочек В. А.* Адаптация субъекта к социальной среде: парадоксы, парадигмы, психологические механизмы // Мир психологии. 2006. № 3. С. 127–142.
- Толочек В. А.* Профессиональная успешность субъекта: Психологические и социальные контексты // Методы исследования психологических структур и их динамики / Под ред. Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. Вып. 4. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 69–81.
- Толочек В. А.* Современная психология труда. СПб.: Питер, 2008.

Оценка достоверности психофизических измерений

В. Е. Дубровский, О. В. Лови

Проблема оценки надежности психофизических измерений сопутствует практически любому психофизическому эксперименту. Для получения достоверных результатов ответы испытуемого приходится усреднять, а это подразумевает статистическую однородность экспериментальных данных. Практически это означает, что мы делаем ряд предположений о стратегии принятия решений испытуемым в ходе эксперимента. Считается, что при каждом предъявлении стимула испытуемый дает ответ, не зависящий от его ответов в предыдущих пробах. Подразумевается также, что реакция испытуемого целиком определяется предъявленным стимулом и не зависит от внесенсорных факторов. Кроме того, предполагается, что испытуемый всегда использует один и тот же механизм принятия решений, и его критерий от попытки к попытке не меняется.

Практически каждый, кто занимался психофизическими экспериментами, может подтвердить, что отклонения от этих предположений встречаются достаточно часто. Даже у тренированных наблюдателей встречаются ошибки измерения, обусловленные психофизиологическим состоянием, свойствами индивидуальности, интерпретацией инструкции и пр. Обычно считается, что эти ошибки редки, не вносят существенных погрешностей в результаты и ими можно пренебречь. Задача экспериментатора в том и заключается, чтобы путем долгой тренировки испытуемого добиться от него стабильных ответов, удовлетворяющих условиям статистической однородности.

С формальной точки зрения статистическая однородность данных означает, что они получены в результате независимых наблюдений и принадлежат одной и той же генеральной совокупности. Как писал И. Д. Мандель: «Статистическая однородность – понятие, базисное для статистики; общепринято, что какую-либо обработку статистических данных (усреднение, установление связей и т. д.) надо производить только в однородных группах наблюдений» (Мандель, 1988, с. 133). Чтобы иметь право объединять данные, полученные в различных экспериментальных сессиях, находить средние и т. п., необходимо вначале проверить статистическую гипотезу о том, что ответы испытуемого независимы и принадлежат одной и той же генеральной совокупности. Иначе оценки вероятностей, вычисляемые как арифметические средние, могут оказаться несостоятельными.

Несмотря на то что задача проверки однородности считается базовой для прикладной статистики и для ее решения разработано множество критериев, весь этот аппарат практически не применяется при обработке психофизических данных. Экспериментаторы принимают на веру то, что при использовании правильно выбранного экспериментального плана и привлечении тренированных испытуемых ошибками, обусловленными статистической неоднородностью, можно пренебречь. Часто это верно для долгих лабораторных экспериментов, в которых принимает участие несколько тщательно отобранных испытуемых. К тому же экспериментатор имеет возможность отбросить результаты сессии и провести эксперимент повторно, если ему показалось, что испытуемый не очень тщательно следует инструкции.

Ситуация усложняется, если приходится проводить массовое обследование, причем эксперимент идет в автоматическом режиме под управлением компьютера. Экспериментатор не может наблюдать в процессе эксперимента за каждым испытуемым и вынужден работать только с компьютерными протоколами. В таком формате психофизические тесты активно используются в медицине (простейший пример – оценка остроты зрения), так что проблема контроля статистической однородности полученных данных оказывается достаточно актуальной.

Еще более серьезные проблемы могут возникать, если в эксперименте используются адаптивные методы определения порогов. Чтобы прояснить суть проблемы, рассмотрим на качественном уровне, как «неправильное» поведение испытуемого может сказаться на результатах измерения порогов, полученных как при помощи классического метода постоянных раздражителей (Метод констант), так и современных адаптивных процедур.

Пусть имеется ряд стимулов, упорядоченных по величине некоторого физического параметра. Каждый такой тестовый стимул предъявляется испытуемому вместе с эталоном. Испытуемый должен определить, больше ли тестовый стимул (громче, ярче и т. п.), чем эталон. Обычно используется рандомизированный план эксперимента, и тестовые стимулы предъявляются в случайном порядке. На основании полученных данных для каждого тестового стимула вычисляется относительная частота правильных ответов. Определенная таким образом зависимость эмпирической вероятности правильного ответа от величины тестового стимула является психометрической функцией. Задав некоторую вероятность различения тестового стимула и эталона, по графику этой функции можно определить величину соответствующего этой вероятности дифференциального порога.

Использование рандомизированного плана эксперимента позволяет существенно уменьшить влияние возможной статистической зависимости ответов испытуемого на один и тот же тестовый стимул, так как его предъявление перемежается показами других тестовых стимулов. Пусть, например, испытуемый периодически просто нажимает, вне зависимости от предъявленного стимула, ту же самую кнопку, что и в предыдущей попытке. Это приведет к увеличению дисперсии оценки для каждого стимула и, соответственно, к расширению коридора ошибок для всей психометрической кривой. Однако оценки при этом окажутся несмещенными.

На практике часто экспериментатору необходимо измерить только величину порога, которая необходима для идентификации параметров некоторой модели сенсорной системы. Вся психометрическая кривая при этом не требуется. Ясно, что потратить на каждый порог сотни замеров представляется излишним рас-

точительством. Альтернативой является использование адаптивных процедур: испытуемому предъявляется очередной тестовый стимул, и в ответ на его реакцию компьютерная программа выбирает тестовый стимул для следующего показа. Процедура построена таким образом, чтобы последовательность тестовых стимулов сходилась к порогу за минимальное число замеров.

Такие методы пользуются сейчас большой популярностью, однако мало кто задумывается, за счет чего достигается ускорение процесса измерений. На самом деле, любая пороговая процедура обязательно включает (часто – в неявном виде) определенные предположения о стратегии принятия решений испытуемым, гарантирующие ее сходимость. При этом чем лучше адаптивная процедура согласована с такими предположениями, тем хуже сходимость алгоритма, если эти предположения реально не выполняются.

Статистическая однородность ответов испытуемого является главным из таких предположений. И если при использовании метода констант нарушение этого условия ведет к увеличению разбросов, сохраняя общий вид психометрической кривой, то точка, к которой сходится адаптивный алгоритм, может оказаться очень далеко от порога. Самое неприятное, что выявить это по протоколу эксперимента, вообще говоря, практически невозможно.

Итак, необходима методика, позволяющая проверять гипотезы о статистической однородности психофизических данных. При этом желательно не делать никаких предварительных предположений о стратегии принятия решений наблюдателем.

Нами была предложена и проверена на большом массиве экспериментальных данных непараметрическая процедура, позволяющая сравнивать между собой серии ответов и выявлять различные особенности формирования стратегии принятия решений испытуемым (Dubrovsky, 1996; Lovi, Dubrovsky, 1996).

Для каждого тестового стимула результаты серии экспериментов можно представить в виде таблицы сопряженности признаков (Фишер, 1958; Кендалл, Стюарт, 1973; Аптон, 1982) размерности $N \times 2$. N строк таблицы соответствуют экспериментальным сериям, а 2 столбца – двум категориям ответов, например, «Да»–«Нет». В клетки таблицы помещается число соответствующих ответов испытуемого (таблица 1). Пусть

- $r^i_{«Yes»}$ – число ответов «Да» на данный стимул в i -й серии;
- $r^i_{«No»}$ – число ответов «Нет» на данный стимул в i -й серии;
- r^i – общее число ответов на данный стимул в i -й серии;
- $r_{«Yes»}$ – общее число ответов «Да» на данный стимул во всех сериях;
- $r_{«No»}$ – общее число ответов «Нет» на данный стимул во всех сериях;
- r – общее число ответов на данный стимул во всех сериях.

Таблица 1

Таблица сопряженности признаков

	Ответ «Да» «Yes»	Ответ «Нет» «No»	Всего	
Серия 1	$r^1_{«Yes»}$	$r^1_{«No»}$	$r^1 = r^1_{«Yes»} + r^1_{«No»}$	
Серия 2	$r^2_{«Yes»}$	$r^2_{«No»}$	$r^2 = r^2_{«Yes»} + r^2_{«No»}$	
Серия N	$r^N_{«Yes»}$	$r^N_{«No»}$	$r^N = r^N_{«Yes»} + r^N_{«No»}$	
Всего	$r = r^1_{«Yes»} + r^2_{«Yes»} + \dots + r^N_{«Yes»}$	$r = r^1_{«No»} + r^2_{«No»} + \dots + r^N_{«No»}$	$r = r^1 + r^2 + \dots + r^N = r$	$r_{«No»}$

Сформулируем следующую *нулевую гипотезу*: для каждого стимула вероятности одинаковых ответов испытуемого не различаются во всех экспериментальных сериях. Известный метод проверки этой гипотезы (см., например: Кендалл, Стюарт, 1973) основан на использовании статистики χ^2 :

$$\chi^2 = \sum_{y=1}^m \frac{f_{y\cdot} - E_{y\cdot}}{E_{y\cdot}}$$

$f_{y\cdot}$ — частота ответов «Yes» в серии y ; $E_{y\cdot}$ — теоретическая частота ответов «Yes» в серии y ; $f_{\cdot j}$ — частота ответов «No» в серии j ; $E_{\cdot j}$ — теоретическая частота ответов «No» в серии j .

где $E_{y\cdot} = \frac{f_{y\cdot} \cdot N}{n}$

Чем сильнее зависимость ответов испытуемого от номера серии, тем больше будет величина χ^2 . Если нулевая гипотеза верна, то выборочное распределение статистики χ^2 приблизительно является распределением χ^2 с $m = N - 1$ степенями свободы. Нулевая гипотеза отвергается, если величина статистики χ^2 при заданном уровне значимости α превысит критическое значение χ^2_{α} распределения χ^2 (рисунок 1).

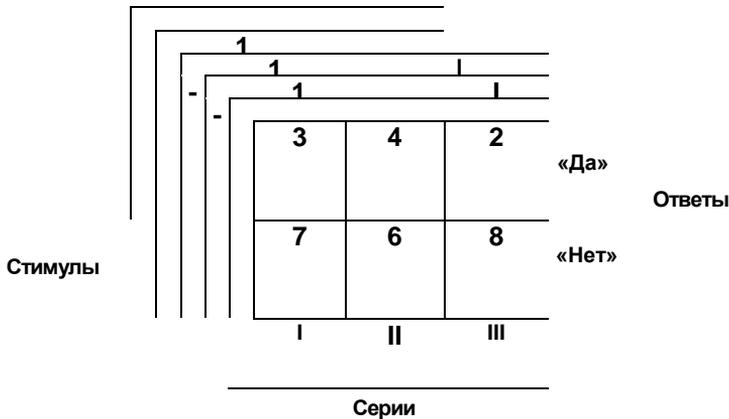


Рис. 1. Распределение ответов испытуемого

Таким способом можно проверять нулевую гипотезу отдельно для каждого тестового стимула. Нас же интересует возможность сравнения психометрических кривых в целом, т. е. необходим статистический критерий для работы с пакетом таблиц сопряженности.

Воспользуемся свойством аддитивности распределения χ^2 . Если имеются полученные для различных тестовых стимулов выборочные статистики $\chi_1^2, \chi_2^2, \chi_3^2, \dots$ с соответственно m_1, m_2, m_3, \dots степенями свободы, имеющие распределение $\chi_{m_1}^2, \chi_{m_2}^2, \chi_{m_3}^2, \dots$, то распределение суммарной статистики $\chi^2 = \chi_1^2 + \chi_2^2 + \chi_3^2 + \dots$ так же является распределением χ_m^2 с $m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$ степенями свободы. Суммарная мера различия χ^2 для всего пакета таблиц сопряженности может быть вычислена как сумма соответствующих мер для каждой из таблиц. При малой величине χ^2 можно принять нулевую гипотезу, в то время как большая величина позволяет сделать вывод о статистической неоднородности сравниваемых экспериментальных серий.

Этот тест, однако, является асимптотическим и может применяться не ко всем наборам экспериментальных данных. Использование статистики χ^2 допустимо, только если таблица сопряженности признаков удовлетворяет условиям Кокрена (Cochran, 1954): $E_{r}(J_{yes}) > C$ и $E_{r}'(No) > C$. Здесь C - константа Кокрена. Обычно используется значение $C = 1$. Практически это означает, что все клетки таблицы заполнены и в них не содержится слишком маленьких значений. В общем случае экспериментальные данные этому условию не удовлетворяют. Например, в таблице могут быть пустые клетки. Очевидно, например, что условие Кокрена не будет выполняться на концах психометрической функции, когда испытуемый дает только положительные или только отрицательные ответы.

Если какие-то таблицы сопряженности не удовлетворяют условию Кокрена, то обычно, чтобы выполнить это условие, объединяют данные соседних таблиц. Иначе говоря, предлагается объединять данные для близких по величине стимулов в одну таблицу, т. е. разбить все множество стимулов на группы, для каждой из которых можно применять статистику χ^2 . К сожалению, не существует общего решения относительно того, какой из способов группировки является оптимальным. Асимптотически, т. е. для бесконечной выборки, все варианты группировки эквивалентны, и можно использовать любой из них. Реально же имеется только конечная выборка, так что от выбора способа группировки может существенно зависеть интерпретация результатов.

Для изучения влияния выбора способа группировки на статистическую оценку был разработан алгоритм, реализованный в виде компьютерной программы, позволяющей перебрать некоторое множество возможных группировок и найти минимальное и максимальное значение χ^2 .

К сожалению, общее число различных вариантов группировки данных оказывается слишком большим. Легко показать, что для пакета из K таблиц сопряженности существует 2^{K-1} различных способов группировки данных. Например, при $K = 31$ (что соответствует числу тестовых стимулов в наших экспериментах, описанных ниже) число вариантов группировки приблизительно равно 10^9 , так что полный перебор займет слишком много времени. Можно, однако, ограничить множество перебираемых вариантов группировок, если потребовать, чтобы число объединенных таблиц оставалось возможно большим (что необходимо для сохранения мощности критерия).

Работа предлагаемого алгоритма основана на следующем эмпирическом правиле. Те таблицы сопряженности признаков в исходном наборе данных, которые удовлетворяют условию Кокрена, служат «центрами» групп. Все остальные данные объединяются с этими таблицами так, чтобы для нового набора таблиц условие Кокрена выполнялось. Отметим, что при этом не учитывается возможность объединения нескольких «плохих» соседних таблиц для образования полноценной группы, так как это усложнило бы работу алгоритма. В принципе возможна ситуация, когда программа не может вообще найти ни одного приемлемого способа группировки. Однако при обработке большого массива наших данных эта ситуация встречалась всего несколько раз.

При оценке различных группировок нельзя напрямую сравнивать статистики χ^2 , так как в эти группировках может быть разное число таблиц, и, соответственно,

нужно будет использовать распределение χ^2 с различным числом степеней свободы. Чтобы обойти эту трудность, в программе вычисляется так называемое Р-значение (P-value), т. е. вероятность реализации наблюдаемой или любой другой выборки с еще менее вероятным значением статистики X^2 при условии истинности нулевой гипотезы. По сути дела, Р-значение – это тот уровень значимости, при котором нулевая гипотеза могла бы быть принята для данной группы. Чем больше X^2 , тем меньше Р-значение. Если оно ниже, чем выбранный уровень значимости, то нулевая гипотеза должна быть отвергнута.

Алгоритм позволяет найти группировки, которым соответствуют минимальное и максимальное Р-значения. Если минимальное Р-значение меньше, чем выбранный уровень значимости, то это значит, что существует группировка данных, при которой нулевая гипотеза не может быть принята (слабое условие). Если же выбранный уровень значимости выше максимального Р-значения, нулевая гипотеза отвергается при любой группировке (сильное условие).

Наиболее естественным образом описываемый алгоритм реализуется как рекурсивная процедура, работу которой можно описать в виде следующего псевдокода:

Procedure Main

Шаг 1: Предварительный просмотр всего списка таблиц сопряженности признаков. Таблицы, для которых выполняется условие Кокрена помечаются как «центры». Все оставшиеся таблицы помечаются как «неопределенные»;

Шаг 2: Вызов процедуры Search;

Процедура Search;

Шаг 1: Просмотр списка таблиц для нахождения следующей «неопределенной»; **Шаг 2:** Если такая таблица существует **Тогда**

Определить эту таблицу как присоединенную к группе слева;

Вызов процедуры Search; Определить эту таблицу как присоединенную к группе справа; **Вызов процедуры Search; Иначе**

Вычислить статистики X^2_k для всех полученных групп; **Если** условие Кокрена выполняется только для одной таблицы

Тогда Выйти из процедуры Search; Вычислить суммарную статистику X^2 и соответствующее Р-значение; Сравнить Р-значение с найденными минимальным и максимальным Р-значениями;

Изменить эти значения при необходимости.;

Выйти из процедуры Search;

Конец процедуры Search.

Реализующая этот алгоритм программа была написана на языке Pascal. Она позволяет путем рекурсивного перебора найти варианты группировки, соответствующие минимальному и максимальному Р-значениям. Время, необходимое для работы про-

граммы, зависит от числа «неопределенных» таблиц, не удовлетворяющих условию Кокрена. При добавлении каждой такой таблицы к списку время вычислений удваивается. Таким образом, чем хуже экспериментальные данные, тем дольше работает программа. Если экспериментальный план выбран таким образом, что на каждый тестовый стимул приходится не очень большое число попыток, количество «неопределенных» таблиц быстро растет, что также ведет к увеличению времени вычислений.

На время работы программы также сильно влияет выбор константы Кокрена S . Действительно, чем больше S , тем точнее аппроксимация эмпирического распределения распределением χ^2 . Однако при этом уменьшается число групп, что ухудшает чувствительность теста.

Для исследования возможностей предложенного алгоритма были обработаны результаты специально проведенного психофизического эксперимента, в какой-то мере моделирующего ситуацию массового обследования. Большой группе нетренированных испытуемых предлагалось принять участие в типичном простом, но длительном психофизическом эксперименте с использованием метода констант, имеющего репутацию наиболее надежного среди классических психофизических методов.

В экспериментах участвовали более 110 испытуемых, студенты 2 курса д/о факультета психологии, не имевшие прежде опыта участия в психофизических исследованиях, в возрасте от 18 до 26 лет, с нормальным или скорректированным до нормального зрением. Эксперименты проводились в компьютерном классе, что позволяло одновременно тестировать до десяти испытуемых.

Задачей испытуемых было сравнение длин двух горизонтальных линий, предъявляемых одновременно на экране монитора. Проводилось измерение порогов различения длины линий. Длина одной из линий («эталон») была фиксированной на всем протяжении экспериментов и составляла 100 пикселей, длина другой («тест») варьировалась в диапазоне 85–115 пикселей с шагом в один пиксель. Сти-мульная последовательность, предъявляемая в каждой экспериментальной сессии, состояла из 620 проб. Таким образом, на каждую тестовую линию приходилось по 20 замеров. Порядок предъявления стимулов определялся полностью рандомизированным планом.

В исследовании были использованы две экспериментальные парадигмы: «Двух-альтернативный вынужденный выбор» (2AFC) и «Да–Нет» («Yes–No»). В первом случае местонахождение эталонной и тестовой линий выбиралось программой случайным образом, причем испытуемый не знал, какая из двух линий является эталонной. Он должен был указать, в какой половине зрительного поля предъявлена более длинная линия.

В случае использования метода «Да–Нет» испытуемому указывалось местоположение эталона (с помощью стрелки на экране), и его задачей было ответить на вопрос: «Действительно ли тест длиннее эталона?»

Нам представлялось интересным сопоставить результаты, полученные одним и тем же методом констант, но с использованием различных парадигм.

Каждый из методов реализовывался в двух модификациях: с оценкой степени уверенности испытуемого в правильности своего ответа и без таковой. В первом

случае испытуемый должен был в каждой экспериментальной пробе решать дополнительную задачу: оценить по пятибалльной шкале степень своей уверенности в том, что он ответил правильно. Ответ фиксировался путем нажатия соответствующей цифровой клавиши на клавиатуре.

Были проведены следующие эксперименты:

2AFC (с оценкой уверенности) – 134 эксперимента; 2AFC

– 243 эксперимента;

Yes–No (с оценкой уверенности) – 79 экспериментов;

Yes–No – 118 экспериментов.

Проверялись две гипотезы о стратегии принятия решений испытуемым в ходе эксперимента:

а) Критерий испытуемого не изменяется от серии к серии.

Нулевая гипотеза: частота правильных ответов не зависит от номера экспериментальной серии при фиксированной длине стимула.

Иными словами, зависит ли частота правильного ответа от номера экспериментальной серии (что позволит оценить правомерность объединения данных, полученных в разных сериях).

б) Ответ испытуемого в текущей пробе статистически не зависит от его ответа в предыдущей пробе.

Нулевая гипотеза: отсутствует статистически значимая зависимость ответа испытуемого в данной экспериментальной пробе от ответа в предыдущей пробе для фиксированной длины стимула.

Неблагоприятное влияние эффектов зависимости ответов испытуемого друг от друга многократно отмечалось при обсуждении классического метода пределов и его более современных модификаций. В отношении же метода констант традиционное использование рандомизированного плана предъявления стимулов, которое обеспечивает несистематичность влияния этого фактора на результат измерения, создало у исследователей иллюзию того, что им можно пренебречь вовсе. Мы сочли необходимым проверить, насколько часто встречается такая зависимость у наивных испытуемых в случае использования Метода констант, который сам по себе не провоцирует формирования подобной стратегии.

В основе большинства процедур измерения порогов лежит предположение, что каждая экспериментальная проба является для испытуемого отдельной задачей, причем его ответ в предыдущей пробе не влияет на процесс принятия решения. В то же время в психофизической литературе многократно упоминаются «ошибки ожидания» или «установки», что и является свидетельством возможной взаимозависимости ответов в последовательных пробах. Далее подобную стратегию принятия решений испытуемым мы будем называть «ориентацией на предыдущий ответ» (ОПР). Если испытуемый действительно использует такую стратегию, то для получения несмещенных оценок пороговых величин необходимо специальным образом модернизировать экспериментальную процедуру, чтобы уменьшить возможное влияние ОПР.

Обычно исследователи предполагают, что длительная тренировка испытуемых заставляет их отказаться от стратегии ОПР. Тем не менее специального тщательного исследования частоты появления таких ошибок не проводилось.

Нас интересовали следующие вопросы:

Часто ли подобная зависимость возникает при использовании различных экспериментальных процедур?

Является ли наличие такой зависимости характерным для определенных испытуемых, или она может проявиться рано или поздно у любого человека, участвующего в длительном монотонном эксперименте? наличие такой зависимости?

Для проверки нулевой гипотезы при помощи описанной выше программы весь массив данных, полученных в ходе каждого эксперимента, разделялся на два подмножества в зависимости от того, какая кнопка была нажата в предыдущей попытке. Два полученных таким образом набора данных (которые можно рассматривать как различные «эксперименты») сравнивались между собой. Отметим, что такой метод является достаточно универсальным и может с успехом применяться для проверки различных гипотез о характере принятия решений испытуемым в ходе эксперимента. Данные можно разделять на подмножества для исследования влияния любого внесенсорного фактора.

Результаты обработки полученных данных представлены в таблице 2.

Таблица 2
Зависимость ответов от номера серии

Уровень значимости	2AFC				2 AFC + Confidence				---- «Yes»-«No»			
	Min.		Max.		Min.		Max.		Min.		Max.	
< 0,1 %:	16	(16%)	16	(16%)	3	(7%)	3	(7%)	6	(14%)	6	(14%)
< 0,2 %:	18	(18%)	18	(18%)	4	(7%)	4	(7%)	8	(18%)	8	(18%)
< 0,5 %:	19	(19%)	18	(18%)	5	(10%)	5	(10%)	10	(23%)	8	(18%)
< 1 %:	23	(23%)	22	(22%)	14	(12%)	7	(12%)	12	(27%)	9	(20%)
< 2 %:	26	(26%)	25	(25%)	42	(12%)	10	(12%)	14	(32%)	12	(27%)
< 5 %:	33	(33%)	32	(32%)		(21%)	42	(17%)	18	(41%)	16	(36%)
< 10 %:	47	(47%)	41	(41%)		(33%)		(24%)	22	(50%)	19	(43%)
Всего групп экспериментов:	100	(100%)	100	(100%)		(100%)		(100%)	44	(100%)	44	(100%)

В столбцах таблицы приведено количество экспериментов, для которых отвергается нулевая гипотеза о возможности объединения экспериментальных серий для трех экспериментальных парадигм. В скобках указан процент от общего числа групп экспериментов. Колонки Min. соответствуют ситуации, когда существует хотя бы одна группировка данных, при которой нулевая гипотеза не может быть принята на уровне значимости, заданном в левой колонке (слабое условие). Колонки Max. отвечают случаю, когда нулевая гипотеза отвергается при любой группировке (сильное условие).

Характерно, что гипотеза об объединении экспериментальных серий отвергается для достаточно большого числа экспериментов без оценки уверенности – более 20 % экспериментов не удовлетворяют предположению о статистической однородности при 1 % уровне значимости. Если же от испытуемого дополнительно требовали оценить степень своей уверенности в правильности ответа, количество групп экспериментов, не проходящих тест, снижается почти в два раза. При этом сама информация об уверенности не использовалась при обработке данных. Возможное объяснение может заключаться в том, что испытуемый, оценивая степень уверенности, начинает более внимательно относиться к правильности своих ответов. Это, в свою очередь, стабилизирует используемый критерий принятия решений и уменьшает разброс данных.

В следующей таблице приведены результаты проверки гипотезы о независимости ответов испытуемого в последовательных попытках. В столбцах таблицы указано количество экспериментов, для которых отвергается нулевая гипотеза об отсутствии зависимости от предыдущего ответа для четырех экспериментальных парадигм. В данном случае оценка уверенности практически не улучшает результаты, однако обращает на себя внимание почти в пять раз большее количество экспериментальных серий, в которых тест не выполняется испытуемыми, при использовании метода «Да–Нет» в сравнении с двухальтернативным вынужденным выбором. Возможно, задача для нетренированного испытуемого оказывается слишком сложной: он должен понять, какой из двух стимулов на экране является эталоном, сравнить с ним тестовый стимул и дать ответ, что гораздо сложнее, чем просто ответить, какая из двух линий длиннее. Повторяющаяся монотонная задача в условиях дефицита времени и необходимость делать однозначный выбор в ситуации неопределенности заставляют испытуемого работать в состоянии стресса. В результате испытуемый стремится избежать, часто бессознательно, стрессовой ситуации, упрощая задание (таблица 3). Обычно используется регулярность ответов, например – простое чередование ответов «Да» и «Нет», или уставший испытуемый периодически просто нажимает на ту же кнопку, что и в предыдущей попытке, игнорируя предъявленные стимулы.

Таблица 3

Зависимость ответов от кнопки, нажатой в предыдущей попытке

Уровень значимости	2AFC				2AFC + Confidence			
	Min.		Max.		Min.		Max.	
< 0.1 %:	1	(0 %)	0	(0 %)	1	(1 %)	0	(0 %)
< 0.2 %:	2	(1 %)	0	(0 %)	2	(1 %)	0	(0 %)
< 0.5 %:	2	(1 %)	1	(0 %)	3	(2 %)	1	(1 %)
< 1 %:	7	(3 %)	2	(1 %)	5	(4 %)	1	(1 %)
< 2 %:	14	(6 %)	2	(1 %)	8	(6 %)	2	(1 %)
< 5 %:	29	(12 %)	12	(5 %)	19	(14 %)	4	(3 %)
< 10 %:	52	(21 %)	16	(7 %)	28	(21 %)	4	(3 %)
Всего экспериментов:	243	(100 %)	243	(100 %)	134	(100 %)	134	(100 %)

Продолжение таблицы 3

Уровень значимости	«Yes»-«No»				«Yes»-«No» + Confidence			
	Min.		Max.		Min.		Max.	
< 0.1 %:	8	(7 %)	2	(2 %)	9	(11 %)	2	(3 %)
< 0.2 %:	13	(11 %)	5	(4 %)	10	(13 %)	5	(6 %)
< 0.5 %:	15	(13 %)	6	(5 %)	11	(14 %)	7	(9 %)
< 1 %:	18	(15 %)	10	(8 %)	14	(18 %)	9	(11 %)
< 2 %:	23	(19 %)	13	(11 %)	16	(20 %)	11	(14 %)
< 5 %:	34	(29 %)	18	(15 %)	26	(33 %)	15	(19 %)
< 10 %:	53	(45 %)	23	(19 %)	37	(47 %)	20	(25 %)
Всего экспери мен тов:	118	(100 %)	118	(100 %)	79	(100 %)	79	(100 %)

Согласно полученным результатам, стратегия ОПР иногда использовалась более чем половиной испытуемых, хотя только некоторые из них применяли ее постоянно. В следующей таблице приведен процент испытуемых, использовавших стратегию ОПР по крайней мере один раз, два раза и три раза (соответственно, 2-я, 3-я и 4-я колонки) для двух уровней значимости: 5 % и 1 % (таблица 4).

Таблица 4
Процент испытуемых, использовавших стратегию ОПР

Уровень значимости	>1	>2	>3
5 %	68 %	24 %	2 %
1 %	34 %	12 %	2 %

Таким образом, появление неправильной стратегии в одном из экспериментов не является поводом для того, чтобы отвергать результаты других экспериментов с участием этого испытуемого.

Можно заключить, что анализ наших данных (вполне характерных для экспериментов этого типа) с помощью разработанной программы позволил выявить ряд особенностей, обычно не обнаруживаемых стандартными статистическими процедурами, но существенно влияющих на итоговые результаты. Как оказалось, нетренированные испытуемые часто меняют свой критерий принятия решений от серии к серии и применяют стратегию ориентации на предыдущий ответ. Определенные психофизические процедуры могут способствовать периодическому использованию таких стратегий.

На практике стратегия реального испытуемого значимо отличается от стратегии, предполагаемой концепцией идеального наблюдателя. У неопытных испытуемых частота использования неадекватных методу измерения стратегий значимо велика, что должно приниматься во внимание при разработке прикладных процедур оценки порогов. Можно сделать вывод, что участие в пороговых экспериментах неопытных испытуемых требует включения в экспериментальную процедуру дополнительных блоков контроля надежности результатов.

Литература

- Антон Г.* Анализ таблиц сопряженности. М.: Финансы и Статистика, 1982.
- Кендалл М. Дж., Стюарт А.* Статистические выводы и связи. М.: Наука, 1973.
- Мандель И. Д.* Кластерный анализ. М.: Финансы и Статистика, 1988.
- Фишер Р. А.* Статистические методы для исследователей. М.: Государственное статистическое издательство, 1958.
- Cochran W. G.* Some methods of strengthening the common χ^2 tests // *Biometrics*. 1954.
- Dubrovsky V. E.* The algorithm of mcs primary data grouping and estimation of the measurement reliability // Proc. of 12th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics "Fechner Day 96", Padua, Italy, 1996. P. 105.
- Lovi O. V., Dubrovsky V. E.* The interaction between subjects' responses in different trials and its influence on threshold estimation // Proc. of 12th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics "Fechner Day 96", Padua, Italy, 1996. P. 237.

Теория лингвистических переменных, нечеткая логика, гранулированные и мягкие вычисления: шаги на пути к психологической математике

А. П. Калуцкая, В. Б. Тарасов

Наступление эпохи компьютеров вызвало быстрое расширение сферы использования количественных методов математики за счет их применения для анализа экономических, социальных, биологических и других систем, в которых основную роль играют аналогии с поведением живых существ. При этом большинство методов, используемых в настоящее время для анализа гуманистических систем, т. е. систем, в которых участвует человек, представляют собой модификации методов, которые в течение длительного времени создавались для механистических систем.

В этой связи Л. Заде писал: «С учетом нашего преклонения перед всем точным, строгим и количественным и нашего пренебрежения ко всему нечеткому, нестрогому и качественному ничуть не удивительным оказался приход эры цифровых компьютеров. Однако до сих пор эти компьютеры оказались весьма эффективными лишь при работе с *механистическими* (неживыми) системами, поведение которых определяется законами механики, физики, химии, электромагнетизма. К сожалению, этого нельзя сказать о *гуманистических системах*, в которых центральное место занимают люди» (Заде, 1974, с. 51).

Им было предложено следующее толкование такого положения дел: «Неэффективность обычных фон-неймановских компьютеров в работе с гуманистическими системами является выражением *принципа несовместимости*, согласно которому высокая точность несовместима с большой сложностью. Для систем, сложность которых превосходит некоторый пороговый уровень, точность и практический смысл становятся исключаящими друг друга характеристиками» (Заде, 1976, с. 35).

Несомненно, этот принцип непосредственно относится и к психологическим системам. Многие традиционные математические методы недостаточно пригодны для анализа психологических систем именно потому, что они не в состоянии учитывать нечеткость человеческого восприятия, мышления и поведения (Тарасов, Чернышев, 1981). Поэтому для адекватного описания таких систем требуется построение разделов «психологической математики», для которой точность, строгость, определенность, однозначность, жесткие формализмы не являются чем-то абсолютно необходимым и в которой может использоваться методологическая схема, допускающая нечеткости и частичные истины.

Согласно В. А. Ганзену (Ганзен, 1984), многие понятия, употребляемые в *психологии*, имеют размытые, *нечеткие* границы. Их можно описывать при помощи теории *нечетких множеств*.

Как отмечал В. Ю. Крылов (Крылов, 1990), среди новых разделов математики, специально разработанных для применения в психологии и других науках о поведении, особое место занимает теория лингвистических переменных Л. Заде (Заде, 1976). Его подход опирается на предпосылку о том, что единицами восприятия, представления и мышления человека являются не числа, а элементы некоторых нечетких множеств или классов объектов, для которых переход от принадлежности к классу к непринадлежности не скачкообразен, а непрерывен. Так, нечеткость, присущая процессу мышления человека, предполагает, что в основе этого процесса лежит логика с нечеткими (или лингвистическими) значениями истинности, нечеткими связками, нечеткими суждениями и рассуждениями. И именно такая логика (психологика по Ж. Пиаже) определяет человеческую способность эффективно оценивать информацию, т. е. выбирать из огромного разнообразия сведений те и только те, которые имеют отношение к анализируемой проблеме.

Подход, разработанный Л. Заде (Заде, 1974), имеет следующие отличительные черты:

- 1) в нем используются лингвистические переменные вместо числовых переменных или в дополнение к ним;
- 2) простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний (суждений или оценок);
- 3) сложные отношения описываются нечеткими правилами и алгоритмами.

Некоторые этапы развития и взаимосвязь различных разделов теории нечетких множеств Л. Заде изображены на рисунке 1.

В настоящей статье по каждому из этих разделов даны основные определения, краткие описания и показательные примеры.

1 Основы теории нечетких множеств и лингвистических переменных

Теория нечетких множеств, бурно развивающаяся после публикации в 1965 г. основополагающей работы Л. Заде (Zadeh, 1965), представляет собой обобщение и переосмысление важнейших направлений классической математики. У ее истоков лежат идеи и достижения многозначной логики, которая указала на возможности перехода от двух к произвольному числу значений истинности; теории вероятности и математической статистики, предложивших всевозможные способы обработки экспериментальных данных (гистограммы, функции распределения); дискретной математики (теории графов, теории матриц, теории автоматов).

1.1. Нечеткое множество

Понятие нечеткого множества введено Л. Заде как обобщение понятия характеристической функции множества. Нечеткое подмножество A области рассуждений U характеризуется функцией принадлежности $\mu_A: U \rightarrow [0, 1]$, которая каждому элементу u множества U ставит в соответствие значение $\mu_A(u)$ из интервала $[0, 1]$, описывающее степень принадлежности элемента u множеству A .

ТЕОРИЯ
НЕЧЕТКИХ
МНОЖЕСТВ



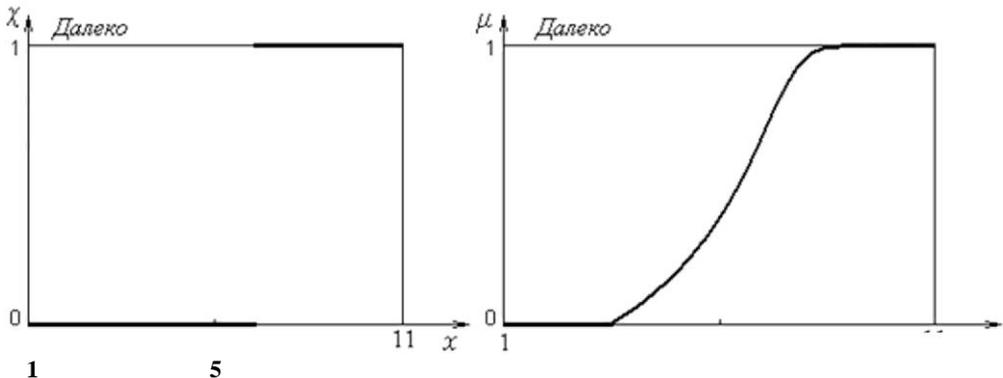
ВЫЧИСЛЕНИЯ
СО СЛОВАМИ

Рис. 1. Направления развития теории нечетких множеств

Нечеткое множество обычно имеет некоторую лингвистическую метку, соответствующую его содержательной интерпретации. Например, если $U = [1, 11]$ – шкала психологического расстояния (близости) [ПТ, 2001], то на U можно определить нечеткие множества с лингвистическими метками: *близко*, *очень близко*, *не близко* и *не далеко*, *довольно далеко*, *очень далеко* и т. д. На рисунке 2 показаны возможные представления понятия *далеко* (в смысле психологического расстояния) с помощью характеристической функции множества и функции принадлежности нечеткого множества.

Более общий способ формализации нечеткости связан с алгебраическим определением области значений принадлежности. Так, например, L -нечеткое множество (по Дж. Гогену) (Goguen, 1967) задается в виде $A: U \rightarrow L$, где L – некоторая решетка.

В качестве области значений функции принадлежности могут также использоваться произведения решеток $L_1 \times L_2 \times \dots \times L_m$. В частности, А. де Люка и С. Термини



а) Характеристическая функция множества

б) Функция принадлежности нечеткого множества, соответствующего лингвистическому значению «далеко»

5 Н X

Рис. 2. Пример описания психологической близости с помощью характеристической функции и с помощью функции принадлежности

(De Luka and Termini, 1974) ввели $[0, 1]^m$ -нечеткие множества с целью описания профилей понятий, когда семейство нечетких множеств $\{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ соответствует m атрибутам некоторого понятия и характеризуется вектором значений принадлежности $\{\mu_1(u), \mu_2(u), \dots, \mu_m(u)\}$. По сути, профиль есть нечеткое подмножество некоторого списка свойств или шкал. Например, свойства характера индивида определяются системой отношений к людям, самому себе, деятельности, окружающему миру и т. д., выраженных на биполярных шкалах: «общительный-замкнутый», «альтруистичный-эгоистичный», «деятельный-бездельный», «убежденный-беспринципный» и т. п. Будем считать, что указанным положительным и отрицательным полюсам можно сопоставить значения 1 и 0 соответственно, а точка перехода 0,5 соответствует одинаковому проявлению противоположных свойств. Тогда вектор $\{1, 1, 1, 1\}$ будет характеризовать идеальный тип характера, а $\{0, 0, 0, 0\}$ - его противоположность. Очевидно, что в действительности оценки на психологических шкалах чаще всего являются градуированными, например, $\{\text{довольно общительный, в меру альтруистичный, очень деятельный, скорее беспринципный, чем принципиальный}\}$, т. е. профиль характера может быть задан, например, нечетким множеством $\{(u_1, 0,8); (u_2, 0,6); (u_3, 1); (u_4, 0,4)\}$. Нередко в случае биполярных шкал в качестве области значений принадлежности берется интервал $[-1, +1]$.

Важнейшей особенностью психологических систем является *недизъюнктивность* (Брушлинский, 1979, 1990), которая выражается в неразделенности, склеенности, взаимопроникновении в данный момент времени различных элементов системы, а также в динамичности, пластичности подобных систем, элементы которых постоянно изменяются. Несмотря на то что адекватное моделирование таких систем весьма затруднительно, здесь в качестве нулевого приближения можно воспользоваться нечеткими множествами типа 2, т. е. нечеткими множествами, у которых каждое значение принадлежности описывается не одним-единственным числом, а некоторым распределением.

1.2. Лингвистические и нечеткие переменные

Одной из главных характеристик человеческого интеллекта является широкое использование богатых возможностей естественного языка для описания сложных объектов и отношений. Важной формализованной моделью, наиболее адекватно описывающей особенности ограниченного естественного языка и открывающей возможности вычислений со словами, является *лингвистическая переменная*. По сути, лингвистическая переменная уже позволяет отразить главные свойства базовой триады «понятие-значение-смысл», используемой в процессах вербальной коммуникации.

Нечеткие множества, нечеткие соответствия, операции над нечеткими множествами лежат в основе понятий нечеткой и лингвистической переменных. *Нечеткая переменная* - это переменная, значениями которой являются символы нечетких множеств. Она описывается набором $FV = (N, U, A)$, где N - название переменной, U - универсальное множество (область рассуждений), A - нечеткое множество на U .

Лингвистической переменной называется такая переменная, значениями которой могут быть не только числа, но и слова или словосочетания какого-либо естественного или искусственного языка (Заде, 1976). Примером является лингвистическая

переменная «Взаимодействие». Значениями лингвистической переменной «Взаимодействие» могут быть нечеткие переменные, например, «сильное содействие», «слабое противодействие». Формально лингвистическая переменная описывается пятеркой

$LV = (L, T, U, G, M)$, где L - название переменной; T - терм-множество, т. е. совокупность ее лингвистических значений (лингвистических меток); $[/-$ универсальное (числовое) множество; G - множество синтаксических правил, с помощью которых производится расширение исходного множества T , т. е. генерируются новые термы t с применением слов (модификаторов) естественного или искусственного языка, $G: T \rightarrow T^*$ где T^* - расширенное множество лингвистических значений; M - множество семантических правил, т. е. нечетких соответствий вида $M: T \wedge U$, выражающих отношение полиморфизма (соответствия «один - ко - многим») между множеством лингвистических значений T и универсальным множеством U ; отдельное семантическое правило $m \in M$ ставит в соответствие каждому терму $t \in T$ его смысл $m(f)$.

В одной из наших работ (Тарасов, 1989) было введено в явном виде понятие *психолингвистической переменной* $PLV = (L, T, U, G, M, D, H)$, где $G: T \rightarrow T^*$; $M: T \wedge U$; $D: L \wedge T$ - оператор грануляции (порождения представительного множества вербальных оценок для данной ЛП); $H: U \rightarrow U^0$ - оператор преобразования, например, нормализации множества числовых оценок. В основе понятия психолингвистической переменной лежит идея *гранулирования*, т. е. выделения совокупности значений, которые связаны между собой отношением неразличимости, близости, сходства.

Следует отметить, что терм-множество психолингвистической переменной может порождаться с помощью операций усиления и ослабления выбранных базовых значений на биполярной шкале. Таким образом, для психолингвистической переменной в качестве терм-множества может выступать не только упорядоченная последовательность лингвистических значений, но и некий графический ряд. Здесь характерными примерами служат известные видеоряды, которые отображают феномен бистабильности восприятия (рисунок 3): первый из них демонстрирует плавный переход от хаоса к порядку, связанный с особенностями графического написания слов (например, для лингвистической переменной «Управление» - управление хаосом, управление порядком), а второй - плавный, от лица мужчины



Рис. 3. Примеры наглядного графического представления значений составной психолингвистической переменной

к фигуре девушки. В последнем случае составная лингвистическая переменная (Тарасов, 1980) «Изображение человека», по сути, состоит из двух визуальных переменных - «Лицо мужчины» и «Фигура девушки».

1.3. Нечеткая логика

Нечеткая логика (НЛ), как правило, понимается в двух смыслах: узком и широком. В узком смысле НЛ - это некоторая логическая система, являющаяся расширением многозначной логики (Новак и др., 2007; Hajek, 1997). Однако даже в этом случае список основных операций нечеткой логики очень отличается как по духу, так и по содержанию от списка основных операций для систем многозначных логик.

По мнению П. Хаека, базовые системы нечеткой логики опираются на следующие основные конструкции: интервал значений истинности $[0, 1]$, непрерывные треугольные нормы T , используемые в качестве конъюнкций, и их резидуалы - как функции импликации I . Таким образом, соответствующая логическая матрица имеет вид:

$LM_{FL} = \langle [0,1], n, T, I \rangle$. Наиболее известными примерами нечетких логик служат: логика Заде, мультипликативная логика Райхенбаха, логика Лукасевича.

$$\begin{aligned} T(x, y) &= \min \{x, y\}, \forall x, y \in [0,1] & / (x, y) &= \max \{1 - x, y\}, \forall x, y \in [0,1] \\ T(x, y) &= x \cdot y, \forall x, y \in [0,1] & / (x, y) &= 1 - x + xy, \forall x, y \in [0,1] \\ T(x, y) &= \max \{0, x + y - 1\}, \forall x, y \in [0,1] & I(x, y) &= \min \{1, 1 - x + y\}, \forall x, y \in [0,1] \end{aligned}$$

Во всех этих логиках $n(x) = 1 - x, \forall x \in [0,1]$.

Основоположник теории нечетких множеств Л. Заде стал инициатором широкой трактовки нечеткой логики как системы формальных средств обработки выражений естественного языка, включающей нечеткие переменные, нечеткие отношения, нечеткие правила и ограничения, в частности, композиционное правило вывода, нечеткую семантику.

Соотношение между нечеткой логикой и естественным языком показано на рисунке 4.

Аргументируя необходимость перехода от двузначной логики к нечеткой логике при компьютерном моделировании ограниченного естественного языка, Л. Заде указывает, что имеется фундаментальное противоречие между точностью двузначной логики и неточностью (неоднозначностью) естественных языков (см. также: Нариньяни, 2000, 2003). Для устранения этого противоречия необходимо перейти



Рис. 4. Взаимосвязь нечеткой логики и естественного языка

в основании теории ЕЯ от двузначной логики к нечеткой логике. В нечеткой лингвистической логике, как и в ЕЯ, все понятия градуированы и упорядочены по степени истинности, например, «абсолютно ложно, «ложно», «скорее ложно, чем истинно», «противоречиво» (одновременно и истинно, и ложно), «скорее истинно, чем ложно», «истинно», «абсолютно истинно». Кроме того, в нечеткой логике рассматриваются не сингулярные, а гранулярные объекты. Под гранулой понимается группа элементов, объединенных отношением сходства, близости, неразличимости, эквивалентности.

Переход от двузначной логики к нечеткой логике многовариантен. Важным компонентом такого перехода является переход от двузначной к нечеткой семантике. Один из современных подходов, расширяющих семантику нечетких ограничений, состоит в построении семантики, основанной на обобщенных ограничениях (Generalized Constraint-Based Semantics, GCS). Эта семантика опирается на пересечение понятий и идей из логики, лингвистики, психологии и системного анализа.

В нечеткой логике в широком смысле очень важную роль играет определение нечетких отношений между переменными. В количественных подходах к анализу систем зависимость между двумя обычными, числовыми переменными часто описывают с помощью табличной зависимости, примером которой служит: «Если x равно 2, то y равно 5». Такой же способ описания применяется и в рассматриваемом подходе, только переменные x и y являются нечеткими. Так если x и y – термы лингвистической переменной «Величина», то высказывание, описывающее их зависимость, может иметь вид: «Если x мало, то y велико».

Основой для проведения нечеткого логического вывода является база нечетких правил, содержащая нечеткие высказывания в форме «если – то» и функции принадлежности для соответствующих лингвистических термов. При этом должны соблюдаться следующие условия:

- Существует хотя бы одно правило для каждого лингвистического терма выходной переменной.
- Для любого терма входной переменной имеется хотя бы одно правило, в котором этот терм используется в качестве посылки или антецедента (левая часть правила).

В противном случае имеет место неполная база нечетких правил. Пусть в базе правил имеется m правил вида: R_1 : ЕСЛИ x_1 есть A_{11} ... И ... x_n есть A_{1n} ТО y есть B_1

R_i : ЕСЛИ x_1 есть A_{i1} ... И ... x_n есть A_{in} ТО y есть B_i ...

R_m : ЕСЛИ x_1 есть A_{m1} ... И ... x_n есть A_{mn} ТО y есть B_m , где $x_k, k = 1, \dots, n$ – входные переменные; y – выходная переменная; A_{ik} – заданные нечеткие множества с функциями принадлежности.

Результатом нечеткого вывода может быть как четкое, так и нечеткое значение переменной y^* на основе заданных четких или нечетких значений $x_k, k = 1 \dots n$.

Еще одной ключевой проблемой нечеткой логики является описание нечетких функций и отношений с помощью нечетких алгоритмов.

Задание нечеткой функции с помощью нечетких высказываний аналогично заданию обычной функции таблицей пар вида $(x, f(x))$, где x – значение аргумента, $f(x)$ – соответствующее значение функции. Вместо таблицы обычную функцию можно определить алгоритмически (т. е. с помощью программы), и точно так же с помощью с помощью нечеткого алгоритма можно определить нечеткую функцию.

По своей сути нечеткий алгоритм представляет собой упорядоченную последовательность нечетких инструкций (подобно компьютерной программе), которая содержит символы нечетких множеств.

1.4. Обобщенные ограничения

Понятие обобщенного ограничения является ключевым для вычислений со словами и обобщенной теории неопределенности Л. Заде. Речь идет о переводе предложений естественного языка на язык обобщенных ограничений (ЯОО)

$X \text{ is } r R$, где X – переменная, R – гибкое, эластичное ограничение на эту переменную, а $\text{is } r$ – переменная связка, в которой r является переменной, а ее значение определяет способ, которым R ограничивает X . Среди основных типов ограничений выделяются возможность (Zadeh, 1978), истинностные, вероятностные ограничения, нечеткие графики функций. Широкое разнообразие ограничений в ЯОО делает его намного более выразительным языком, чем язык логики предикатов.

Ограничиваемая переменная:

- X – n -арная переменная $X = (X_1, \dots, X_n)$, например, совокупность признаков, определяющих человеческое лицо;
- X – высказывание, например, «психологическая стоимость действия – высокая»;
- X – функция от другой переменной $X = f(y)$ (классическая психофизическая проблема);
- X – условное выражение, зависящее от переменной Y , т. е. X/Y ;
- X имеет структуру, например Свойство (Характер (Иван));
- X – обобщенное ограничение $X : Y \text{ is } r R$;
- X – переменная группы. Пусть имеется группа лиц $G = (Имя_1, \dots, Имя_n)$, где каждый член группы $Имя_i, i = 1 \dots n$ связан со значением атрибута h_i , при чем h_i может быть векторнозначным.

Частные случаи обобщенных нечетких ограничений $X \text{ is } r R$ приведены в таблице 1. Основные ограничения представляют собой варианты формализации оценок трех типов: оценка возможности; оценка правдоподобия; оценка истинности. В этом плане вероятность может пониматься как частный случай оценки правдоподобия. Примерами стандартных ограничений являются:

- 1 Двухзначное возможность ограничение: X есть C (четкое множество).
- 2 Двухзначное истинностное ограничение $V(p) = true$ или $V(p) = false$.
- 3 Вероятностное ограничение $X \text{ is } p R$.

Стандартные ограничения являются частным случаем обобщенных ограничений, что лежит в основании методов, основанных на двухзначной логике и теории вероятности.

Таблица 1
Виды обобщенных ограничений

Обозначение	Тип ограничения	Формальная запись
$r: =$	Равенство	$X = R$
$r: \leq$	Неравенство	$X \leq R$
$r:$	Возможностное ограничение	$X \text{ is } R$ Распределение возможности на X
$r: v$	Истинностное ограничение	$X \text{ isv } R$
$r: p$	Вероятностное ограничение	$X \text{ isp } R$ Распределение вероятности на X
$r: \text{bm}$	Бимодальное ограничение	$X \text{ isbm } R$ X – случайная переменная; R – бимодальное распределение
$r: \text{fg}$	Ограничение нечетким графиком	$X \text{ isfg } R$ X – функция, R – ее нечеткий график
$r: u$	Обычностное ограничение	$X \text{ isu } R$ означает, что обычно $X \text{ is } R$
$r: g$	Ограничение группы	$X \text{ isg } R$ R ограничивает значения атрибутов группы

Язык обобщенных ограничений ЯОО порождается путем комбинирования, квалификации, распространения и снятия обобщенных ограничений. Пример элементов ЯОО:

- X / Психологическая сложность (Деятельность) $\text{is } R$ / высокая.
- Если $X \text{ is } A$, то $Y \text{ is } B$ («если сильная мотивация, то энергичное действие»).

Язык нечетких продукционных правил является подязыком языка *GCL*.

Здесь дедукция сводится к распространению и снятию обобщенных ограничений.

Расширенный принцип обобщения:

$$f(X) \text{ is } A$$

$$q(X) \text{ is } qCf^{-1}(A)$$

$$\wedge(v) = \sup_{\text{uk}=\text{qM}} \wedge(/(M)).$$

Расширенный принцип обобщения играет центральную роль в распространении нечетких ограничений. Однако в практических приложениях нечеткой логики чаще всего используется интерполяционное правило, которое является частным случаем композиционного правила вывода, примененного к функции, которая определена нечетким графиком.

Если функция/определена с помощью нечеткого множества правил:

f : if X is A . then Y is B ., $i = 1, \dots, n$ или эквивалентного нечеткого графика

f is $U_A.XB$.,

и аргумент допределен антецедентным ограничением X is A , то последовательное ограничение на Y может быть выражено в виде

y is $U_{m_i} \text{ л } B$.,

$m_i = \sup (A, PA)$, где m_i - соответствующий коэффициент, который выражает степень, с которой A соответствует A ..

Семантика обобщенных ограничений открывает возможность представления смысла высказываний и запросов, содержащих: а) нечеткие предикаты, такие как «намного ближе», «существенно дороже» и т. д.; б) нечеткие кванторы, например «большинство», «несколько», «не очень много», «часто», «редко» и т. д.; в) модификаторы, такие как «очень», «довольно», «более или менее» и пр. Эта возможность играет существенную роль для обеспечения компьютерной обработки информации, описанной на естественном языке.

1.5. Гранулирование информации

Нечеткость восприятия отражает способность сенсорных органов и мозга детализировать информацию и хранить ее во фрагментарном виде. Частичное знание, частичное понимание, частичная уверенность - характерные особенности ситуаций принятия решений. Кроме того, человеческие понятия имеют гранулированную структуру и контекстно-зависимы.

Под гранулой понимается группа физических или психических объектов, объединенных неразличимостью, подобием, близостью или сходными функциональными возможностями (рисунок 5). Неформально гранула - это группировка объектов, определенных с помощью некоторого ограничения.

Гранула может быть четкой или нечеткой в зависимости от того, четко или нет определены ее границы. Например, оценка превышения скорости автомобилем при заданном ограничении может выражаться объективно в км/ч и субъективно с помощью нечетких интервалов, помеченных лингвистическими метками «очень большое превышение», «большое превышение», «малое превышение» (таблица 2) (Аверкин, Тарасов, 1986).

Гранулирование широко применяется при разделении целого на части. Способы информационного гранулирования IG , в котором гранулы являются четкими,

Неформально: гранула - это группировка объектов по их подобию, неразличности, близости, функциональным возможностям



Рис. 5. Представление гранулы как подмножества

Таблица 2

Отношение моделирования для ситуации: ограничение скорости движения
40 км/ч, хорошая погода

Превышение скорости движения автомобилем, км/ч	40,5	42	44	46	50	58	66
Очень маленькое превышение	1	0,8	0,6	0,2	0	0	0
Маленькое превышение	1	1	0,8	0,4	0,2	0	0
Не маленькое и не большое превышение	0	0,2	0,4	1	0,4	0,2	0
Большое превышение	0	0	0	0	0,6	0,8	1
Очень большое превышение	0	0	0	0	0	0,6	1

играют важную роль в расширении разнообразия методов работы с неопределенностями (рисунок 6). Среди них квантование, интервальный анализ, теория грубых множеств, семантические сети и пр.

Важно отметить, что четкое *гранулирование информации* не в состоянии отразить тот факт, что человеческое восприятие является нечетким. Например, если мысленно разделить человеческое лицо на гранулы: высота лба, цвет и разрез глаз, форма и длина носа, форма и размер ушей, форма подбородка и пр., то все они определяются как нечеткие признаки. Нечеткое информационное гранулирование можно рассматривать как основной способ, применяемый человеком для сжатия данных и принятия рациональных решений в окружающей среде неточности, неуверенности и частичной истинности.

1.6. Вычисления со словами

Вычисление, в его обычном смысле, сосредоточено на работе с числами и символами. Напротив, в случае вычислений со словами (ВС) объектами вычисления являются не числа, а слова и предложения естественного языка. Например, такие слова, как «малая», «близко», «весьма возможно», «очень нежелательно» и т. п. Вычисления со словами апеллируют к способности человека решать большое количество различных задач без каких-либо измерений и вычислений. Примерами таких задач



Рис. 6. Способы гранулирования информации

служат парковка автомобиля, игра на бильярде, понимание речи. В основе этой способности лежит ощущение расстояния, размера, веса, скорости, вероятности, возможности и многих других характеристик.

Перцептивные оценки играют ключевую роль в человеческом сознании, принятии решений и действиях. Как методология, вычисление со словами обеспечивает фундамент для вычислительной теории восприятия – теории, которая может дать важное описание того, как люди делают что-либо для того, чтобы и машины могли сделать то же самое. Данная теория обеспечивает выработку эффективных решений на основе восприятия в условиях неточности, нечеткости и частичной истины.

Две главные предпосылки для появления вычислений со словами таковы:

- 1) вычисления со словами необходимы, когда доступная информация носит чисто качественный характер или слишком неточна для использования чисел;
- 2) вычисления со словами обеспечивают большую «грубость» системы, ее нечувствительность к неточности информации, которая может меняться; толерантность к неточности выступает как основное преимущество ВС.

В вычислениях со словами значение предложения на естественном языке может быть представлено как неявное ограничение на некоторую переменную. Такое представление называется канонической формой. Таким образом, каноническая форма служит, чтобы сделать явным неявное ограничение, которое присутствует в предложении. В вычислениях со словами предполагается, что исходное множество данных (ИМД) и выходное множества данных (ВМД) состоят из утверждений, выраженных на естественном языке. Эти суждения формируют, соответственно, посылки и заключения. Первым шагом в получении ВМД от ИМД является перевод предложений в исходном множестве данных в их канонические формы. Все вместе эти канонические формы представляют предшествующие ограничения или посылки. Заключения получаются из посылок с помощью правил вывода. Основное правило вывода – это расширенный принцип обобщения Л. Заде. Полученные ограничения снова переводятся в естественный язык, и получается выходное множество данных (ВМД). Правила распространения ограничения в ВС совпадают с правилами вывода в нечеткой логике. Основная проблема в вычислениях со словами – это проблема уточнения X , R и r в обобщенном ограничении $X \text{ is } r R$, которое представляет значение предложения p на естественном языке. Этот процесс представлен на рисунке 7.

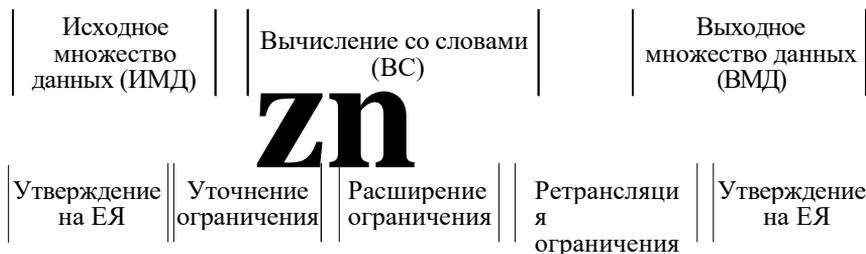


Рис. 7. Концептуальная структура вычислений со словами

В настоящее время вычислительная теория восприятия, основанная на вычислениях со словами, находится на начальных стадиях развития. Со временем эта теория может сыграть важную роль в проектировании и использовании информационных/интеллектуальных систем.

2 Вычисления со словами и обобщенная теория неопределенности

Большая часть человеческих знаний выражена на естественном языке (ЕЯ). Соответственно, по мере продвижения человечества в эпоху искусственного интеллекта и автоматизированного принятия решений, проблема компьютерного моделирования понимания ЕЯ выходит на передний план. При этом ключевую роль играет моделирование различных видов лингвистической и психологической неопределенности – неоднозначности, неточности, нечеткости, неоднородности, недизъюнктивности и др. Единый подход к описанию этих факторов был предложен Л. Заде (Zadeh, 2005) в русле *обобщенной теории неопределенности*, опирающейся на способы гранулирования информации, методы распространения обобщенных ограничений, процедуры анализа и изменения неточности, средства вычислений со словами.

2.1. Проблема неоднозначности и неточности ЕЯ

Проблемы неоднозначности естественных языков тесно связаны с неточностью восприятия и представлений у человека (Тарасов, Чернышев, 1981; Нариньяни, 2000). В общей теории неопределенности Л. Заде различаются неточность значения (value imprecision) и неточность смысла (meaning imprecision). Будем в дальнейшем описывать это различие терминами v -неточность и m -неточность (а в случае точных характеристик – как v -точность и m -точность). Например, предложение $p = X$ есть интервал $[a, b]$, который является v -неточным, но m -точным.

2.2. Анализ процедур увеличения и уменьшения точности

Предложение, предикат, запрос или команда могут быть как точными, так и неточными. При этом любое определение – это способ увеличения m -точности (m -precision). Примеры уточнения и огрубления значений и смысла слов приведены на рисунке 8.

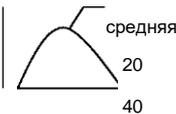
Средняя скорость	m -увеличение точности	
Скорость равна 40 км/ч	m -уменьшение точности v -уменьшение точности	60 Скорость средняя
Скорость средняя	m -увеличение точности v -увеличение точности	> Скорость равна 40 км/ч

Рис. 8. Уточнение и огрубление смысла и значения выражений



Рис. 9. Варианты уточнения смысла

Два варианта t -уточнения приведены на рисунке 9.

Пример: расчет штрафа за превышение скорости.

mh -уточнение: При существенном превышении скорости штраф большой.

mt -уточнение: При превышении скорости больше, чем на 30 % от разрешенной, штраф составляет 1000 руб.

Следует отметить, что перцептивные оценки являются v -неточными. В то же время выражения ЕЯ v -неточны и mt -неточны. Предпосылкой вычислений с информацией, описанной на ЕЯ, является mt -уточнение. Уточненный ЕЯ может интерпретироваться как результат mt -уточнения ЕЯ.

В нечеткой логике важную роль играет огрубление информации, которое может быть как вынужденным (невозможность точного определения единственного значения), так и преднамеренным (его ненужность). Сжатие данных и аннотирование – типичные примеры огрубления информации.

Переход к нечеткой логике открывает возможности для вычислений со словами и словосочетаниями естественного языка. В подобных вычислениях объекты вычислений являются не значениями переменных, а скорее отражают состояние информации об этих значениях.

Можно выделить четыре основных причины использования ВС:

1. Отсутствие четкого логического объяснения ситуации. В этом случае значения переменных и/или параметров с заданной точностью не оправдывают использование обычных методов числового вычисления. Типичным случаем является принятие решения с неточно определенными вероятностями.

Пример: Пусть Петр решает вопрос о возможности прийти к Андрею домой в 7 часов вечера. Решение принимается на основе информации о вероятности того, что Андрей к этому времени вернется с работы. Существует несколько вариантов анализа имеющейся информации с помощью обобщенных ограничений.

Вариант 1. *Обычно* Андрей возвращается с работы около 7 часов вечера.

Вариант 2.

а) *Обычно* Андрей уходит с работы приблизительно в 6 вечера;

б) *Обычно* ему требуется около часа, чтобы добраться до дома.

Вариант 3.

а) *Обычно* Андрей уходит с работы приблизительно в 6 вечера;

б) Время поездки домой зависит от времени, когда он ушел с работы. А именно:

Если Андрей уходит с работы немного раньше 6 часов вечера, то время его поездки до дома составляет более часа.

Если Андрей уходит с работы примерно в 6 часов вечера, то время его поездки до дома сокращается и составляет около часа.

Если Андрей уходит с работы немного позже 6 часов вечера, то время его поездки до дома также составляет около часа.

Формулировка задачи может быть следующей: каково самое раннее время, при котором вероятность того, что Андрей будет дома, высока?

2) Ситуация не нуждается в логическом объяснении. В этом случае использование неточной и нечеткой информации вполне достаточно для достижения необходимой надежности, низкой стоимости решения и лучше соответствует действительности. Примером служит проблема парковки автомобиля.

3) В ситуации нет рационального решения. В этом случае проблема не может быть решена с помощью числовых вычислений. Примером является проблема автоматического управления движением в пробке.

4) Невозможно численно определить. В этом случае понятие, которое необходимо определить, слишком сложно для определения в терминах числовых критериев. Типичный пример – понятие причинной связи.

Основная идея, лежащая в основе определения соотношений между вычислениями со словами и (также предложенной Л. Заде) вычислительной теорией восприятия (ВТВ), концептуально проста. В ВТВ предполагается, что ощущения и запросы выражены в виде суждений на естественном языке. Суждения и запросы обработаны методами ВС для нахождения ответов на запросы. Ниже приведены простые примеры лингвистического описания представлений здравого смысла и фактов восприятия.

У Петра высокий коэффициент интеллектуальности IQ.

У Маши очень сильный характер.

Примеры правильных выводов, сделанных на основе ощущений с помощью методов ВС, показаны на рисунке 10а. Примеры неправильных заключений показаны на рисунке 10б.

Необходимо отметить, что классические логические системы, такие как логика предикатов, модальные логики, лингвистические модели представления знаний, семантические сети связаны с предложениями, выраженными на естественном языке. Главное различие между такими подходами и вычислениями со словами заключается в том, что методология ВС, основанная на нечеткой логике, обеспечивает более выразительный язык для представления знания и большее количество универсальных средств для проведения рассуждений и вычислений.

Ключевым аспектом вычисления со словами является то, что оно предполагает интеграцию методов обработки естественных языков и вычислений с нечеткими переменными. Именно это объединение приведет к развитию ВС в базовую методологию с всесторонними разветвлениями и применениями.

Как было отмечено ранее, важное место в ВС занимает понятие гранулы. Гранула может включать как простые, так и составные слова, например «решительный», «не очень решительный». Если не заявлено обратное, то предполагается, что вычисления производятся с словосочетаниями.

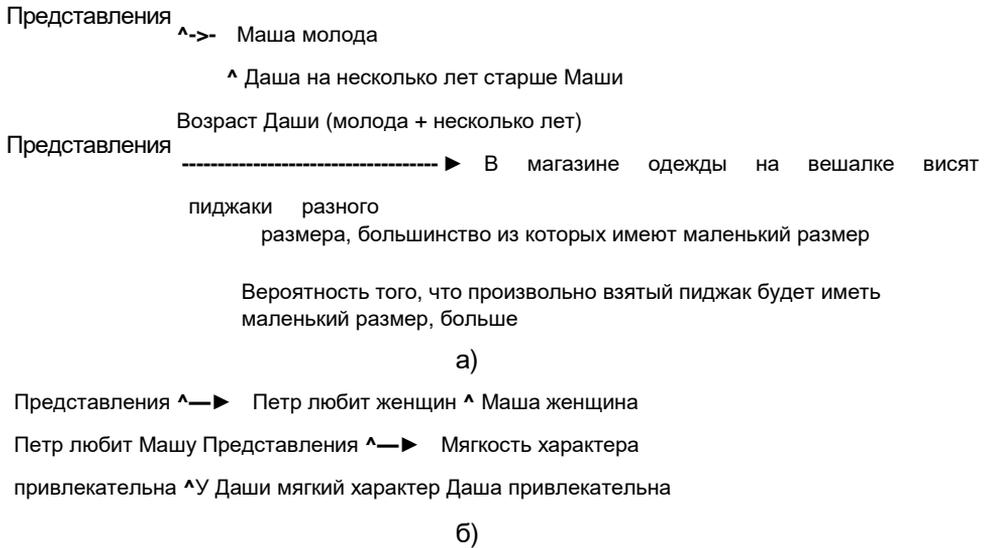


Рис. 10. Примеры выводов с использованием вычислений со словами: а) правильные; б) неправильные

Главную роль в ВС играет нечеткое распространение ограничения от посылок к заключениям. В качестве примера рассмотрим:

$p_1 = \text{Даша живет рядом с Машей}$ и $p_2 = \text{Маша живет рядом с Петей}$. В этом случае, слова *живет рядом* в p_1 и p_2 играют роль нечетких ограничений на расстояния между местами жительства Даши и Маши, Маши и Пети соответственно. Пусть запросом является: «Как далеко живет Даша от Пети?» Вывод, к которому приводит нечеткое распространение ограничения, может быть выражен в виде p_3 , где $p_3 = \text{Даша живет недалеко от Пети}$.

Итак, основное предположение в ВС состоит в том, что информация передается, ограничивая значения переменных. Обычно эта информация выражается в виде набора предложений, выраженных на естественном языке. Часто такие предложения содержат лингвистические оценки признаков объектов, связанных с процессом восприятия.

Заключение

Изначальная направленность теории нечетких множеств на моделирование сложных плохо определенных слабоструктурированных систем, для которых точное описание часто не имеет смысла, способствовала разработке на ее основе полезных средств моделирования психологических систем, вариантов формализованного описания психических качеств, свойств, состояний и процессов. Здесь большие перспективы открывает методология обобщенной теории неопределенности и вычислений со словами (ВС). В отличие от традиционных вычислений, имеющих дело с числами и символами, ВС оперирует лексическими единицами и предложениями

естественного языка. Слова рассматриваются как ограничения на рассматриваемую переменную, и основной компонентой процесса вычислений со словами является распространение ограничений (Constraint Propagation) с одних переменных на другие. В общем случае решение задачи рассматривается как распространение ограничений с посылок на заключения, от множества исходных данных на множество заключительных данных, задаваемых совокупностью предложений естественного языка. Переход от предложений естественного языка к процессу распространения ограничений и обратный переход к предложениям естественного языка состоит, соответственно, из этапов формализации (разъяснения) ограничений (Constraint Explicitation), заданных на естественном языке, и ретрансляции (Retranslation) ограничений на естественный язык. В общем случае предложения из исходного множества данных могут определять различные ограничения на используемые переменные: возможностные, вероятностные, нечеткие, истинностные, функциональные и др.

Использование методов вычислений со словами для моделирования процессов мышления и принятия решений человеком должно опираться на базовые характеристики этих процессов; согласно Л. Заде ими являются гранулирование, организация и причинно-следственный анализ. Гранулирование означает разделение целого на взаимосвязанные между собой части, организация подразумевает объединение таких частей в целое, а причинно-следственный анализ предполагает сопоставление причин со следствиями. Именно гранулярные (а не сингулярные) значения являются первым шагом на пути к представлению феномена недизъюнктивности мышления (по А. В. Брушлинскому: Брушлинский, 1979).

Литература

- Аверкин А. Н., Тарасов В. Б.* Нечеткое отношение моделирования и его применение в психологии и искусственном интеллекте. М.: ВЦ АН СССР, 1986.
- Брушлинский А. В.* Мышление и прогнозирование. М.: Мысль, 1979.
- Брушлинский А. В.* Один из вариантов системного подхода в психологии мышления // Принцип системности в психологических исследованиях. М.: Наука, 1990.
- Бутенков С. А.* Вычисления со словами в задачах интеллектуальной обработки многомерной информации // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник трудов III-го Международного научно-практического семинара (Коломна, 15–17 мая 2005 г.). М.: Физматлит, 2005. С. 133–138.
- Ганзен В. А.* Системные описания в психологии. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984.
- Заде Л. А.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. М.: Знание, 1974. С. 5–49.
- Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Пер. с англ. М.: Мир, 1976.
- Заде Л. А.* Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных/интеллектуальных систем // Новости искусственного интеллекта. 2001. № 2–3. С. 7–11.
- Крылов В. Ю.* Геометрическое представление данных в психологических исследованиях. М.: Наука, 1990.
- Нариньяни А. С.* НЕ-факторы: неточность и недоопределенность – различие и взаимосвязь // Известия РАН: Теория и системы управления. 2000. № 5. С. 44–56.

А. П. Калущая, В. Б. Тарасов

- Нариньяни А. С.* НЕ-факторы: неоднозначность (доформальное исследование). Часть 1 // *Новости искусственного интеллекта*. 2003. № 5. С. 47–55.
- Нечеткие гибридные системы. Теория и практика / Под ред. Н. Г. Ярушкиной.* М.: Физматлит, 2007.
- Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д. А. Поспелова.* М.: Наука, 1986.
- Новак В., Перфильева И. Г., Мечкарж И.* Математические принципы нечеткой логики / Пер. с англ. М.: Физматлит, 2006.
- Психологические тесты / Под ред. А. А. Каренина:* в 2-х томах. Т. 2. М., 2001. С. 18.
- Силов В. Б.* Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО-РЕС, 1995.
- Тарасов В. Б.* Иерархия лингвистических переменных в моделях принятия решений // *Управление при наличии расплывчатых категорий. Тезисы III-го научно-технического семинара.* Пермь: НИИУМС, 1980. С. 54–56.
- Тарасов В. Б.* Нечеткость оценок и моделирование субъективных суждений // *Психологические механизмы формирования оценочных суждений.* Саратов: СГУ, 1989. С. 37–43.
- Тарасов В. Б., Чернышев А. П.* О применении нечеткой математики в инженерной психологии // *Психологический журнал*. 1981. Т. 2. № 4. С. 110–122.
- Ярушкина Н. Г.* Нечеткие системы: обзор итогов и тенденций развития // *Нечеткие системы и мягкие вычисления*. 2007. Т. 2. № 3. С. 63–83.
- Goguen J.* L-Fuzzy Sets // *Journal of Mathematical Analysis and Applications*. 1967. V. 18. P. 145–174.
- Hajek P.* *Metamathematics of Fuzzy Logic.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [HGC, 2008] *Handbook of Granular Computing / Ed. by W. Pedrycz, A. Skowron, V. Kreinovich.* N. Y.: Wiley InterScience, 2008.
- Luca de A., Termini S.* Entropy of L-Fuzzy Sets, *Information and Control*. 1974. V. 24. P. 55–73.
- Zadeh L. A.* Fuzzy Sets // *Information and Control*. 1965. V. 8. P. 338–353.
- Zadeh L. A.* Calculus of Fuzzy Restrictions // *Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes / Ed. by L. A. Zadeh, R. S. Fu and M. Shimura.* N. Y.: Academic Press, 1975. P. 1–39.
- Zadeh L.* Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility // *Fuzzy Sets and Systems*. 1978. V. 1. № 1. P. 3–28.
- Zadeh L. A.* Fuzzy Logic = Computing With Words // *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 1996. Vol. 4. P. 103–111.
- Zadeh L. A.* Toward a Theory of Fuzzy Information Granulation and its Centrality in Human Reasoning and Fuzzy Logic // *Fuzzy Sets and Systems*. 1997. V. 90. P. 111–127.
- Zadeh L. A.* From Computing with Numbers to Computing with Words – from Manipulation of Measurements to Manipulation of Perceptions // *IEEE Trans. on Circuits and Systems – 1: Fundamental Theory and Applications*. 1999. V. 45. № 1. P. 105–119.
- Zadeh L. A.* Toward a Generalized Theory of Uncertainty (GTU): an Outline // *Information Sciences – Informatics and Computer Science*. 2005. V. 172. № 1–2. P. 1–40.
- Zadeh L. A.* Fuzzy Logic as the Logic of Natural Languages // *IFSA, Cancun, Mexico, June 18, 2007*.

Субъективная оценка посттравматических стрессовых нарушений у лиц опасных профессий

Е. О. Лазебная, М. Е. Зеленова

Одной из важных задач при работе с травматическим психологическим стрессом профессиональной этиологии является задача профилактики развития хронических форм посттравматической стрессовой дезадаптации и, в частности, комплекса посттравматических состояний и нарушений функционирования, характерных для посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) и снижающих надежность профессиональной деятельности (Бодров, Орлов, 1998; Лазебная, 2007; Лазебная, 2002). Решить эту задачу помогает, наряду с разработкой специальных методов подготовки и реабилитации профессионалов, и ранняя, максимально приближенная к моменту травматизации скрининговая диагностика посттравматических стрессовых нарушений (Лазебная, 2006; Van der Kolk, McFarlane, Weisaeth, 1996). Чем раньше будут выявлены признаки развития ПТСР и других патологических посттравматических состояний, тем с большей вероятностью удастся избежать серьезной посттравматической дезадаптации и снижения профессиональной надежности у лиц опасных профессий, тем результативнее будет оказываемая им в ходе реабилитационных мероприятий помощь. При этом мероприятия по дальнейшему углубленному клинико-диагностическому обследованию и психопрофилактике посттравматических нарушений могут и должны в первую очередь касаться именно тех профессионалов, кто по результатам такого скрининга вошел в группу риска развития хронической травматизации в будущем. Однако достаточно надежного психодиагностического инструмента, позволяющего реализовать такую стратегию посттравматической профилактической работы в этих областях профессиональной деятельности, сегодня не существует.

Современный подход к психодиагностике посттравматических стрессовых нарушений основывается на системной оценке как основных параметров стрессоров, послуживших источником травматических переживаний в травматической стрессовой ситуации, так и на оценке интенсивности, с которой проявляются основные нарушения психического здоровья и социального функционирования в посттравматическом периоде. При этом все существующие психодиагностические методики оценки посттравматических нарушений ориентированы на критерии международных клинических диагностических стандартов: американского DSM (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) (Малкина-Пых, 2005; Пушка-

рев, Доморацкий, Гордеева, 2000; Тарабрина, 2001) и европейского стандарта МКБ (Международный классификатор болезней), действие которого распространяется и на Россию (МКБ-10, 1995; Тарабрина, 2001). Вместе с тем эти методики, несмотря на их высокую надежность и валидность, продемонстрированную и в отечественных исследованиях (Зеленова, Лазебная, Тарабрина, 1997; Лазебная, Зеленова, 1999; Малкина-Пых, 2005; Тарабрина, 2001), не отличаются оперативностью и не всегда могут быть использованы практиками вне рамок специально организованной диагностической процедуры.

Во-первых, для надежной диагностики признаков ПТСР и другой посттравматической психопатологии необходимо применение валидизированной батареи психометрических методик, что достаточно трудоемко и по процедуре, и по обработке данных. Во-вторых, системный анализ и интерпретация полученной комплексной диагностической информации требует достаточно высокого уровня подготовки персонала, проводящего обследование, как в области практической психодиагностики, так и в области современных представлений о психологии травматического стресса. В этой связи разработка доступных практикам методов оперативной скрининговой диагностики посттравматических стрессовых нарушений у лиц опасных профессий на современном этапе становится актуальной задачей психологических исследований в области психологии труда и инженерной психологии.

Задача разработки и валидации такой методики была реализована в рамках данного исследования, организованного и проведенного по инициативе Министерства Обороны РФ совместно с Социологическим центром МО РФ и при финансовой поддержке РГНФ (гранты № 04-06-00144а и № 08-06-18002е).

Организация исследования. Разработка пилотного варианта скрининговой методики для экспресс-оценки уровня выраженности посттравматических стрессовых нарушений, связанных с реализацией военными профессиональных задач в зоне боевых действий, проводилась на базе результатов двухэтапного эмпирического психометрического исследования в различных частях и подразделениях Российской армии.

На I этапе решались следующие задачи:

- 1 Определение диагностических возможностей метода экспертной оценки успешности посттравматического функционирования по отношению к признакам развития посттравматических стрессовых нарушений.
- 2 Разработка пилотного варианта психометрической методики для скрининговой диагностики посттравматических стрессовых нарушений у военнослужащих – участников боевых действий.

Участники исследования. В исследованиях I этапа приняли участие 172 военнослужащих Российской армии, имеющих опыт участия в боевых действиях, мужчин (средний возраст 31,5 лет). Профессиональный состав выборки был смешанным и включал офицеров, прапорщиков, сержантов и рядовых. Профессиональный статус военнослужащих (звание) при анализе был закодирован в условных баллах (3 – офицер, 2 – прапорщик, 1 – сержант или рядовой).

Методы исследования. В базовый психометрический комплекс были включены следующие классические психодиагностические методики для оценки уровня

посттравматических нарушений (Зеленова, Лазебная, Тарабрина, 1997; Малкина-Пых, 2005; Тарабрина, 2001; Wilson, Keane, 1997):

- 1 Военный вариант Миссисипской шкалы (МШ) для оценки выраженности посттравматических стрессовых реакций у военнослужащих (основной показатель MS – суммарный балл по методике).
- 2 Шкала оценки тяжести воздействия травмирующего события (Impact of Event Scale – IOES-R). Показатели: суммарные оценки по субшкалам IN (навязчивые воспоминания), AV (избегание) и AR (повышенная возбудимость), а также суммарный балл по всем субшкалам опросника (Т IOES).
- 3 Шкала депрессивности BDI (Beck Depression Inventory). Основной показатель – суммарный балл по шкале в целом.
- 4 Шкала оценки личностной тревожности Спилбергера – Ханина (Trait Anxiety Inventory). Основной показатель – обобщенный балл ЛТ по шкале в целом.
- 5 С целью соотнесения уровня посттравматических нарушений у военнослужащих с интенсивностью переживания травматического психологического стресса в боевой обстановке и эффективностью функционирования в посттравматическом периоде были специально разработаны психометрические методики «Шкала субъективной оценки тяжести боевого опыта военнослужащих» (ОТБВ) и «Шкала экспертной оценки посттравматического адаптационного статуса военнослужащих» (ОПАС).

22-позиционная методика «Шкала ОПАС» позволяет оценить послевоенный текущий адаптационный статус участников травматических событий в зоне боевых действий на основании экспертной оценки успешности носителя травматического опыта в основных областях функционирования (профессиональной, досуга, социального взаимодействия и поддержания здоровья). В каждой из этих областей экспертами с использованием 3-балльной шкалы (высокий – средний – низкий уровень) оцениваются по 4 позиции. Также шкала предусматривает оценку специфики посттравматического проявления в поведении 6 основных индивидуально-личностных особенностей и 4 коммуникативных качеств военнослужащих. В данном исследовании в качестве экспертов выступали командиры и психологи подразделений, в которых участники боевых действий проходили службу на момент обследования. При обработке вычислялись индивидуальные усредненные показатели как по каждому из оцениваемых параметров, так и по методике в целом.

Методика субъективной оценки травматичности боевого опыта «Шкала ОТБВ» позволяет военнослужащему, используя 24 оценочных шкалы, оценить свой травматический опыт по двум показателям. Первый показатель – частота и продолжительность воздействия травматических стрессоров, характерных для зоны боевых действий; оценивается «количественный» уровень травматичности ситуации (субшкала ОТБВ «Частота», 15 позиций, показатель Ftr). Второй показатель ОТБВ (Dtr, субшкала «Интенсивность», 9 позиций) позволяет получить «качественную» характеристику субъективной тяжести переживания травматического стресса.

Эта характеристика основана на ретроспективной оценке особенностей собственного поведения и переживаний в опасных для жизни ситуациях, связанных с развитием в момент травматизации *перитравматических диссоциативных*

состояний (Зеленова, Лазебная, Тарабрина, 1997; Лазебная, Зеленова, 1999; Тарабрина, 2001; Van der Kolk, McFarlane, Weisaeth, 1996). Многочисленными исследованиями доказано, что этот показатель является надежным предиктором не только вероятности последующего развития посттравматических нарушений, в том числе (и прежде всего) симптоматики ПТСР. По уровню интенсивности перитравматической диссоциации можно прогнозировать как тяжесть ПТСР, так и успешность процесса последующей посттравматической стрессовой адаптации (ПСА) как процесса преодоления связанных с травматическим стрессом нарушений.

Субшкала ОТБВ «Частота» была разработана на базе широко известной и апробированной в отечественных исследованиях ветеранов боевых действий методики для оценки тяжести боевого опыта военнослужащих «Combat Exposure Scale» Т. Ки-на (Зеленова, Лазебная, Тарабрина, 1997; Wilson, Keane, 1997). В основу разработки субшкалы «Интенсивность» ОТБВ была положена «Шкала перитравматической диссоциации» модуля ПТСР диагностического структурированного клинического интервью СКИД для DSM-III-R (Зеленова, Лазебная, Тарабрина, 1997; Тарабрина, 2001).

Для диагностики субъективной выраженности оцениваемых признаков в методике ОТБВ применяется четырехпозиционная интервальная шкала (интервалы «никогда – редко – часто – очень часто»), при обработке перекодируемая в оценки 0, 1, 3 и 5 баллов соответственно. Вычисляются индивидуальные суммарные показатели по каждой из субшкал (Ftr и Dtr), а также обобщенный «Индекс травматичности опыта» (показатель $TR = Dtr : Ftr$). Этот индекс отражает соотношение субъективной интенсивности проявления диссоциативных состояний в травматических ситуациях (Dtr) и частоты воздействия травматических стрессоров (Ftr) по шкале ОТБВ в целом.

Результаты исследования представлены в таблицах 1–4.

При анализе использовались стандартные статистические процедуры комплекса SPSS: сравнительный, корреляционный (по Спирмену) и факторный анализ по методу главных компонент с поворотом факторных структур по принципу Varimax.

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о высоком уровне статистически значимой связи между практически всеми основными показателями методического комплекса. Особо необходимо отметить факт установленной в исследовании зависимости характеристик боевого опыта военнослужащих и последующих посттравматических проблем (как хронических, так и текущих). Проведенный нами корреляционный анализ впервые наглядно продемонстрировал, что ведущую роль в формировании психической травмы в ходе травматического события играет не столько «количество» травматического опыта (частота переживания воздействия травматических психологических стрессоров), сколько его «качество», т. е. интенсивность эмоциональной реакции на данное воздействие. Об этом, в частности, свидетельствует отсутствие значимой корреляционной связи между показателем оценки частоты травматизации и общим индексом травматичности ситуации TR по шкале ОТБВ (см. таблицу 1). Результаты сравнительного анализа, представленные в таблице 2 и позволяющие оценить влияние тяжести боевого опыта военнослужащих на уровень выраженности психологических посттравматических нарушений, также подтверждают этот вывод.

Оценка посттравматических стрессовых нарушений у лиц опасных профессий

Таблица 1

Матрица интеркорреляций психометрического методического комплекса для оценки выраженности посттравматических стрессовых нарушений (представлены только значимые корреляции)

	звание	возраст	ЛТ	Мисс	IN	AV	AR	IOES	BDI	Ftr	Dtr	ITR
звание	1	0,413	0,326									
возраст		1	0,305									
ЛТ			1	0,533	0,344		0,376	0,350	0,412			
Мисс				1	0,695	0,476	0,794	0,718	0,558	0,514	0,612	0,300
IN					1	0,650	0,824	0,916	0,468	0,440	0,567	0,309
AV						1	0,625	0,867	0,339	0,305	0,464	
AR							1	0,897	0,502	0,493	0,623	0,302
T IOES								1	0,481	0,453	0,610	0,324
BDI									1	0,348	0,470	0,300
Ftr										1	0,571	
Dtr											1	0,685
TR												1

Таблица 2

Влияние опыта пребывания в зоне боевых действий на уровень психической травматизации военнослужащих

Показатели	Группа А N = 59		Группа В N = 52		p ≤
	М	SD	М	SD	
Индекс травматичности ОТБВ: TR = Dtr: Ftr	0,71	0,12	1,04	0,15	0,0001
Частота травматизации (показатель Ftr)	1,67	0,33	1,53	0,37	0,05
Интенсивность диссоциации (показатель Dtr)	1,18	0,28	1,6	0,47	0,0001
Общие данные:					
Звание (условный балл)	1,92	0,97	1,92	0,97	
Возраст (лет)	30,86	5,46	32,29	6,1	
Тяжесть посттравматических нарушений:					
Миссисипская шкала MS	64,69	14,47	70,6	16,83	0,05
Шкала IN IOES	7,61	7,19	11,35	7,75	0,01
Шкала AV IOES	10,47	8,17	13,21	8,86	
Шкала AR IOES	5,42	5,96	7,79	7,11	0,09
Обобщенный балл T IOES	23,51	18,49	32,35	21,55	0,05
Шкала ЛТ	35,19	7,07	37,56	7,45	0,09
Шкала депрессии BDI	4,58	4,87	7,77	6,51	0,0001

Для сравнительного анализа экспериментальная выборка была разбита по методике «Шкала ОТБВ» (с использованием медианного критерия) на 2 группы. Медиана по показателю «Индекс травматичности» составила 0,83 балла. В группу

А (59 чел.) вошли военнослужащие с уровнем травматичности опыта ниже 0,83 балла, в группу В (52 чел.) – с высокой травматичностью опыта (выше 0,83 балла). Группы А и В не различались ни по профессиональному составу, ни по возрасту вошедших в них военнослужащих. Что касается результатов применения стандартной батареи психометрических методов диагностики посттравматических нарушений, то практически по всем показателям методик «Миссисипская шкала» (MS), IOES-R, BDI и «Шкала личностной тревожности Спилбергера» (ЛТ) группы значимо различались. Исключение составила субшкала «Избегание» (AV) IOES.

Представленные в таблице 2 данные, в дополнение к результатам корреляционного анализа, подтверждают важную роль интенсивности травматических диссоциативных переживаний в общем механизме формирования психической травмы под воздействием травматического психологического стресса. Так, как видно из таблицы 2, военнослужащие из группы А, т. е. с низким уровнем травматизации, статистически значимо *чаще* подвергались воздействию травматических стрессоров в зоне боевых действий (показатель Ftr), однако именно *интенсивность* их диссоциативных переживаний в травматических ситуациях (показатель Dtr) *была значимо ниже*, чем в группе В. Корреляционный анализ подтвердил также особую роль личностной тревожности в общем механизме формирования посттравматических проблем у тех, кто пережил травматический психологический стресс (см. таблицу 1).

Что касается экспертной оценки командирами уровня посттравматического функционирования военнослужащих по методике «Шкала ОПАС», то результаты исследования подтвердили невозможность использования непосредственных впечатлений командиров и психологов, наблюдающих за функционированием военнослужащих после их возвращения из зоны боевых действий, в качестве базовой оценки при определении выраженности у них посттравматических проблем. Необходимо вместе с тем отметить высокую надежность разработанной методики экспертной оценки. Об этом свидетельствует уровень значимых интеркорреляционных связей между всеми пятью оценочными шкалами ОПАС (на уровне 0,3–0,5 по Спирмену, показатель α Кронбаха составил 0,75). При этом корреляционный анализ продемонстрировал полное отсутствие значимых связей между экспертной оценкой и переменными, характеризующими посттравматический статус военнослужащих. Сравнительный анализ также подтвердил (см. таблицу 3), что значимые различия в уровне выраженности посттравматических проблем между группами, выделенными по обобщенному показателю ОПАС с использованием медианного критерия, отсутствуют.

Этот вывод подтверждает актуальность решения задачи разработки в интересах практики специальной диагностической методики для применения с целью оценки посттравматического статуса военнослужащих и лиц других опасных профессий. Только применение специального диагностического инструментария позволяет своевременно определить начальные признаки развития неблагоприятных посттравматических состояний и принять своевременные меры по коррекции патологических посттравматических состояний, предотвращая их переход в хроническую форму.

Что касается основной задачи исследования по разработке шкалы для оперативной диагностики посттравматических стрессовых нарушений у военнослужащих – участников боевых действий, то психометрическая работа по ее конструированию

Таблица 3
 Экспертная оценка и уровень выраженности
 посттравматических нарушений у военнослужащих

Показатели	Группа А N = 56		Группа В N = 55		p
	М	SD	М	SD	
Средний балл ОПАС	2,65	0,13	2,19	0,23	0,0001
Экспертная оценка:					
Профессионализм	2,54	0,31	2,08	0,47	0,0001
Коммуникация	2,84	0,28	2,40	0,47	0,0001
Личностные особенности	2,66	0,29	2,30	0,38	0,0001
Организация досуга	2,42	0,39	1,91	0,41	0,0001
Здоровье	2,79	0,37	2,27	0,61	0,0001
Общие данные:					
Звание	2,02	0,98	1,82	0,94	
Возраст	31,79	5,56	31,27	6,04	
Шкала ОТБВ:					
Ft r	1,62	0,38	1,60	0,33	
Dtr	1,36	0,40	1,40	0,46	
Индекс TR	0,86	0,24	0,88	0,19	
Посттравматические нарушения:					
Шкала IN IOES	9,71	7,84	9,00	7,52	
Шкала AV IOES	11,98	8,36	11,53	8,85	
Шкала AR IOES	6,80	6,86	6,25	6,38	
Средний балл T IOES	28,50	20,57	26,78	20,30	
Миссисипская шкала	68,20	16,30	66,71	15,44	
Шкала ЛТ	37,48	8,33	35,09	5,94	
Шкала депрессии BDI	7,09	6,64	5,04	4,86	

была основана на результатах факторного и корреляционного анализа массива данных, полученных на I этапе исследования. Фрагмент полученной обобщенной факторной матрицы (70,9 % объясняемой дисперсии) представлен в таблице 4.

Наиболее тесно связаны с выраженностью посттравматических стрессовых нарушений психометрические показатели, объединенные в первом факторе факторной матрицы (11,9 % о. д.). Это показатели методики IOES, характеризующие текущий уровень посттравматических проблем у обследованных военнослужащих, и методики «Миссисипская шкала», отражающие выраженность посттравматических нарушений за весь период жизни после переживания травматического психологического стресса.

На основании результатов анализа данной факторной структуры диагностическая методика «Шкала оценки тяжести воздействия травмирующего события» (Impact of Event Scale – IOES-R), имеющая максимальную факторную нагрузку, по-

Таблица 4

Фрагмент факторной матрицы диагностических показателей уровня выраженности посттравматических стрессовых нарушений у военнослужащих – участников боевых действий

Фактор 1 «ПТСР»	Фактор 2 «Тревожность»	Фактор 3 «Депрессия»	Фактор 4 «Диссоциация»	Фактор 5 «Частота травматизации»
11,9 % о. д.	4,2 % о. д.	3,7 % о. д.	3,3 % о. д.	3,2 % о. д.
IN IOES	ЛТ СУМ	BDI 15	TR ОТБВ	Ftr ОТБВ
AR IOES	ЛТ 20	BDI SUM	Dtr ОТБВ	F ОТБВ 6
T IOES	ЛТ 8	BDI 18	D ОТБВ 3	F ОТБВ 1
IOES 16	ЛТ 11	BDI 12	D ОТБВ 2	F ОТБВ 5
IOES 2	ЛТ 9	BDI 17	D ОТБВ 6	F ОТБВ 2
IOES 15	ЛТ 17	BDI 20	D ОТБВ 8	F ОТБВ 8
IOES 10		BDI 11	D ОТБВ 9	F ОТБВ 3
IOES 3		BDI 4		
IOES 14				
IOES 1				
MIS SUM				
MIS 14				
IOES 21				
IOES 19				
IOES 4				
IOES 6				
IOES 9				
IOES 12				
IOES 18				
MIS 29				
IOES 20				
MIS 12				
MIS 32				

служила основой для разработки нового диагностического метода. Корреляционный анализ позволил из всего массива показателей отобрать для включения в пилотный вариант скрининговой диагностической методики те шкалы методик «Миссисипская шкала», ЛТ, BDI и ОТБВ, которые продемонстрировали наиболее тесные корреляционные связи с частными утверждениями, входящими в состав IOES-R. В результате в пилотный вариант конструируемой скрининговой психодиагностической методики «Шкала Посттравматических Стрессовых Нарушений у Военнослужащих» («Шкала ПСНВ») после соответствующей редакции было включено 72 утверждения. Субшкала «Интенсивность» методики ОТБВ вошла в состав пилотного варианта ПСНВ полностью (все 9 оценочных шкал). Субшкала ОТБВ «Частота» при разработке Шкалы ПСНВ, являющейся шкалой для субъективной оценки текущего состояния, не использовалась.

Каждая из 72 оценочных шкал, из которых 15 – шкалы обратной оценки, в методике ПСНВ была представлена в форме утверждения, требующего от обследуемого оценить (на основании своего личного опыта) степень согласия или несогласия с этим утверждением, используя предложенную 4-балльную биполярную частотную шкалу оценок «никогда–иногда–часто–постоянно». При обработке шкалы ПСНВ смысловые оценки перекодировались в баллы в диапазоне от 1 до 4. В качестве диагностического показателя ПСНВ был использован средний балл по шкале в целом (Индекс выраженности посттравматических нарушений – ПТН). Высокий уровень данного показателя соответствует высокой выраженности посттравматических нарушений, характерных для развития у военнослужащего комплекса неблагоприятных посттравматических психологических и психофизиологических состояний.

Таким образом, на I этапе эмпирического исследования, целью которого являлась разработка скрининговой методики для ранней диагностики выраженности признаков посттравматических стрессовых нарушений у лиц опасных профессий, были решены следующие задачи:

- 1 С участием военнослужащих Российской армии, имеющих опыт реализации служебных задач в зоне боевых действий, разработаны, апробированы в эмпирическом исследовании и психометрически оценены по параметрам надежности и валидности психодиагностическая методика «Шкала субъективной оценки тяжести боевого опыта военнослужащих» (ОТБВ) и «Шкала экспертной оценки посттравматического адаптационного статуса военнослужащих» (ОПАС).
- 2 Психометрический анализ результатов применения методики ОТБВ, включенной в батарею классических методов, валидных для психометрической диагностики признаков посттравматических стрессовых нарушений, продемонстрировал высокую надежность, а также критериальную и конструктивную валидность обеих шкал методики («Частоты» и «Интенсивности»), подтверждающих возможность ее использования в исследовательской и диагностической практике. При этом наиболее информативной как для оценки текущего состояния, так и для прогноза успешности посттравматической адаптации и надежности профессиональной деятельности лиц опасных профессий является шкала ОТБВ «Интенсивность», отражающая интенсивность перитравматических диссоциативных состояний в ходе травматической ситуации.
- 3 Проверка гипотезы о возможности применения в практике метода экспертной оценки уровня выраженности посттравматических стрессовых нарушений у лиц опасных профессий с целью их ранней и оперативной диагностики продемонстрировала отсутствие у данного метода (на примере применения шкалы ОПАС) необходимых для решения этой задачи психометрических качеств. Результаты исследования, впервые проведенного на отечественной выборке, позволяют с уверенностью утверждать, что только на основании мнения стороннего наблюдателя, не обладающего достаточной информированностью в области психологии травматического психологического стресса, не может быть сделан вывод о проявлении признаков посттравматического неблагополучия на ранних этапах посттравматической стрессовой адаптации.

На II этапе психометрического исследования была проведена апробация и валидизация разработанного пилотного варианта Шкалы ПСНВ. Результаты подтвердили высокую надежность, валидность и прогностическую значимость данных, полученных с ее применением. В настоящее время проводится работа по стандартизации и нормированию методики.

Литература

- Бодров В. А., Орлов В. Я.* Психология и надежность: человек в системах управления техникой. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1998.
- Зеленова М. Е., Лазебная Е. О., Тарабрина Н. В.* Психологические особенности посттравматических стрессовых состояний у участников войны в Афганистане // Психологический журнал. 1997. Т. 18. № 2. С. 34–49.
- Лазебная Е. О.* Преодоление психологических последствий воздействия экстремального (травматического) стресса: посттравматическая стрессовая адаптация // Психология адаптации и социальная среда: современные подходы, проблемы, перспективы / Ред. Л. Г. Дикая, А. Л. Журавлев. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 561–575.
- Лазебная Е. О.* Психологические детерминанты успешности посттравматического реабилитационного процесса у лиц опасных профессий // Медико-психологическая реабилитация лиц опасных профессий (материалы шестой Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 24.11.2006 г. М.: Изд-во «Граница», 2006. С. 133–135.
- Лазебная Е. О.* Посттравматическая стрессовая адаптация как системный процесс // Современная психология: состояние и перспективы исследований (материалы юбилейной научной конференции ИП РАН, 28–29 января 2002 г.). Ч. I. М.: ИП РАН, 2002. С. 83–95.
- Лазебная Е. О., Зеленова М. Е.* Военный травматический стресс: особенности посттравматической адаптации участников боевых действий // Психологический журнал. 1999. Т. 20. № 5. С. 62–74.
- Малкина-Пых И. Г.* Экстремальные ситуации (справочник практического психолога). М.: Эксмо, 2005.
- МКБ-10. Классификация психических и поведенческих расстройств. Исследовательские диагностические критерии. ВОЗ, 1995.
- Пушкарев А. П., Доморацкий В. А., Гордеева Е. Г.* Посттравматическое стрессовое расстройство. Диагностика и лечение. М.: Ин-т психотерапии, 2000.
- Тарабрина Н. В.* Практикум по психологии посттравматического стресса. Серия «Практикум по психологии». СПб.: Питер, 2001.
- American Psychiatric Association.* Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (4th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association, 1994.
- Kulka R., Schlenger W., Fairbank J. A. et al.* Trauma and the Vietnam War generation: Report of findings from the National Vietnam Veterans Readjustment Study. N. Y.: Brunner & Mazel, 1990.
- Van der Kolk B., McFarlane A., Weisaeth L. (e d s .)* . Traumatic stress: the effects of overwhelming experience on mind, body, and society. N. Y.–L.: The Guilford Press, 1996.
- Wilson J. P., Keane T. M., eds.* Assessing Psychological Trauma and PTSD. N. Y.–L.: The Guilford Press, 1997.

Источники дисперсии, лежащие в основе взаимосвязей между интеллектуальными и личностными конструктами

Н. Б. Горюнова

Несмотря на многочисленные исследования, в которых были выявлены корреляции между базовыми свойствами личности и основными факторами интеллекта, выводы относительно этих взаимосвязей имеют ограничения вследствие того, что исследователи часто не разделяют общие и специальные познавательные способности (Reeve et al., 2006). Подобная методологическая оплошность искажает оценки взаимосвязей между интеллектуальными и личностными конструктами, приводя к появлению артефактов.

Вместо того чтобы изучать отношения между личностными аспектами и конструктами способностей (т. е. факторами способностей), наиболее часто исследователи просто коррелируют личностные шкалы с тестовыми оценками. При этом не учитывается, что все оценки специальных познавательных способностей включают дисперсию, обусловленную *g*-фактором. Таким образом, результаты исследований, в которых сообщается о корреляциях между личностными свойствами и способностями, проявляющимися в шкальных оценках типа показателей общего IQ, IQ действия и вербального IQ неоднозначны, так как эти тестовые оценки отражают дисперсию, обусловленную как *g*, так и отдельными специальным способностям. Для более полного понимания взаимосвязей между интеллектом и личностными свойствами необходимо отделить дисперсию, обусловленную *g*, от дисперсии, обусловленной специальными познавательными способностями, так как оценки могут быть сильно искажены из-за множества других источников дисперсии, влияющих на успешность выполнения тестов способностей.

Конструктное пространство умственных способностей лучше всего описано как иерархия факторов с многочисленными специфическими способностями и навыками, занимающими более низкий уровень, небольшим количеством специальных факторов на промежуточном уровне, и единственным общим фактором (*g*) наверху (Carroll, 1993; Jensen, 1998). Карролл выделил трехуровневую структуру познавательных способностей, в которой общая умственная способность (*g*) содержит 8–10 групповых факторов, расположенных на втором уровне, те в свою очередь

1 Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда, проект № 06-06-00297а.

включают большое количество очень специфических способностей . Сходство между трехурвневой моделью Карролла и моделями других больших шкал, типа модели *Gf–Gc* Хорна и Кеттелла (Horn, Noll, 1997), является очевидным, особенно в терминах перекрытия в узких способностях, включенных в обе модели. Однако модель Хорна и Кеттелла не включает общий фактор, тогда как модель Карролла включает. Возможно, лучшим отражением теоретического описания психометрической структуры умственных способностей является попытка Макгрея (McGrew, 1997) синтезировать модель Carroll–Horn–Cattell. Помимо общего фактора *g*, данная модель включает следующие «узкие» способности: флюидный (*Gf*) и кристаллизованный (*Gc*) интеллект, количественное рассуждение (*Gq*), кратковременную память (*Gsm*), визуальный интеллект / обработку визуальной информации (*Gv*), слуховой интеллект / обработку слуховой информации (*Ga*), долговременное ассоциативное хранение и поиск (*Glr*), скорость когнитивной обработки (*Gs*), время реакции принятия решения (*Gt*), чтение и письмо (*Grw*).

Интерес к взаимосвязям между личностными и другими человеческими чертами (в том числе когнитивными способностями) обеспечил появление пятифакторной таксономии личности, а также других подобных моделей, например трехфакторной модели Айзенка, шестифакторной модели Бренда (Reeve и др., 2006). В то время как остаются некоторые разногласия относительно природы таксономической структуры личности, достигнуто согласие относительно его базовой структуры : личностные черты могут быть организованы в иерархическую структуру, состоящую из небольшого количества факторов (от 3 до 6), включающих некоторое число определенных аспектов. Споры вращаются прежде всего вокруг количества основных факторов высокого порядка и аргументов относительно точной спецификации, в соответствии с которой аспекты более низкого порядка входят в каждый из этих 3–6 больших факторов. Несмотря на эти проблемы, большинство таксономий личности включает главные факторы: экстраверсия/интроверсия, нейротизм/эмо-циональная стабильность, приятность (доброжелательность), добросовестность и открытость опыту. В большинстве современных работ, в которых исследовались взаимосвязи между интеллектом и личностными свойствами, принимается пяти-факторная модель, в частности структура NEO-PI-R, предложенная Коста и Мак-креем, которая остается пока доминирующей в некоторых прикладных областях психологии (Reeve et al., 2006).

Кратко рассмотрим некоторые теоретические подходы к изучению взаимосвязей между интеллектуальными и личностными конструктами. Условно можно наметить три направления теоретического осмысления этой проблемы. Первое назовем традиционным подходом, согласно которому полная независимость личности и интеллекта принята вследствие «психологически незначимых» нулевых корреляций . Еще в начале прошлого века Вебб продемонстрировал, что личность и интеллект имеют значимые нагрузки в отдельных факторах, показав очень небольшое перекрытие. Результаты работы Вебба и сегодня оказывают существенное влияние на авторов, которые считают личность и интеллект независимыми аспектами психического (Furnham et al., 2005) . Однако в настоящее время все чаще постулируется, что отсутствие значимых корреляций является недостаточным основанием для доказательства их теоретической независимости.

В рамках другого направления отстаивается точка зрения, в соответствии с которой личность и интеллект концептуально независимы, при этом допускается, что личностные особенности влияют на измерение интеллекта. Предполагается, что личностные характеристики и тип теста взаимодействуют, влияя на результаты его выполнения. Например, было показано (Chamorro-Premuzic et al., 2004), что экстраверсия положительно влияет на выполнение теста вследствие большей уверенности и более высокой скорости ответа, тогда как нейротизм отрицательно влияет на выполнение теста из-за беспокойства и напряжения. Аналогично предсказывается, что интроверты лучше выполняют вербальные задачи, тогда как экстраверты – задачи действия (Zeidner, 1995). Однако возможны и другие причинно-следственные отношения, например, плохое выполнение теста, обусловленное низким уровнем развития диагностируемой способности, может привести к снижению эффективности, увеличению тревожности, связанной с ситуацией тестирования и т. д.

И наконец, в рамках третьего направления утверждается наличие тесной взаимосвязи между личностными и когнитивными конструктами: личностные черты влияют на проявление интеллектуальных способностей, а интеллектуальные способности, в свою очередь, обеспечивают познавательный фон для формирования интересов, предпочтений, отношений и направленности на различные типы деятельности (Demetriou et al., 2003). Эти идеи, возможно, лучше всего отражены в инвестиционной теории Кеттелла, а позже в теории зрелого интеллекта Аскер-мана, которые постулируют, что познавательные способности, личность и волевые диспозиции действуют согласованно, формируя «комплексы черт». Согласно этим представлениям, предполагается, что направление, в котором скоррелированы интеллект и личность, может самостоятельно влиять на приобретение знаний, обработку информации, выбор окружения и представления о мире (Reeve et al., 2006).

В дополнение к теориям «высокого уровня», в которых личность и интеллектуальное поведение расцениваются как сложное взаимодействие черт, отношений и «экологических эффордансов», теории «низкого уровня» касаются, как правило, свойств центральной нервной системы, ответственной за наблюдаемые различия в интеллекте и личности (Vrebner et al., 1995). Например, в теории возбуждения Айзенка постулируется, что интроверты более чувствительны и физиологически более подвержены влиянию возбуждающих стимулов, чем экстраверты из-за различий в их базовом уровне возбуждения.

Предположения другого исследователя, Робинсона, хотя и сходные с посылками теории Айзенка в своем физиологическом основании, скорее согласуется со вторым направлением, согласно которому личность влияет на измерение способностей. Робинсон выдвинул гипотезу о том, что из-за различий в тонизирующем уровне таламо-кортикальной деятельности интроверты лучше выполняют вербальные задачи, а экстраверты – задачи, основанные на действии (Robinson, 1989). Таким образом, люди делают выбор и отвечают на окружающую среду дифференцированно, в соответствии с индивидуальными профилями способностей и личностных черт.

Важно отметить, что разными авторами постулируются как линейные, так и нелинейные взаимосвязи. Исходя из известного закона Йоркса–Додсона относительно возбуждения и выполнения работы, Робинсон сделал предположение, что взаимо-

отношения между выполнением интеллектуального теста и нейротизмом также носят нелинейный характер (имеет форму U-образной кривой): выполнение теста значительно ухудшается у людей с чрезвычайно высокими или чрезвычайно низкими оценками по шкале нейротизма (Robinson, 1989). В противовес этому Остин с соавторами обнаружили значимые положительные квадратичные корреляции между нейротизмом и интеллектом, показав, что высокие оценки выполнения теста встречаются у людей, как с высоким, так и с низким уровнем нейротизма (Austin et al., 1997). Согласно Айзенку, познавательные способности менее дифференцированы при высоком уровне нейротизма и, наоборот, более дифференцированы при низком уровне нейротизма. Другими словами, при высоком уровне нейротизма g-фактор должен объяснять большую часть всей наблюдаемой дисперсии в батарее тестов способностей, нежели при низком уровне.

Учитывая достаточно противоречивые результаты, получаемые в разных исследованиях, вопрос об источниках дисперсии, лежащих в основе наблюдаемых взаимосвязей между интеллектуальными и личностными конструктами, является достаточно актуальным. Как правило, авторы часто полагаются на тестовые субшкалы как конструктивно валидный «суррогат» когнитивных способностей, что может вызвать существенную путаницу. Как отмечает Лубински, «индикаторы, основанные на гомогенном содержании, часто несут многочисленные компоненты более чем одного конструкта... если показатели специальных способностей используются в исследовании изолированно и порождают значимые результаты, выводы о действующих конструктах, как правило, сомнительны» (цит. по: Reeve et al., 2006, p. 390). Таким образом, игнорирование причин дисперсии, обусловленной множеством общих и специальных способностей в большинстве тестовых субшкал, неизбежно затрудняет получение надежных и конструктивно валидных показателей отдельных когнитивных способностей. Поскольку факторы частных способностей включают дисперсию, обусловленную g, корреляции с другими переменными содержат как дисперсию, обусловленную g, так и уникальную дисперсию, обусловленную факторами специальных способностей. Для более ясного понимания уникальных взаимосвязей между какой-либо переменной и отдельными когнитивными способностями требуется, чтобы вклад g был нивелирован.

Здесь затрагивается методологический аспект, так как неспособность релевантно дифференцировать измерения определенных признаков может нарушить валидность предикторов (Reeve et al., 2006). В случае, когда наблюдаемая дисперсия в показателе отдельного признака обусловлена общим и частными критериальными конструктами, будучи не в состоянии должным образом отделить компоненты дисперсии признака, невозможно точно оценить относительный вклад каждого из предикторов. Прогностическая валидность отдельных когнитивных способностей может быть нарушена из-за невозможности отделить дисперсию, обусловленную общим фактором, от дисперсии частных признаков.

В исследованиях по изучению взаимосвязи между интеллектом и открытостью к опыту было показано, что открытость более тесно коррелирует с оценками кристаллизованного интеллекта (Gc), нежели с флюидным интеллектом или g (Bates et al., 2003). Другие авторы также сообщали о взаимосвязях между открытостью и различными мерами общей и/или специальных способностей (Harris, 2004). Од-

нако, как было отмечено выше, эти исследования не моделируют должным образом познавательные способности.

Была предпринята попытка решить эту проблему путем отделения дисперсии, обусловленной g , от показателей кристаллизованного интеллекта (Gc) (Gignac, 2005). Для того, чтобы оценить дисперсию, обусловленную фактором кристаллизованного интеллекта, авторы использовали подход на основе резидуальной (остаточной) регрессии и вложенного моделирования. При этом они обнаружили факт, противоречащий тому, о чем обычно сообщается, а именно что открытость к опыту более тесно связана с g , чем Gc .

Таким образом, есть достаточные основания пересмотреть существующие положения относительно природы и величины взаимосвязей между интеллектом и личностными характеристиками. Как отмечают ряд авторов (см.: Reeve et al., 2006), важно заново проверить и оценить научные теории относительно истинных взаимоотношений между различными конструктами. Для этого необходимо использовать методы, которые помогут контролировать многочисленные источники дисперсии, лежащие в основе наблюдаемых оценок, и искажения измерений, обусловленные ошибкой дисперсии.

Несмотря на то, что психологов, в конечном счете, интересует понимание взаимосвязей между теоретическими конструктами, они традиционно опираются на выведение этих взаимосвязей из простых корреляций между наблюдаемыми переменными. Однако корреляции между интеллектом и личностными свойствами могут быть неверно интерпретированы. Например, результаты, полученные в традиционных исследованиях, показали значимые корреляции числовой способности и кристаллизованного интеллекта с эмоциональной стабильностью, в то время как с общим интеллектом таких связей не обнаружено. Однако когда соответствующая оценка g была получена с помощью факторного анализа и дисперсия, обусловленная g , была нивелирована, результаты показали обратную картину. Таким образом, ни дисперсия соответствующая числовой способности, ни дисперсия, обусловленная кристаллизованным интеллектом, не были обоснованно связаны с эмоциональной стабильностью, при этом дисперсия, обусловленная g , действительно показывает значимые связи с оцениваемыми аспектами эмоциональной стабильности (Reeve et al., 2006).

Согласно этим же авторам, использование традиционного аналитического метода, опирающегося на наблюдаемые тестовые показатели способностей, приводит к систематическому недооцениванию величины взаимосвязей личностных качеств с g и скоростью когнитивной обработки (Gs), и переоцениванию их связи с другими частными способностями.

Хотя взаимосвязи между интеллектуальными и личностными конструктами признаются не всеми, в терминах комплексов черт они являются теоретически значимыми, показывая, что g положительно связан с положительными личностными чертами и отрицательно – с отрицательными или неадекватными чертами. Вероятно, прогностическая валидность, основанная на измерениях способностей с высокой нагрузкой g , отражает часть дисперсии, обусловленной общим комплексом черт. Альтернативное объяснение состоит в том, что эти связи отражают «каскадный эффект»: высокий g обеспечивает человеку ресурсы (например, мета-

когнитивные ресурсы), необходимые для развития и проявления этих социально адаптивных черт.

Очевидно, что в рамках одной статьи невозможно выявить точную причину этих связей. Вероятно, источники таких взаимосвязей могут быть лучше поняты, если разобраться в природе комплекса черт, объединив данные, полученные в исследованиях личностного и социального регулирования. Кроме того, отсутствие контроля дисперсии, обусловленной основными факторами способностей, может замаскировать взаимосвязь между интеллектом и личностными свойствами или привести к неверной ее интерпретации.

В данной статье мы попытались показать возможные негативные последствия общего методологического ограничения существующих исследований. Безусловно, существует потребность в новых работах, которые позволили бы более точно моделировать дисперсию, возникающую вследствие проявления различных познавательных способностей.

В дополнение стоит отметить, что используемые тестовые батареи, как правило, не охватывают всю область способностей, т. е. наша оценка g не всегда отражает реальный фактор g . При таком сужении фокуса внимания на отдельных аспектах возможны сомнительные выводы относительно (а) широты используемых показателей способностей, (б) их сходства со шкалами в современных батареях способностей, (с) свидетельства, демонстрирующего, что g -фактор является инвариантным для различных тестовых батарей и методов извлечения факторов.

Несмотря на эти ограничения, чтобы лучше понять природу комплекса черт и более точно раскрыть взаимосвязи между интеллектом и личностными свойствами, необходимо проводить исследования с использованием релевантных аналитических методов, позволяющих оценить взаимоотношения личностных и когнитивных конструктов (в частности, конструктов общих и специальных способностей).

Литература

- Austin E. J., Deary I. J., Gibson G. J.* Relationships between ability and personality: Three hypotheses tested // *Intelligence*. 1997. V. 25. P. 49–70.
- Bates T. C., Shieles A.* Crystallized intelligence as a product of speed and drive for experience: The relationship of inspection time and openness to g and Gc // *Intelligence*. 2003. V. 31. P. 275–287.
- Brebner J., Stough C.* Theoretical and empirical relationships between personality and intelligence // *International handbook of personality and intelligence* / Ed. by D. H. Saklofske, M. Zeidner. N. Y.: Plenum, 1995. P. 321–347.
- Carroll J. B.* Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies. N. Y.: Cambridge University Press, 1993.
- Chamorro-Premuzic T., Furnham A.* A possible model for understanding the personality-intelligence interface // *British Journal of Psychology*. 2004. V. 95. P. 249–264.
- Demetriou A., Kyriakides L., Avraamidou C.* The missing link in relations between intelligence and personality // *Journal of Research in Personality*. 2003. V. 37. P. 547–581.
- Furnham A., Moutafi J., Chamorro-Premuzic T.* Personality and intelligence: Gender, the Big Five, self-estimated and psychometric intelligence // *International Journal of Selection and Assessment*. 2005. V. 13. P. 11–24.

- Gignac G. E.* Openness to experience, general intelligence and crystallized intelligence: A methodological extension // *Intelligence*. 2005. V. 33. P. 161–167.
- Horn J. L., Noll J.* Human cognitive capabilities: Gf-Gc theory // *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* / Ed. by D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, P. L. Harrison's. N. Y.: Guilford Press, 1997. P. 53–90.
- Jensen A. R.* The g factor: The science of mental ability. Westport, CT: Praeger, 1998.
- McGrew K. S.* Analysis of the major intelligence batteries according to a proposed comprehensive Gf-Gc framework // *Contemporary intelligence assessment: Theories, tests, and issues* / Ed. by D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, P. Harrison's. N. Y.: Guilford Press, 1997. P. 151–179.
- Reeve C. L., Meyer R. D., Bonaccio S.* Intelligence – personality associations reconsidered: The importance of distinguishing between general and narrow dimensions of intelligence // *Intelligence*. 2006. V. 34. P. 387–402.
- Robinson D. L.* The neurophysiological basis of high IQ // *International Journal of Neuro-science*. 1989. V. 46. P. 209–234.
- Zeidner M.* Personality trait correlates of intelligence // *International handbook of personality and intelligence* / Ed. by D. H. Saklofske, M. Zeidner. N. Y.: Plenum Press, 1995. P. 299 – 319.

Личностные предикторы профессиональной направленности

А. Н. Лебедев, Э. Г. Мартиросов, Д. А. Абрамов, Ю. В. Бусова, Т. И. Литвинова, Т. Ф. Романова, М. М. Семенов

Наша цель – разработка простых, надежных и, разумеется, валидных методик для расчета профессиональных склонностей человека в начале его жизненного пути. Выпускникам университета, молодым бакалаврам, магистрам предстоит выбор направления своей будущей деятельности. В мире спорта потребность в правильном самоопределении не менее важна для тех, кто устремлен к победам в спортивных состязаниях. Каждому желательно знать как можно больше о своих возможностях, о перспективах своего дальнейшего профессионального роста в избранном направлении. Предикторами служат наиболее информативные нейро-, психо- и антропометрические показатели профессиональных склонностей работника и возможностей его профессионального роста.

Проблема

Профессиональные требования к работнику, к его знаниям, физическим и психическим особенностям давно изучаются психологами. Свыше ста лет назад были разработаны первые психологические тесты, а методы инструментальных измерений типа реакций выбора, кожно-гальванических реакций даже еще раньше.

Поражает изобилие всевозможных тестов. Учтем, что разработка каждого нового теста весьма трудоемка. Например, разработка теста для оценки того, насколько хорошо личностные особенности человека соответствуют требованиям избираемой им профессии юриста, психолога, учителя, журналиста, экономиста, политолога и т. п.

Достаточно ли сильна современная психология в своем умении обоснованно, точно рассчитывать варианты профессионального роста работников разного ранга, предвидеть их будущие поступки? Пожалуй, что нет. Сегодня основное орудие психологов для такого расчета – тесты. Однако тесты, т. е. формализованные варианты беседы психолога с клиентом, имеют множество недостатков. Например, один из них – возможность заведомо лживых ответов части испытуемых.

Лучше всего было бы обойтись вообще без тестов, т. е. без ответов испытуемого. С этой целью для диагностики личностных особенностей испытуемого можно ис-

1 Исследование поддержано грантами ГУ ВШЭ № 06-04-0031 и РГНФ № 08-06-00607.

пользовать потенциалы электроэнцефалограммы и другие объективные показатели (Жевнеров, Лебедев, 2006). Можно попытаться решить задачу и традиционно, с помощью тестов, но тестов иного рода, тестов нового поколения, не нацеленных специально на отбор на определенную должность, тестов, нечувствительных к тому, насколько истинны ответы испытуемого. По сути, ответы любого рода могут содержать ценную информацию о личности испытуемого. Важно уметь извлекать истину из самых разнообразных сведений о конкретном человеке.

В этом состоял наш замысел. Во-первых, научиться извлекать информацию о профессиональных склонностях испытуемых из весьма размытых, весьма приблизительных численных самооценок своих личностных особенностей каждым испытуемым. Во-вторых, более того, научиться извлекать нужную информацию вообще без каких-либо вопросов к испытуемому, с помощью только инструментальных замеров, в нашем случае – конкретно – по параметрам электроэнцефалограммы и по измерениям ряда психомоторных показателей.

Гипотеза

Можно предположить, что оценки даже небольшого числа своих личностных качеств, так называемые самооценки, в своей совокупности, при всей своей неопределенности, размытости, субъективности, несут в себе информацию о многом, в том числе и о профессиональной направленности испытуемого, и о его текущем состоянии. Такова была наша первая гипотеза. Это предположение следовало проверить экспериментально, что и было нами сделано.

В качестве информации о профессиональной направленности испытуемого мы обошлись далее и вовсе без тестов, используя для этого классическую электроэнцефалограмму, т. е. запись биоэлектрической активности головного мозга. Вторая наша гипотеза заключалась в том, что биопотенциалы отражают профессиональную направленность человека так же, как и многие другие его личностные качества. Для такого предположения есть основания (Ливанов, 1972, 1989; Соколов, 2003; Голубева, 2005; Лебедев, 2005, 2008; Lebedev, 1990, 2001, 2003).

Источники информации об испытуемом. Методики

1. Самооценки. Испытуемые по первой нашей методике выставляли сами себе, разным своим психологическим особенностям, численные оценки. Оценки наподобие школьных, по пятибалльной системе: например, своей сообразительности, скромности, своему здоровью. Ясно, что такие оценки весьма субъективны. Каждый по-своему воспринимает задание выставить, например, оценку своей подтянутости, аккуратности, дисциплинированности. Одна из оценок, а именно оценка своего желания «побездельничать», была включена нами в список специально, для контроля. Можно же пошутить. Но неожиданно она оказалась информативной в ряду других наиболее весомых оценок, как это можно увидеть ниже в таблице 2.

Испытуемыми были в основном студенты ГУ ВШЭ, а также студенты-богословы и студенты-артисты московских вузов. Кроме того, на ответы нашего теста отвечали сложившиеся специалисты, учителя средних школ Кабардино-Балкарии. Эта часть работы была выполнена совместно с Институтом национальных проблем образования РФ (М. Н. Кузьмин, О. И. Артеменко и другие). Часть испытуемых отвечала

на вопросы одной и той же анкеты дважды, с промежутком от нескольких недель до нескольких месяцев. Всего было обследовано свыше 500 испытуемых.

Перечень вопросов мы взяли из предыдущей разработки, выполненной при участии одного из нас (Бовин и др., 1997). В системе МВД РФ уже десяток лет используется надежный способ оценки личностных особенностей работников силовых структур, в основном мужчин, в сопоставлении с профессиональными успехами каждого. Руководитель подразделения в этом ведомстве, перемещая своих подчиненных по служебной лестнице, помимо традиционных служебных характеристик численно оценивает достоинства сотрудников по предложенному психологами списку. Подчеркнем, что именно руководитель отвечает на вопросы о своем подчиненном, а не сам подчиненный рассказывает о себе.

Напротив, по нашей методике, названной «Зеркало» (Берестнева, Лебедев, Муратова, 2005; Лебедев, Литвинова, Абрамов, 2007), испытуемый сам оценивает какое-то предлагаемое ему свое качество, например свою сообразительность, в баллах от 1 до 5, как сказано выше. 5 баллов – качество ярко выражено, по мнению самого испытуемого. 1 балл – совсем не выражено. Некоторые испытуемые иногда выставляли нуль («0») какой-то своей личностной особенностью. При затруднении или нежелании отвечать испытуемый, согласно инструкции, выставлял вместо цифры, т. е. числа баллов, любой иной знак, например букву «X». Заметим, что подобные случаи были исключительно редки. Например, некоторые девушки не понимали, что понимать под словом «подтянутость» в перечне оцениваемых личностных особенностей.

Длина вектора (x) для какого-то конкретного личностного качества равна числу испытуемых. Число разных векторов (x) равнялось числу 51 разных личностных качеств, указанных в списке, предъявленном испытуемому. Вектор (x) предварительно умножался ради удобства расчетов на 10, например, вместо трех баллов выставлялась оценка 30.

Вектор (y) той же самой длины, что и вектор (x), отражал конкретную профессию испытуемого. В большинстве это были студенты университета. Часть испытуемых работали учителями средней школы. Всего разных векторов (y) было 13. Каждый состоял из бинарных оценок. Для удобства расчетов были выбраны числа 1 и 99, а не привычные 0 и 1. Число 99 выставлялось, если это был тот самый факультет, на котором учился студент, иначе ставилась альтернативная оценка, равная единице. Коэффициент корреляции $R(xy)$ в каждой паре векторов (x, y) вычисляли по известной формуле Пирсона

$$R(x, y) = [(D(x) + D(y) - D(x - y)) / \sqrt{D(x) \cdot D(y)}] / 2, \quad (1)$$
 в которой $D(x)$ и $D(y)$ – дисперсии оценок в каждом исходном векторе порознь, а $D(x - y)$ – дисперсия оценок в векторе их попарных разностей, $\sqrt{\quad}$ – знак извлечения квадратного корня.

Первоначальная задача заключалась в том, чтобы выяснить, связаны ли достоверно самооценки испытуемых с избранной ими профессией. Ответ не был очевидным. Избранные для самооценок качества не были изначально привязаны к каким-либо профессиям. Это принципиальная особенность нашей методики. При составлении списка вопросов мы не изучали предварительно особенности профессии и не выделяли профессионально важные качества, как это принято.

Наша первая задача как раз и заключалась в поиске комбинаций самооценок, специфически связанных с каждой из тринадцати профессий, уже избранных при поступлении в вуз нашими испытуемыми-студентами, а также состоявшимися специалистами, в большинстве молодыми людьми не старше 30 лет. Для расчетов мы использовали методику множественных линейных регрессий (Айвазян, Бухштабер, Енюков, Мешалкин, 1989; Берестнева, Лебедев, Муратова, 2005).

2. Электроэнцефалограмма. Проверка второй гипотезы проводилась без вопросов и без ответов испытуемых. Источником информации о личностных особенностях, в первую очередь о профессиональной направленности испытуемого, служили разнообразные характеристики биопотенциалов мозга, записанных в состоянии покоя, при закрытых глазах. Число отведений биопотенциалов, взятых для анализа, было равно шести. Активные электроды размещались в симметричных пунктах лобной, центральной и затылочной областей. Индифферентные электроды – на сосцевидных отростках. Испытуемыми были студенты разных факультетов, школьники-старшеклассники, молодые специалисты и состоявшиеся спортсмены, в том числе высокой квалификации, примерно того же возраста, что и студенты, в массе своей не старше 30 лет. Всего испытуемых было около тысячи. У части испытуемых электроэнцефалограммы записывались дважды с промежутком от нескольких дней до нескольких месяцев.

3. Психомоторные показатели. В нашем исследовании были использованы классические, хорошо известные показатели: теппинг, скрытое время простых сенсомоторных реакций и реакций выбора, объем оперативной (кратковременной памяти), скорость поиска сведений в памяти и другие.

Результаты

1. Информативность самооценок. Комбинация произвольно заданного небольшого числа разных самооценок (x), называемых предикторами, т. е. наиболее сильно связанных с вектором из оценок профессии (y) и вместе с тем наименее связанных между собой, служила для выработки уравнения множественной линейной регрессии. По найденному уравнению рассчитывалась численная оценка элементов вектора (y), т. е. осуществлялся прогноз профессиональных склонностей каждого испытуемого по небольшому набору предикторов, т. е. векторов (x).

Уравнение (2) для расчета склонности к профессии журналиста $y = \text{PRO (JUR)}$ служит примером диагностики профессиональной направленности по пяти самооценкам, отличающим профессию журналиста от остальных профессий.

$$y = -13,53 - 0,14 \cdot (15G) + 0,08 \cdot (45G) + 0,19 \cdot (33G) + 0,17 \cdot (20G) + 0,15 \cdot (02G) \quad (2)$$

Содержание каждой самооценки (в круглых скобках с индексом G) раскрывается ниже в таблице 2. Заметим, что журналисты, как оказалось, отличаются сильнее всего от прочих испытуемых своим дружелюбием, раскованностью, увлеченностью. Они больше, чем остальные, интересуются искусством и заявляют о себе, что скромностью, мягко выражаясь, не отличаются. Всего подобных уравнений, вычисленных по самооценкам, тринадцать. Для каждого испытуемого по этим уравнениям вычислены профили индивидуальных склонностей к той или иной профессии. В таблице 1 показан перечень профессиональных склонностей одного из студентов факультета журналистики ГУ ВШЭ.

А. Н. Лебедев, Э. Г. Мартиросов, Д. А. Абрамов и др.

В таблице 1 представлена возможность (PRB, %) реализации (балл, оценка) прогноза (PRO) ряда профессиональных склонностей одного из студентов факультета журналистики и реальное значение выбранной им профессии (REAL).

Таблица 1

Возможность реализации прогноза ряда профессиональных склонностей одного из студентов

КОД	PRB	PRO	REAL	Балл	Оценка	Профессия
JUR	97	10	99	97	Да	Журналист
ART	93	16	1	93	Да	Артист
MEN	85	18	1	85	Да	Менеджер
PSY	77	17	1	77	Да	Студент-психолог
EKO	77	14	1	77	Да	Экономист
BIZ	51	5	1	49	Нет	Бизнес-информатор
YUR	59	5	1	41	Нет	Юрист
SOC	62	3	1	38	Нет	Социолог
POL	65	5	1	35	Нет	Политолог
LIN	69	15	1	31	Нет	Лингвист
BOG	71	2	1	29	Нет	Священник
GOS	82	5	1	18	Нет	Госуправленец
UCH	92	1	1	8	Нет	Учитель

В частности, вычисленное по формуле (2) значение профессиональной склонности данного студента к журналистике составляет округленно 10 единиц, как показано в соответствующей колонке (PRO),

$PRO(JUR) = y = -13,53 - 0,14 \cdot 40 + 0,08 \cdot 50 + 0,19 \cdot 50 + 0,17 \cdot 50 + 0,15 \cdot 50 = 10,3$, (3) и, следовательно, вероятность (PRB) того, что избранная им профессия соответствует его личностным особенностям, весьма велика – 97 %. Вместе с тем видно, что личностные особенности этого студента также с высокой вероятностью соответствуют профессиям артиста, менеджера и вовсе не соответствуют профессиям учителя, госуправленца, священника (были и такие испытуемые в нашей обучающей выборке). Для каждой профессии выявлен свой специфический набор предикторов (см. ниже таблицу 2). Чем выше вычисленное по уравнению регрессии значение (y) для определенной профессии, тем в большей степени заданная этим вектором профессия соответствует личностным особенностям данного испытуемого, и наоборот. Важно отметить, что всех испытуемых мы делили на две группы. Одну из групп (UCH, 12 %), обучающую, использовали для того, чтобы найти диагностические уравнения. По найденным уравнениям множественной линейной регрессии вычислялись значения векторов (y) для студентов второй, контрольной группы (CHK, 12 %). Так определялись профессиональные склонности испытуемых в контрольной, т. е. слепой выборке. Ниже в таблицах 2 и 3 представлены результаты проверки нашей гипотезы об информативности параметров ЭЭГ. В таблице 2 показаны значения коэффициентов корреляции между вычисленными значениями вектора PRO и действительными бинарными значениями вектора REAL. Вычисленные значения служат мерой точности прогноза профессиональных склонностей во всей выборке (ALL, 8 %), в обучающей (UCH, 12 %) и контрольной (CHK, 12 %) выборках. Критичес-

Личностные предикторы профессиональной направленности

кое значение коэффициента корреляции при общепринятом уровне значимости (5 %) определяется объемом выборки. Например, для 268 испытуемых контрольной выборки (СНК, 12 %) критическое значение равно 0,12, или 12 %. Критические значения указаны в скобках, в процентах, после названия колонок.

В таблице 2 представлены коэффициенты корреляции между действительным значением избранной студентом профессии (Код) и тремя ее вычисленными значениями: по всей (ALL, 8 %) выборке испытуемых из 535 человек, в обучающей выборке (UCH, 12 %) из 267 человек и в контрольной («слепой») выборке из 268 студентов (СНК, 12 %). Критические значения коэффициентов корреляции (0,08 и 0,12) при 5 % уровне значимости отражены в заголовках колонок. Число предикторов для вычисления предрасположенности к той или иной профессии равно пяти.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между действительным значением избранной студентом профессии и тремя ее вычисленными значениями

Код профессии	ALL, 8 %	UCH, 12 %	СНК, 12 %	Профессия
UCH	40	38	42	Учитель
EKO	29	27	29	Экономист
MEN	27	22	28	Менеджер
LIN	30	31	28	Лингвист
PSY	24	17	27	Студент-психолог
ART	30	33	27	Артист
BIZ	28	31	25	Бизнес-информатор
GOS	19	17	17	Госуправленец
BOG	20	20	17	Священник
POL	19	15	15	Политолог
YUR	22	21	14	Юрист
JUR	20	26	13	Журналист
SOC	20	25	13	Социолог

В таблице 3 представлены реальные значения избранной специальности (REA) и прогноз (PRO) этих значений с вероятностью (PRB) по самооценкам своих личностных особенностей для студентов двух факультетов, юридического и менеджмента. SGN – качественная оценка. В колонках «Юристы» и «Менеджеры» отражены коды конкретных испытуемых.

Таким образом, проверка нашей первой гипотезы оказалась успешной. В самооценках испытуемых содержится достаточно информации для достоверной оценки профессиональной направленности испытуемого.

Регрессионные уравнения для прогноза профессиональных склонностей студентов, подобные предыдущему уравнению (3), были получены на нескольких сотнях испытуемых в опытах Т. И. Литвиновой со студентами, в основном ГУ-ВШЭ, а также других столичных вузов. Точность прогноза по этим уравнениям была проверена в опытах Ю. В. Бусовой со студентами другого вуза, тоже столичного, МГАДА. Данные Ю. В. Бусовой были использованы для проверки точности прогноза по уравнениям, найденным ранее в опытах Т. И. Литвиновой с сотрудниками. Успешные

Таблица 3
Реальные значения избранной специальности

Юристы	REA	SGN	PRB	PRO	Менеджеры	REA	SGN	PRB	PRO
КалУ	99	+	99	69	ИваМ	99	+	99	88
НугУ	99	+	98	65	МагМ	99	+	99	78
СинУ	99	+	98	65	ЛобМ	99	+	96	68
БулУ	99	+	97	62	ЕмеМ	99	+	88	61
СимУ	99	+	97	62	БулМ	99	+	88	61
ШинУ	99	+	97	62	ИваМ	99	+	88	61
КомУ	99	+	96	59	ТгонМ	99	+	84	58
АнкУ	99	+	94	55	МигМ	99	+	84	58
ФедУ	99	+	94	55	ХарМ	99	+	84	58
МамУ	99	+	94	55	АндМ	99	+	84	58
ОлеУ	99	+	94	55	ОрлМ	99	+	84	58
СурУ	99	+	94	55	КалМ	99	+	84	58
ЕроУ	99	+	94	55	ЯкуМ	99	+	84	58
ДемУ	99	+	92	52	МалМ	99	+	82	57
ДемУ	99	+	92	52	БорМ	99	+	80	56
ВыдУ	99	+	89	48	ДмиМ	99	+	73	53
МалУ	99	+	89	48	АкоМ	99	+	73	53
КирУ	99	+	89	48	ЯстМ	99	+	69	52
ДзюУ	99	+	88	48	КорМ	99	+	69	52
КулУ	99	+	85	45	НайМ	99	+	67	51
ФлеУ	99	+	85	45	СтоМ	99	+	67	51
БелУ	99	+	85	45	АноМ	99	+	67	51
ТкаУ	99	+	85	45	ВасМ	99	+	67	51
АниУ	99	+	80	42	ДемМ	99	+	67	51
СбоУ	99	+	75	38	АрхМ	99	+	67	51
БарУ	99	+	75	38	КулМ	99	+	67	51
ГасУ	99	+	74	38	ТазМ	99	+	67	51
ЕфиУ	99	+	68	35
МелУ	99	+	68	34	БилМ	99	-	37	41
ЯкуУ	99	+	66	34	КарМ	99	-	36	41
БурУ	99	+	60	31	СавМ	99	-	34	40
МудУ	99	+	54	28	ЧисМ	99	-	32	39
СинУ	99	+	54	27	СтоМ	99	-	20	34
АреУ	99	-	47	24	КонМ	99	-	20	34
КраУ	99	-	39	21	СебМ	99	-	19	34
ЧубУ	99	-	32	17	МурМ	99	-	19	34
ГроУ	99	-	32	17	ЩедМ	99	-	15	32
НитУ	99	-	27	14	ЧерМ	99	-	15	32
НефУ	99	-	20	10	ТерМ	99	-	12	30
ЗорУ	99	-	16	7	КияМ	99	-	2	17

результаты проверки для двух специальностей представлены в таблице 3. Число безошибочных прогнозов достоверно больше числа ошибочных прогнозов.

Каждый испытуемый может воспользоваться вычисленным профилем своих профессиональных склонностей на развилках своего жизненного пути, в моменты

выбора перспектив своего дальнейшего профессионального развития. Руководство организации, где он собирается работать, в свою очередь, получает дополнительную информацию о профессиональных склонностях очередного кандидата на престижную работу. В обоих случаях источником информации служат самооценки.

Итак, самооценки испытуемыми своих личностных особенностей по методике «Зеркало» оказались информативными в задачах оценки профессиональных склонностей молодых людей к ряду возможных специальностей. Но можно обойтись без самооценок и вообще без психологического тестирования испытуемого. Речь идет об электрических потенциалах головного мозга человека, об электроэнцефалограмме, записанной у испытуемого в состоянии покоя при закрытых глазах в течение 10–15 минут.

2. Информативность электроэнцефалограммы. Параметры электроэнцефалограммы каждого из нескольких сот испытуемых были сопоставлены в наших опытах со значениями избранной ими профессии. Это были школьники, студенты, учителя, молодые специалисты с высшим образованием, работающие в одной из московских организаций, а также молодые люди, полностью посвятившие себя спорту, в том числе борцы, боксеры, гребцы, дзюдоисты, футболисты. Один из авторов, академик РАЕН Э. Г. Мартиросов из Российского Государственного Университета Физической культуры и Спорта, собрал вокруг себя группу специалистов из генетиков, антропологов, биологов, медиков, программистов и психологов с целью поиска предикторов спортивной одаренности, прогноза высоких спортивных достижений, более эффективного отбора перспективных спортсменов и повышения качества их профессиональной подготовки.

Известно, что потенциал спортсмена, равно и его электроэнцефалограмма, антропометрические, биохимические и другие объективные показатели, во многом определяются наследственностью, особенностями пре- и постнатального развития, условиями жизни в детстве и подростковом возрасте. Одна из важных задач – найти методику прогноза будущего спортивного мастерства по множеству разнообразных исходных данных. Электрические потенциалы головного мозга, в частности ЭЭГ, как зеркало отражают внутренний мир человека, его интеллектуальные ресурсы, темпераментальные, личностные особенности (Лебедев, 2007, 2008).

Поэтому было бы полезно использовать в первую очередь ЭЭГ-показатели для решения разнообразных спортивных проблем. Сначала мы попытались выяснить, отражается ли в электрических потенциалах спортивная направленность уже сложившихся спортсменов. Для этого у группы спортсменов, проявивших себя в разных видах спорта (вольная борьба, бокс, дзюдо, футбол, гребля), мы записали фоновую электроэнцефалограмму в стандартных условиях покоя при закрытых глазах, используя монополярное отведение потенциалов в лобных, центральных и затылочных зонах коры головного мозга. Первоначально группа испытуемых-спортсменов состояла из 128 человек. Среди них самыми малочисленными были подгруппы боксеров (8 человек) и гребцов (13 спортсменов). Половину спортсменов в каждой подгруппе использовали для выработки диагностических уравнений. Это были уравнения множественной линейной регрессии. Вторую половину выборки, как обычно, использовали для проверки точности диагностики вслепую, т. е. по уравнениям, найденным в опытах с испытуемыми первой подгруппы. ЭЭГ-

предикторы, как выяснилось, оказались весьма информативными (Лебедев, 2006). В дальнейшем размеры выборки испытуемых существенно возросли – до нескольких сот человек, причем это были не только спортсмены, но также студенты вузов, школьники старшекласники, молодые специалисты. У всех испытуемых были записаны электроэнцефалограммы в состоянии покоя при закрытых глазах. В опытах принимали участие Ю. А. Шпатенко, А. В. Петров, М. М. Семенов, Т. Ф. Романова и другие наши сотрудники.

Результаты второй части наших исследований отражены в таблицах 4–6. Данные всех трех таблиц говорят сами за себя. Точность объективной диагностики в случае предикторов-биопотенциалов оказалась в целом более высокой, чем в первом разделе нашей работы, в случае предикторов-самооценок.

КорПред – коэффициент корреляции каждого предиктора отдельно с признаком профессии, КорРегр – коэффициент корреляции между прогнозом искомой склонности к спортивной деятельности в том или ином виде спорта и реальным выбором вида спорта, а также между прогнозом склонности к другим видам деятельности (школьник, студент, специалист) и реальными видами деятельности. Сумма весов предикторов, т. е. квадратов коэффициентов при каждом предикторе, составляет 100 %.

Далее были вычислены коэффициенты корреляции между действительным значением избранной профессии (Код) и тремя ее значениями, найденными по ЭЭГ-параметрам: по всей (ALL, 6 %) выборке испытуемых, в обучающей выборке (УСН, 8 %) и контрольной («слепой») выборке (СНК, 8 %) с равным числом испытуемых в каждой. Число предикторов для вычисления профессиональной предрасположенности по параметрам электроэнцефалограммы было равно трем. Перечни предикторов отображены в таблице 5. Всего обработано 1229 записей ЭЭГ.

Критические значения коэффициентов корреляции (0,06 и 0,08) при 5 % уровне значимости отражены в заголовках колонок.

Таким образом, вторая наша гипотеза об отражении профессиональной направленности личности в параметрах электроэнцефалограммы также подтверждена экспериментально. Даже наименьшие по величине коэффициенты корреляции между прогнозом и реальностью (для гребцов + 0,28, для футболистов + 0,26) в слепой выборке (СНК) втрое превышают свое критическое значение (0,08) при общепринятом в психологии 5 % уровне значимости. Иными словами, вероятность безошибочной диагностики больше 95 %.

Можно утверждать, что электроэнцефалограмма – более важный сравнительно с самооценками и весьма перспективный источник информации о личности испытуемого. Главное его преимущество – объективность, невозможность целенаправленных субъективных искажений результатов диагностики.

Наконец, мы использовали еще два источника информации об индивидуальных особенностях личности каждого испытуемого – результаты измерения скорости теппинга, простых сенсомоторных реакций и реакций выбора, объема кратковременной памяти на стимулы с заданным алфавитом, а также множество антропометрических показателей (Петров, Мартиросов, Лебедев, 2007)

Экспериментально выявленные таким способом индивидуальные особенности спортсменов (многие из них мастера спорта, некоторые – чемпионы страны) были сопоставлены с реальными достижениями в избранной спортивной профессии.

Личностные предикторы профессиональной направленности

Таблица 4
Предикторы, их веса

Код	Предикторы ЭЭГ	Вес	КорПред	КорПерп	Код	Профессия
Z07	Мощность, кв. мкВ, Гц, отн. ед.	52	+0,33	0,436	BOR	Борец классич.
ZS3	Стд. откл., Гц,	24	+0,32	0,436	BOR	Борец классич.
Z01	Мощность, кв. мкВ, Гц, отн. ед.	24	+0,30	0,436	BOR	Борец классич.
15F	Мощность, затылок справа	39	+0,20	0,297	BOX	Боксер
T1A	тета 1,4_5 Гц, лоб слева Коэф. корр. волн	38	+0,19	0,297	BOX	Боксер
R35	ЭЭГ, СЗ_О1, %	23	+0,17	0,297	BOX	Боксер
Z07	Мощность, кв. мкВ, Гц, отн. ед.	55	+0,26	0,288	DZD	Дзюдоист
B1B	14_18 Гц, лоб справа	33	+0,25	0,288	DZD	Дзюдоист
LAO	Мощность альфа ритма, затылок слева	12	+0,21	0,288	DZD	Дзюдоист
B1B	Мощность, 14_18 Гц, лоб справа	64	+0,26	0,330	FUT	Футболист
T1C	тета 1,4_5 Гц, центр слева	18	+0,22	0,330	FUT	Футболист
B2F	Мощность, 19_24 Гц, затылок справа	18	+0,21	0,330	FUT	Футболист
D1C	Мощность дельта, 1_3 Гц, центр слева	92	+0,34	0,343	GRE	Гребец
Z09	Мощность, кв. мкВ, Гц, отн. ед.	07	+0,27	0,343	GRE	Гребец
18E	Кв. мкВ, Гц [100*XI/XM], затылок слева	00	+0,23	0,343	GRE	Гребец
AS3	Стд. откл от MCV*10, С3, центр слева	62	+0,48	0,504	SHK	Школьник
AS1	откл. от MCV*10, F3, лоб слева	38	+0,47	0,504	SHK	Школьник
AS2	от MCV*10, F4, лоб справа	00	+0,47	0,504	SHK	Школьник
Z11	Мощность, кв. мкВ, Гц, отн. ед.	69	+0,70	0,749	SPE	Специалист
Z10	Мощность, кв. мкВ, Гц, отн. ед.	31	+0,64	0,749	SPE	Специалист
ZZA	Мощность альфа ритма, в целом, %	00	+0,60	0,749	SPE	Специалист
ZZA	Мощность альфа ритма в целом, %	97	-0,77	0,770	STU	Студент
LAC	альфа слева, центр, %	03	-0,70	0,770	STU	Студент
LDC	Мощность дельта + бета слева, центр, %	00	-0,68	0,770	STU	Студент
Z09	Мощность, отн. ед.	73	+0,33	0,365	VOL	Борец вольный
Z08	Мощность, кв. мкВ, Гц, отн. ед.	23	+0,25	0,365	VOL	Борец вольный
LAO	Мощность альфа ритма слева, затылок, %	03	+0,20	0,365	VOL	Борец вольный

Таблица 5

Коэффициенты корреляции между реальными и вычисленными по параметрам электроэнцефалограммы значениями профессии

Код профессии	ALL, 6 %	UCH, 8 %	CHK, 8 %	Профессия
STU	77	78	76	Студент
SPE	75	77	73	Молодой специалист
SHK	50	49	51	Школьник
BOR	44	44	42	Борец классический
VOL	36	34	37	Борец вольный
BOX	30	21	32	Боксер
DZD	29	26	31	Дзюдоист
GRE	34	31	28	Гребец
FUT	33	40	26	Футболист

А. Н. Лебедев, Э. Г. Мартиросов, Д. А. Абрамов и др.

Выборка спортсменов, как и прежде, была поделена на две части случайным образом. Одна из полученных подвыборок служила для выработки диагностического уравнения по программам А. Н. Лебедева, а другая – для проверки точности прогноза вслепую. В частности, одно из уравнений для диагностики спортивного мастерства борцов (BOR) по психометрическим показателям оказалось следующим:

$BOR = 125,339 - 0,903 \cdot (POO) + 1,018 \cdot (SOO) - 0,384 \cdot (MMA)$, где BOR – уровень мастерства, POO – среднее значение интервала времени между смежными реакциями измерения теппинга – максимальной частоты нажатий на кнопку, SOO – стандартное отклонение указанного интервала, MMA – максимальный объем кратковременной памяти. В данном случае все параметры выражены в условных единицах. За 100 баллов принимается среднее значение параметра по выборке в целом и за 10 единиц – стандартное отклонение этого значения. Ниже показана статистика показателей в обучающей (37 человек) и в контрольной выборках, при проверке точности прогноза «вслепую». Коэффициент корреляции между предсказанными значениями мастерства (Pro) и реальными достижениями (BOR) при проверке вслепую оказался равным 0,58, значимо отличаясь от нуля (критическое значение коэффициента равно 0,32 при уровне значимости 0,05). Наибольший вес по своей значимости имел теппинг-тест. У борцов, отличающихся высоким

Таблица 6

ЭЭГ-предикторы профессиональной успешности борцов и гребцов

–45,251 – свободный член в формуле множественной регрессии, + 0,316 – коэф. корр. волн ЭЭГ в отведениях F4_C4; + 0,147 – мощность бета-ритма в целом; + 0,157 – мощность в полосе 20 Гц; + 0,112 – мощность в полосе 14–18 Гц, O1; + 0,010 – коэф. корр. волн ЭЭГ в отведениях F4_O2; коэффициент корреляции между прогнозом, рассчитанным по указанной формуле и реальностью + 0,323

Код спортсмена	Реал./Прогноз (Да/Нет)	Прогноз	Признак профессиональной успешности
MAN	Y/Y	84	Заслуженный мастер
KAZ	Y/Y	82	Мастер международного класса
КОМ	Y/Y	78	Мастер международного класса
NIK	Y/Y	78	Мастер спорта
POL	Y/Y	78	Кандидат в мастера спорта
SUR	N/Y	79	Второй спортивный разряд
LAU	Y/Y	77	Кандидат в мастера спорта
BUK	Y/Y	76	Мастер спорта
PAR	N/N	27	Второй спортивный разряд
KUZ	N/N	25	Второй спортивный разряд
NIB	N/N	25	Второй спортивный разряд
SKO	N/N	27	Второй спортивный разряд
VAG	Y/N	26	Кандидат в мастера спорта
BON	N/N	26	Второй спортивный разряд
SER	N/N	23	Второй спортивный разряд
STE	N/N	22	Второй спортивный разряд

профессионализмом, частота произвольных нажатий на кнопку в максимальном темпе была существенно выше, чем у остальных борцов, не отмеченных экспертами как профессионалы самого высокого уровня. Иными словами, чем больше подвижность нервных процессов, тем больше шансов стать победителем, но, конечно, при соответствующих значениях разброса этого показателя (S00) и максимального объема кратковременной памяти (ММА). Впрочем, влияние последнего показателя на точность прогноза невелико. Вклад прочих сенсомоторных показателей также весьма мал. В этом разделе наших исследований принимали участие М. М. Семенов, Д. А. Абрамов, С. О. Михалкин.

Профессионализм спортсменов четко отражался в параметрах электроэнцефалограммы. Об этом говорят данные таблицы 6, отражающей небольшую часть индивидуальных прогнозов для множества спортсменов.

Из таблицы 6 явствует, например, что испытуемый, код фамилии которого «SUR», фактически, в реальности, обладает вторым спортивным разрядом, но по своим профессиональным возможностям, вычисленным по параметрам ЭЭГ, имеет все шансы стать кандидатом в мастера спорта. Напротив, испытуемый с кодом «VAG», кандидат в мастера спорта, судя по параметрам своей электроэнцефалограммы, добился высокого спортивного разряда, хотя ЭЭГ-предвестников высокого мастерства и не было выявлено. Следовательно, мы еще не научились извлекать из электроэнцефалограммы информацию, обеспечивающую максимально высокую точность прогноза.

Точность прогноза спортивного мастерства существенно повышается при учете индивидуальных антропометрических показателей спортсмена (Мартиросов, 1978, 1989, 2006) совместно с электрофизиологическими показателями. Об этом говорят наши текущие исследования, и в наших последующих публикациях найденная зависимость будет раскрыта в деталях.

Поиск предикторов спортивной одаренности – одна из актуальных задач антропологии и нейронауки в целом.

Обсуждение

Следует обратить внимание на одну особенность обработки наших данных. Часть обрабатываемых сведений имела качественный характер. Данные о профессии испытуемых были представлены в бинарной форме. Остальные сведения были представлены либо порядковыми шкалами (субъективные оценки своих личностных качеств по пятибалльной шкале), либо шкалами интервалов (параметры электроэнцефалограммы). Учитывались только линейные связи. Но и при этих условиях удалось выявить достоверную зависимость искомой психологической характеристики – профессиональной направленности – от самооценок испытуемых и от индивидуальных особенностей биоэлектрической активности мозга. Все наши выводы проверены в слепых экспериментах, т. е. в условиях, когда диагностические уравнения вырабатывались на одной половине испытуемых, а точность прогнозов по этим уравнениям проверялась на второй половине испытуемых.

Участница нашей работы студентка А. А. Жеребцова по своей инициативе сумела записать самооценки многих испытуемых (не студентов!), находящихся в состоянии наркотической эйфории. Другой студент, С. О. Михалкин, также по своей инициативе, предложил по Интернету заполнить тест «Зеркало» тем несчастным,

кто решил расстаться с жизнью, и быстро получил несколько десятков ответов из разных регионов России (Михалкин, 2006). Мы сопоставили ответы обеих групп испытуемых с ответами студентов-психологов и спортсменов и убедились в том, что наша методика отражает не только личностные особенности, профессионально важные, но также и эмоциональное состояние испытуемых в момент обследования. Получены соответствующие диагностические уравнения. Возможности метода оказались более широкими, чем мы первоначально предполагали.

Студенты Р. Ю. Насонов (2006) и Е. Ю. Мартынова (2006) выявили по своей инициативе на разных факультетах ГУ ВШЭ несколько десятков наиболее благополучных студентов, отличников, активистов, творчески увлеченных людей и вместе с тестом «Зеркало» провели запись электроэнцефалограммы у этих же испытуемых. Выяснилось, что оба метода позволяют прогнозировать успехи студентов. Найдены предикторы успеха и в самооценках испытуемых, и в параметрах электроэнцефалограммы.

В целом, как мы видим, диагностика личностных особенностей человека по объективным характеристикам (Голубева, 2005; Лебедев, 2005; Жевнеров, Лебедев, 2006; Лебедев, Литвинова, Шеховцев, 2006.) становится весьма перспективным направлением в психологии.

Перспектива

В свое время физики, химии, генетики достойно прошли свой отрезок пути. Нашли простые законы и константы, управляющие окружающим миром. Но душа человека и в XXI в. все еще в потемках. Очередь за нейрофизиологами и психологами. Нужны строгие и всеобъемлющие законы, раскрывающие внутренний мир человека. Теперь выглядит вовсе не иллюзорной возможность предвидеть, рассчитывать по потенциалам головного мозга, без каких-либо тестов вообще, персональные особенности и будущие достижения любого конкретного человека, его поступки. Поступки благородные и низкие, полезные и опасные для окружающих. Реально создание прозрачных, приемлемых для всех фильтров, пропускающих вверх, к управлению обществом тех, кто действительно наиболее дальновиден и благороден, тех, кто в состоянии избежать безумных черных провалов типа мировых боен, тех, кто не способен первым нажать на ядерную кнопку, тех, кто умеет мирно решать возникающие перед человечеством проблемы. Люди не просто устали от войн и бандитизма. Очередную, третью мировую войну человечество не переживет. Личности с воинственными, агрессивными устремлениями вполне могут проявить себя, например, в спорте, в борьбе с преступниками. Психология, нейробиология вслед за генетикой выдвигаются на первый план в современной науке.

Можно быть уверенным, что в результате развития нейробиологии, нейронауки станет более объективной, обоснованной, открытой, доступной многообразной проверке процедура поддержки наиболее достойных профессионалов в разнообразных сферах нашей жизни, в политике, экономике. Для каждого человека найдется своя наилучшая ниша для работы и творчества, совпадающая и с его желаниями, возможностями, а с другой стороны – с насущными потребностями общества. К этой конечной и, надеемся, уже не столь отдаленной цели устремлены наши исследования.

Заключение

Разработаны простые, валидные и надежные методики для диагностики профессиональной направленности личности, облегчающие каждому нахождение своего места в быстро изменяющихся условиях нашей жизни и обеспечивающие тем самым успешный профессиональный рост в избранной сфере деятельности. Предикторами служат самооценки испытуемыми своих личностных особенностей, параметры фоновой электроэнцефалограммы, психометрические и антропометрические показатели.

Литература

- Абрамов Д. А., Михалкин С. О.* Прогноз спортивного мастерства по индивидуальным характеристикам психометрических показателей // Психология индивидуальности. Материалы Всероссийской конференции, Москва, 2–3 ноября 2006 г. / Отв. ред. В. Д. Шадриков. М.: Изд-во ГУ ВШЭ, 2006. С. 25–27.
- Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д.* Прикладная статистика. Классификация и снижение размерностей. М.: Финансы и статистика, 1989.
- Берстнева О. Г., Лебедев А. Н., Муратова Е. А.* Компьютерная психодиагностика: Учебное пособие. Томск: Изд-во ТГПУ, 2005.
- Бовин Э. А., Лебедев и др.* Основные виды деятельности и психологическая пригодность к службе в системе органов внутренних дел. Справочное пособие. МВД РФ. Изд-во НИЦПО, 1997.
- Голубева Э. А.* Способности. Личность. Индивидуальность. Дубна: Феникс +, 2005.
- Жевнеров В. А., Лебедев А. Н.* Законы обработки информации человеком // Психология индивидуальности. Материалы Всероссийской конференции, Москва, 2–3 ноября 2006 г. / Отв. ред. В. Д. Шадриков. М.: Изд-во ГУ ВШЭ, 2006. С. 222–225.
- Лебедев А. Н.* Нейронный код // Психология. 2004. Т. 1. № 3. С. 17–36.
- Лебедев А. Н.* Электрофизиологические показатели спортивного мастерства // Безопасность в экстремальных ситуациях: медико-биологические, психолого-педагогические и социальные аспекты (Всероссийская научная конференция памяти академика РАЕН В. С. Ястребова). Научный сборник. М.: Изд-во РГУФК, 2006. С. 38–39.
- Лебедев А. Н.* Объективная оценка интеллекта человека, его профессиональных устремлений и порядочности // Материалы Всероссийской конференции «Психология индивидуальности» (2–3 ноября 2006 г.). М.: ГУ ВШЭ, 2006. С. 343–346.
- Лебедев А. Н.* Вычисление по параметрам электроэнцефалограммы психологического портрета личности // Материалы Международной научно-практической конференции «Развитие научного наследия Бориса Михайловича Теплова в отечественной и мировой науке» (к 110-летию со дня рождения). 15–16 ноября 2006 г. М.: Изд-во БФ «Твердослов», 2006. С. 167–169.
- Лебедев А. Н., Литвино Т. И., Абрамов Д. А.* Предикторы профессионального роста // Коллективные научно-исследовательские проекты. «Учитель–ученики». Сборник тезисов и докладов участников школы-семинара. М.: Изд. дом ГУ-ВШЭ, 2007. С. 257–274.
- Лебедев А. Н. Т. И. Литвинова, Шеховцев И. К.* Предикторы профессиональной направленности и когнитивный ресурс личности // Труды СГУ. Вып. 99. Гуманитарные науки. Психология и социология образования. М., 2006. С. 127–133.

А. Н. Лебедев, Э. Г. Мартиросов, Д. А. Абрамов и др.

- Лебедев А. Н.* Константа М. Н. Ливанова и психофизиологические закономерности работы мозга (к 100-летию со дня рождения) // Психологический журнал. 2008. Т. 29. № 1. С. 133–137.
- Ливанов М. Н.* Пространственная организация процессов головного мозга. М.: Наука, 1972.
- Ливанов М. Н.* Избранные труды. Пространственно-временная организация потенциалов и системная деятельность головного мозга. М.: Наука, 1989.
- Литвинова Т. И.* Личностные предпосылки профессиональной направленности // Труды СГУ. Вып. 99. Гуманитарные науки. Психология и социология образования. М., 2006. С. 134–145.
- Мартиросов Э. Г.* Телосложение и спорт. М.: Изд-во «Физкультура и спорт», 1978.
- Мартиросов Э. Г.* Морфогенетические критерии отбора в спорте. М.: Изд-во ВНИ-ИФК, 1989.
- Мартиросов Э. Г.* Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006.
- Мартынова Е. Ю.* Выявление предикторов академической успешности с помощью теста «Зеркало» // Материалы Всероссийской конференции. Москва, 2–3 ноября 2006 г. М.: Изд-во ГУ ВШЭ, 2006. С. 382–385.
- Михалкин С. О.* Диагностика пресуицидального состояния на основе теста «Зеркало» // Материалы Всероссийской конференции. Москва, 2–3 ноября 2006 г. М.: Изд-во ГУ ВШЭ, 2006. С. 388–391.
- Насонов Р. Ю.* Тенденция быть успешным во всех сферах жизни как единый конструкт и его отражение в электроэнцефалограмме // Материалы Всероссийской конференции. Москва, 2–3 ноября 2006 г. М.: Изд-во ГУ ВШЭ, 2006. С. 382–385. с. 397–400.
- Петров А. В., Мартиросов Э. Г., Лебедев А. Н.* Отражение соматотипа спортсмена в электроэнцефалограмме // Материалы IV Всероссийского съезда РПО. 18–21 сентября 2007 г. «Психология – будущему России». 2007. Т. 3. С. 89.
- Соколов Е. Н.* Восприятие и условный рефлекс. Новый взгляд. М.: Изд-во УМК «Психология», 2003.
- Lebedev A. N.* Cyclical Neural Codes of Human Memory and Some Quantitative Regularities in Experimental Psychology // Psychophysical Explorations of Mental Structures / Ed. by H.-G. Geissler. Toronto: Hogrefe/Huber Publishers, 1990. P. 303–310.
- Lebedev A. N.* Imaginary Dimensions of Subjective Spaces // Psychometric Methodology. Proceedings of the 7th European Meeting of the Psychometric Society in Trier / Eds. R. Steyer, K. F. Wender, K. F. Widman. Stuttgart, N. Y.: Fisher Verlag, 1993. P. 258–262.
- Lebedev A. N.* The oscillatory mechanism of memory // Cognitive Processing, International Quarterly of Cognitive Sciences. 2001. V. 2. P. 57–66.

Применение методов математической психологии в исследовании вокального искусства

В. П. Морозов

Математическая психология – обширнейшая область знания, охватывающая практически все разделы психологической науки, в том числе и психологию искусства. Применение математических методов в психологии искусства встречает определенные трудности в плане формализации изучаемых параметров. Одним из наименее изученных количественными методами является вокальное искусство. В этой связи данная работа посвящена одной из интереснейших в психологическом отношении и малоизученных особенностей искусства пения – вибрато певческого голоса.

Вибрато певческого голоса – важнейшее его эстетическое и вокально-техническое свойство (Seashore, 1936; Potter et al., 1947; Sedlacek, 1962; Kwalwasser, 1980; Sundberg, 1987). Иногда вибрато обозначают словом «вибрация» (Рабинович, 1935; Ле-видов, 1939), что неточно, так как термином *вибрация* принято обозначать совсем другое явление (дрожание тела певца со звуковой частотой в процессе пения и речи).

На слух вибрато голоса ощущается как ритмические пульсации звука, происходящие с частотой около 6–7 Гц. Любопытно, что эта частота пульсаций вибрато является для слуха наиболее благозвучной, поскольку более редкие пульсации (3–4 Гц) субъективно воспринимаются слушателями уже как *качание* звука, а более частые (8–9 Гц) – как «горошек» или «барашек» в голосе.

Считается, что вибрато воспринимается слушателем как тембровая особенность звука (Теплов, 1947) и сильно влияет на его эстетическую оценку. Звук без вибрато слушатели характеризуют как *прямой* или *тупой*, *безжизненный* и пр., в то время как звук с вибрато – *живой*, *приятный*, *полетный*, *ласковый* и т. п. Вибрато является одним из важных средств эмоциональной выразительности пения. Вибрато – важный атрибут не только художественного пения, но и музыкального исполнительства: скрипка, виолончель, духовые инструменты и др. (Володин, 1970, 1972, 1974). С акустической точки зрения вибрато представляет собой модуляцию основных параметров звука – частоты основного тона, амплитуды и спектра, – происходящую с частотой вибрато (Морозов, 1977, 2002).

Аппаратурные исследования вибрато мастеров вокального искусства были проведены нами еще в 1960-е годы в рамках программы работы Лаборатории по изучению певческого голоса в Ленинградской государственной Консерватории им.

Н. А. Римского-Корсакова (Морозов, 1967) и более полно отражены в монографии «Биофизические основы вокальной речи» (1977), написанной по материалам докторской диссертации автора, и в более поздних изданиях (Морозов, 2002 и др.).

Исследования показали, что частота пульсации вибрато, точнее – амплитудно-частотной модуляции звука (в дальнейшем – частота вибрато), у профессиональных певцов составляет около 5–7 Гц (колебаний в сек.), что согласуется с имеющимися в литературе данными (Seashore, 1936; Kwalwasser, 1980; Sundberg, 1987 и др.)

Научно-практические цели и задачи работы:

- 1 Получить новые объективные показатели совершенства вибрато певческого голоса на примере мастеров вокального искусства и Шаляпина.
- 2 Выделить объективные показатели для совершенствования компьютерной программы диагностики вокальной одаренности молодых певцов.
- 3 Приблизиться к пониманию психофизиологических механизмов происхождения и образования вибрато певческого голоса.

Аппаратура и измеряемые параметры вибрато. Вокально-технические и эстетические достоинства вибрато зависят не только от частоты его пульсаций, но и от ряда других его параметров. Прежние исследования вибрато были проведены нами на аналоговой аппаратуре (звуковые спектроанализаторы, самописцы уровня звука и др.), которая давала ограниченные возможности для исследования феномена вибрато. Сегодняшняя компьютерная техника предоставила нам совершенно новые возможности в изучении вибрато. Разработанная по нашему техническому заданию компьютерная программа позволяет выделить и произвести статистическую оценку следующих характеристик вибрато певческого голоса (а также инструментальных музыкальных звуков – струнных, духовых, электромузыкальных и др.):

- 1 Частота выделенного фрагмента звука (Гц) и соответствующая этой частоте высота звука в нотном обозначении и в центах (цент – 1/100 часть темперированного полутона).
- 2 Частота вибрато в герцах (Гц).
- 3 Неравномерность частоты вибрато в % по отношению к ее средней частоте (%) по критерию standard deviation (SD).
- 4 Глубина частотной (звуковысотной) модуляции вибрато – ЧМ вибрато в герцах (Гц) и в центах (цент).
- 5 Неравномерность частотной, ЧМ (звуковысотной) модуляции вибрато (в центах или Гц), по критерию SD.
- 6 Число полупериодов вибрато в выделенном фрагменте голоса.
- 7 Фазность, т. е. фазные соотношения экстремальных значений частотной модуляции (ЧМ) и амплитудной модуляции (АМ) в процессе вибрато.
- 8 Длительность выделенного для анализа вибрато участка звука голоса певца в миллисекундах (мс).

Контингент обследованных певцов. С помощью данной методики были исследованы голоса (в основном по грамзаписи, диски и др. носители) группы профессиональных певцов, включая известных мастеров вокального искусства (Александр Ардер, Ирина Архипова, Владимир Атлантов, Валерия Барсова, Чичелия Бартоли,

Ирина Богачева, Вероника Борисенко, Николай Гедда, Борис Гмыря, Николай Го-лышев, Николай Гяуров, Беньямино Джильи, Гена Димитрова, Зара Долуханова, Пласидо Доминго, Илья Иосифов, Монтсеррат Кабалье, Надежда Казанцева, Мария Каллас, Энирке Карузо, Евгений Кибкало, Иван Козловский, Тийт Куузик, Марио Ланца, Валентина Левко, Сергей Лемешев, Павел Лисициан, Ирина Масленникова, Леокадия Масленникова, Тамара Милашкина, Максим Михайлов, Марио Дель Монако, Евгений Нестеренко, Анна Нетребко, Виргилиус Норейка, Елена Образцова, Надежда Обухова, Георг Отс, Лучано Паваротти, Аделина Патти, Иван Петров-Краузе, Александр Пирогов, Марк Рейзен, Бэла Руденко, Джоан Сазерленд, Леонид Сметаников, Василий Смыслов, Джузеппе Ди Стефано, Рената Тебальди, Дмитрий Хворостовский, Борис Христов, Йозеф Шмидт¹, Борис Штоколов, Сергей Яковенко).

Необходимым условием исследования вибрато (так же как и спектра голоса, кстати) является выделение участка голоса без музыкального сопровождения, так как музыкальный аккомпанемент (рояль, оркестр, хор), приятный, как правило, для слушателя, создает сильную помеху для выделения и измерения акустических параметров вибрато, от которых зависят его эстетические качества. Поскольку выделение из напетого певцом вокального произведения «чистых» (без аккомпанемента) нот представляет известные трудности, то при исследовании основной части голосов у каждого певца были взяты по 1–3 ноты и только Ф. И. Шаляпин предоставил нам прекрасные возможности изучения его голоса на разных гласных и разных по высоте нотах в таких известных исполненных им песнях, как «Лучинушка», «Дубинушка», «Не осенний мелкий дождичек», «Легенда о двенадцати разбойниках», «Ноченька». Ряд гласных Шаляпина были выделены также из «Персидской песни», романса «Сомнение», «Песни Еремки».

Таким образом, с помощью разработанного нами компьютерного метода было обследовано 296 певческих гласных (в основном А, О), принадлежащих 55 мастерам вокального искусства, включая Шаляпина, на долю которого приходится 198 гласных, т. е. ок. 2/3 всех обследованных нами звуков певческого голоса.

Основные результаты статистического обследования представлены в таблице 1.

Примеры графической регистрации и автоматического измерения параметров вибрато на выделенном фрагменте голоса представлены на рисунках 1 и 2.

Графа 1 (по горизонталли) таблицы 1 показывает, что среднее значение высоты ноты примерно соответствует наиболее звучной верхней части диапазона разных типов певческих голосов: ок. si басов ок. mi^1 баритонов, ок. sol^1 теноров, ок. mi^2 меццо-сопрано, ок. fa^2 сопрано, ок. lab^2 лирико-колоратурного сопрано и la Шаляпина.

Графа 2 таблицы 1 свидетельствует, что частота модуляций вибрато имеет тенденцию увеличиваться по мере повышения типа голоса и составляет в среднем для всех типов мужских голосов $5,92 \pm 0,53$ Гц, а для всех женских $6,54 \pm 0,81$ Гц.

Особняком стоит частота вибрато голоса Шаляпина $6,86 \pm 0,27$ Гц, что на 17,6 % чаще среднего значения частоты вибрато всех мужских голосов и даже на 5,03 % чаще средней частоты вибрато женских.

1 Йозеф Шмидт – практически не известный у нас, весьма одаренный певец (тенор), пользовавшийся большой популярностью в Германии в предвоенные тридцатые годы. В настоящее время аудиозаписи и киноленты о творчестве Й. Шмидта популяризируются Л. И. Флейдерманом в его концертных авторских программах.

Таблица 1

Основные акустические параметры вибрато голоса мастеров вокального искусства. Средние значения для разных типов голосов и Шаляпина

Параметры вибрато	БАС	БАР.	ТЕН.	МЕЦ.	СОП.	ЛИР.	Шаляпин
1. Высота звука голоса (ноты и Гц)	ок. si 247,8	ок. mi ¹ 335,1	ок. sol ¹ 401,1	ок. mi ^{b2} 607,0	ок. fa ² 696,3	ок. lab ² 828,3	ок. la 219,7
2. Частота вибрато (Гц)	5,96	5,78	6,03	6,06	6,81	6,69	6,86
3. Неравномерность частоты вибрато (%)	5,5	5,0	4,6	4,5	5,0	4,9	4,6
4. Глубина частотной (звуковысотной) модуляции вибрато (центы)	139,8	121,5	113,7	133,4	96,8	96,2	90,6
5. Неравномерность ЧМ вибрато (центы)	14,8	14,8	14,2	14,3	14,8	16,0	18,0
6. Число полупериодов вибрато в выделенном фрагменте голоса	10,4	18,5	16,1	14,3	15,6	27,1	13,1
7. Фазовое соотношение между АМ и ЧМ вибрато	0,64	0,11	0,22	-0,07	-0,47	-0,23	-0,11

Примечание: В нижней графе указана доля преобладания синфазных соотношений между АМ и ЧМ вибрато (дробь со знаком «+») или противофазных (дробь со знаком «-») по отношению к общему числу обследованных гласных певцов указанного типа голоса и Шаляпина

Вместе с тем эта высокая и, казалось бы, не свойственная мужскому голосу частота вибрато голоса Шаляпина отнюдь не производит ощущения аномальности, напротив, воспринимается как весьма естественное и эстетически совершенное, ровное певческое вибрато. Этому во многом способствуют другие параметры вибрато Шаляпина.

В графе 3, в частности, показано, что неравномерность частоты вибрато Шаляпина составляет всего 4,6 %, что существенно меньше, чем в группе басов (5,5 %) и даже баритонов (5,0 %), а также высоких женских голосов сопрано (5,0 %) и лирико-колоратурных сопрано (4,9 %).

Графа 4. Другим фактором, обеспечивающим высокие эстетические качества голоса Шаляпина, является наименьшая глубина частотной (звуковысотной) модуляции вибрато – всего 90,6 цента, т. е. меньше полутона, в то время как у басов звуковысотная глубина вибрато составляет 139,8 цента, т. е. близка к полутора полутонам. Именно этот фактор, мне кажется, вносит основной вклад в ощущение ровности шаляпинского звука, свободно льющегося и как бы только слегка «роко-

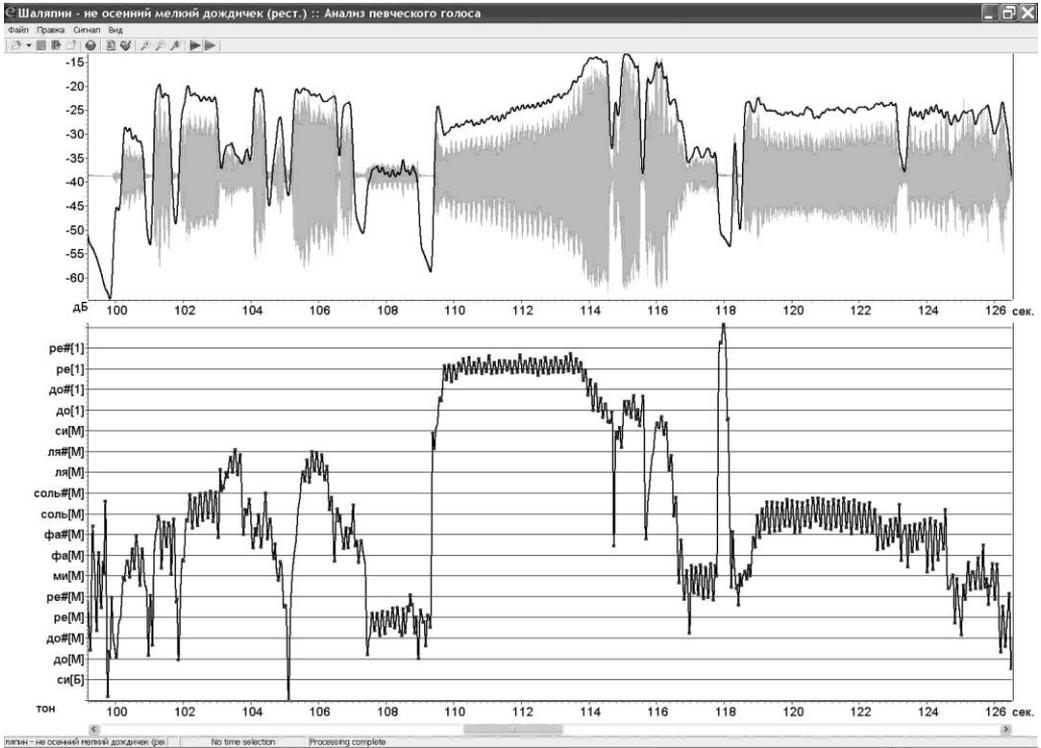


Рис. 1. Ф. Шаляпин. «Не осенний мелкий дождичек». Фраза «Дни веселия дни радостей отлетели далеко...». Крещендо на ноте re^1 , гласн. О в слове «отлетели»
 Вверху – график изменения силы голоса в децибелах (дБ) в виде осциллограммы и огибающей по амплитуде. Шкала изменения силы голоса – слева. Амплитудная модуляция вибрато проявляется в едва заметных периодических изменениях силы звука с частотой вибрато.
 Внизу – график изменения высоты голоса в нотном обозначении (шкала высоты ноты слева). Частотная модуляция вибрато проявляется в хорошо заметных периодических изменениях высоты звука голоса относительно ее среднего значения.

чущего» вибрато его голоса. Графа 4 также показывает, что глубина звуковысотной модуляции вибрато в целом имеет тенденцию к уменьшению по мере повышения типа певческого голоса.

Графа 5. Неравномерность глубины частотной модуляции у всех типов голосов имеет практически одинаковое значение: около 15–16 центов. Несколько увеличенное значение этого параметра вибрато у Шаляпина (18,0 центов) можно объяснить увеличенной по сравнению с другими певцами эмоциональной выразительностью и гибкостью его голоса.

Графа 6 показывает, что для анализа вибрато каждого типа певческих голосов были выделены фрагменты гласных, включающие в среднем от 10,4 до 27,1 полупериодов вибрато (у Шаляпина 13,1), что обеспечивает достаточно приемлемую статистическую норму.

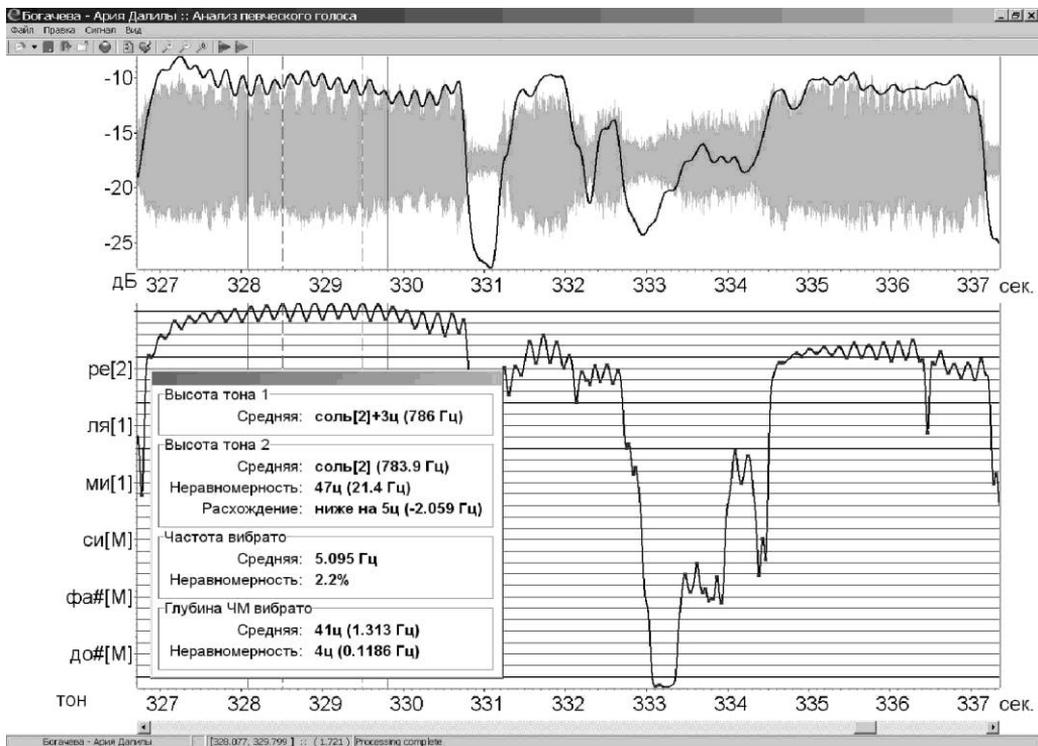


Рис. 2. И. Богачева. Заключительная фраза из арии Далилы. Для анализа вибрато выделены два фрагмента: основной (тон 2), обозначен сплошными вертикальными линиями, и дополнительный (тон 1), выделен штриховыми вертикальными линиями. На таблю внутри рисунка приводятся автоматически измеренные компьютерной программой параметры вибрато (по основному фрагменту, тон 2)

Графа 7, наконец, демонстрирует весьма любопытный и также совершенно не исследованный в нашей вокально-методической науке феномен соотношения экстремальных (т. е. минимальных и максимальных) значений между амплитудной (АМ) и частотной (ЧМ) модуляциями вибрато. Исследования показали, что у каждого певца есть вероятность обнаружить как синфазное соотношение между АМ и ЧМ, при котором максимумы и минимумы АМ и ЧМ совпадают, так и противофазное соотношение, при котором максимуму АМ соответствует минимум ЧМ и наоборот. Рисунки 3 и 4 иллюстрируют эти феномены.

Приведенные в графе 7 цифры говорят о доле преобладания синфазных (со знаком «плюс») или противофазных (со знаком «минус») соотношений между АМ и ЧМ вибрато по отношению к общему числу исследованных гласных певцов указанного типа голоса и Шаляпина (средние значения).

Можно видеть, что для всех мужских голосов характерно в среднем преобладание синфазности вибрато: максимальное у басов (0,64), минимум у баритонов (0,11). Для всех же женских голосов характерно преобладание противофазности (больше всего у сопрано: -0,17), у Шаляпина имеется небольшое (-0,11) преобладание про-

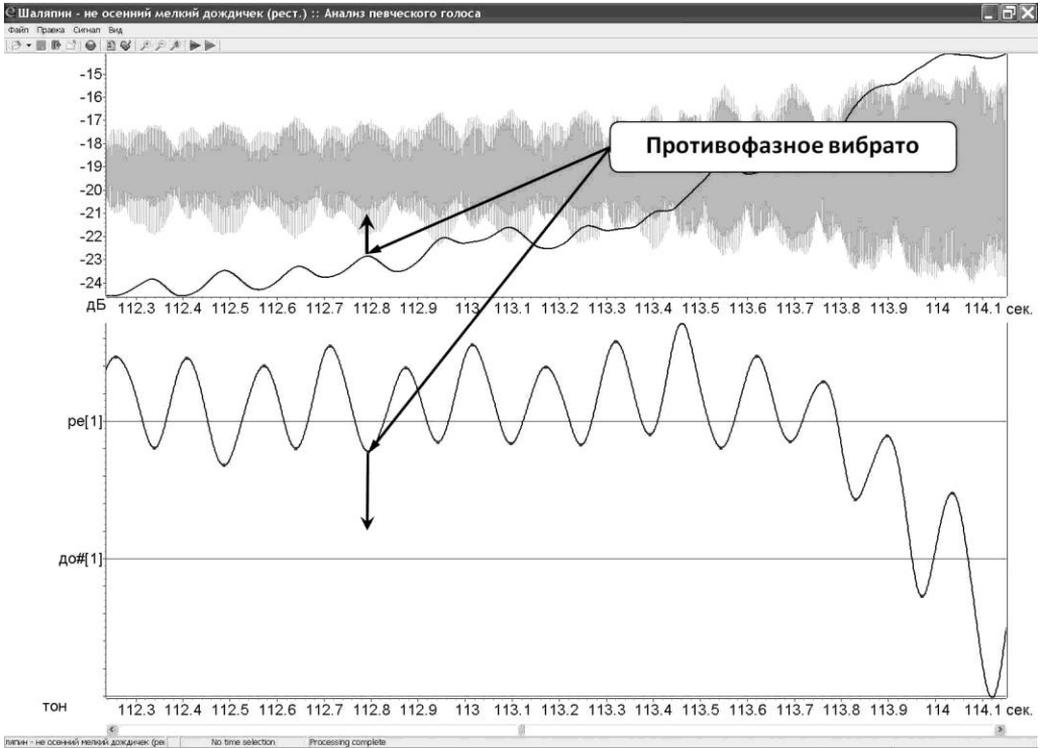


Рис. 3. Пример более характерного для Шалапина противофазного вибрато. «Не осенний мелкий дождичек». Фраза «Дни веселия дни радостей отлетели далеко...». Крещендо на ноте re^1 , гласн. О в слове «отлетели». Хорошо видно, что максимум силы голоса (т. е. амплитудной модуляции вибрато, АМ) соответствует минимуму высоты голоса (т. е. частотной модуляции вибрато, ЧМ). Максимум силы голоса обозначен стрелкой вверх, минимум высоты – стрелкой вниз

тивофазных соотношений между АМ и ЧМ вибрато, что так же, как и по другим параметрам вибрато, существенно отличает Шалапина от группы обследованных нами мужских голосов. Имеются некоторые предварительные данные о том, что противофазное вибрато в эстетическом отношении имеет определенные преимущества по сравнению с синфазным, что, естественно, требует дальнейших специальных статистических исследований.

О механизмах образования вибрато. Наши исследования показали, что син-фазность или противофазность зависит от типа гласной, высоты ноты, силы голоса, т. е. в конечном итоге – от механизма формирования вибрато, который включает содружественные колебания с частотой вибрато практически всех частей го-лосообразующего аппарата – гортани, глотки, языка, челюсти, губ (что нередко видно у певцов на экране ТВ, выступающих не «под фанеру», а реально поющих). Есть основание полагать, что в формирование вибрато вовлекается у некоторых певцов и некоторые части дыхательного аппарата, в частности трахеобронхальная гладкая (непроизвольная) мускулатура и, вероятно, диафрагма, уже произвольно

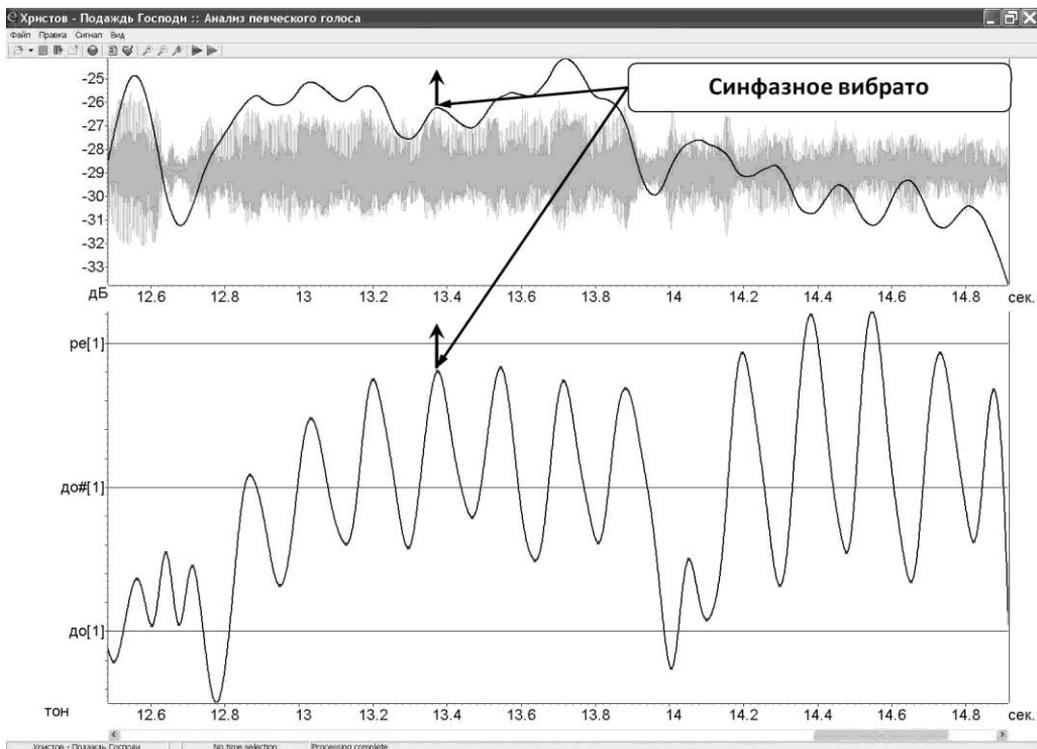


Рис. 4. Пример синфазного вибрато, при котором максимум силы голоса (стрелка вверх) соответствует максимуму его высоты (стрелка вверх). Б. Христов. Многая лета. Гласн. О в слове «народу» во фразе «... и православному болгарскому народу», нота до#1

управляемая. Гладкая трахеобронхальная мускулатура относится к медленно сокращающимся, так называемым *тоническим* мышцам. Она сокращается при выдохе и расслабляется при вдохе, способствуя тем самым уменьшению объема легких при выдохе и увеличению при вдохе, что соответствует частоте чередования вдоха и выдоха 0,5–1,5 кол./с (Гц) и чаще.

Но гладкая дыхательная мускулатура способна сокращаться-расслабляться и с более высокой частотой, т. е. ритм вибрато (5–7 Гц) данной мускулатуре вполне доступен. Такой ритм ее работы наблюдается, например, при непроизвольном смехе (возможно и чаще) и, конечно же, при натуральном непроизвольном (а не сознательно делаемым) вибрато. Мастеров, и в первую очередь Шаляпина, как раз и отличает этот тип непроизвольного, как бы автоматически происходящего вибрато независимо от артикуляции речевых звуков и звуковысотных переходов. Это хорошо видно на сонограммах его голоса (Морозов, 2002).

В книге «Искусство резонансного пения» я высказываю гипотезу о резонансном происхождении такого рода непроизвольного вибрато у природно одаренных певцов (Морозов, 2002) на основании имеющихся данных о том, что дыхательно-артикуляционный механизм в целом имеет собственную резонансную частоту, как раз соответствующую частоте вибрато (5–7 Гц).

Что касается синфазности и противофазности вибрато, то происхождение этих феноменов связано, скорее всего, с изменением фазовых соотношений ритмической активности (с частотой вибрато) различных частей голосообразующего аппарата (гортань, глотка, язык, челюсть, ротовая полость и ротовое отверстие, учитывая описанные выше трахеобронхальные гладкомышечные и, возможно, даже диафрагмальные механизмы). Все эти части работают в ритме вибрато, но некоторые, например, надгортанные части могут отставать или опережать во времени ритмику трахеобронхального механизма генерации вибрато, что и приводит, соответственно, к смещению фазовых соотношений между экстремальными значениями АМ и ЧМ модуляциями вибрато.

Замечу, кстати, что нами обнаружен иногда встречающийся феномен, условно названный нами «междуфазное» вибрато, когда соотношение между АМ и ЧМ составляет не 0° , как при синфазном вибрато, и не 180° , как при противофазном вибрато, а, например, 90° , что наблюдалось нами в голосе таких известных мастеров, как Б. Р. Гмыря, Б. Джиллы и некоторых других. Правда, такой «междуфазный» тип вибрато встречается довольно редко, а иногда и в пределах одной ноты, наряду с синфазным вибрато, как у Марио Дель Монако в Прологе к опере «Паяцы» и др.

Высказанная гипотеза о механизмах происхождения различных фазовых соотношений между экстремальными значениями ЧМ и АМ вибрато, естественно, нуждается в дополнительном экспериментальном исследовании. Например, с помощью рентгенокимографа можно посмотреть фазовые соотношения динамики модуляций глотки и диаметра трахеи (если есть таковые) или контура диафрагмы во время пения или динамику фазовых соотношений ритмической активности гортани и различных, уже упоминавшихся частей ротоглоточной полости.

Существуют и другие методы (плетизмографии, электроглотологии, барографии и др.), применение которых необходимо сочетать с регистрацией звука голоса и компьютерной оценкой фазовых соотношений между АМ и ЧМ вибрато.

Заключение

Разработан новый оригинальный компьютерный метод исследования вибрато певческого голоса. Метод автоматически определяет следующие восемь параметров вибрато:

- 1 Высоту звука голоса (в нотном обозначении и в Гц).
- 2 Частоту колебаний вибрато (Гц).
- 3 Неравномерность частоты вибрато (%) по отношению к его средней частоте.
- 4 Глубину частотной (звуковысотной) модуляции вибрато (цент).
- 5 Неравномерность глубины ЧМ вибрато (цент).
- 6 Число полупериодов вибрато в выделенном фрагменте голоса.
- 7 Фазовые соотношения между экстремальными значениями амплитудного и частотного вибрато.
- 8 Длительность выделенного для анализа фрагмента голоса (мс).

С помощью данного метода обследовано вибрато 294 певческих гласных (в основном А и О) мастеров вокального искусства, включая Шаляпина, на долю которого приходится 198 гласных, т. е. более половины (около 2/3) всех обследованных звуков

В. П. Морозов

голоса мастеров. В числе обследованных голоса 4 членов Совета по вокальному искусству при Министерстве Культуры РФ (И. П. Богачева, Л. А. Сметанников, В. Н. Лев-ко, Н. Н. Голышев).

Статистическая обработка выявила характерные особенности вышеперечисленных параметров по группам басов, баритонов, теноров, меццо-сопрано, сопрано, лирико-колоратурного сопрано.

Вибрато Шаляпина по основным параметрам статистически значимо отличается от вибрато всех мужских голосов.

Впервые в истории отечественной вокальной науки изученные нами фазовые соотношения АМ и ЧМ вибрато позволяют сделать выводы о возможных физиологических механизмах образования вибрато голоса мастеров.

Исследования показали, что вибрато придает певческому голосу повышенную полетность, помехоустойчивость и слышимость на фоне музыкального сопровождения. По предварительным данным, противофазное вибрато придает голосу более высокие эстетические качества по сравнению с синфазным вибрато.

Результаты исследования голоса мастеров занесены в компьютерную базу данных для использования в программах диагностики вокальной одаренности молодых певцов и других научно-практических работах.

Литература

- Володин А. А.* Восприятие вибрато музыкальных звуков // Новые исследования в психологии. М., 1974. С. 3–5. *Володин А. А.* Психологические аспекты восприятия музыкальных звуков: Автореф. дис. ... канд. психол. наук. М., 1972. *Володин А. А.* Роль гармонического спектра в восприятии высоты и тембра звука // Музыкальное искусство и наука. Вып. 1. М., 1970. С. 11–18. *Левидов И. И.* Певческий голос в здоровом и больном состоянии. Л., 1939. *Морозов В. П.* Искусство резонансного пения. Основы резонансной теории и техники. М., 2008. (1-е изд.: М., 2002). *Морозов В. П.* Биофизические основы вокальной речи. М.–Л., 1977. *Морозов В. П.* Тайны вокальной речи. М.; Л., 1967. *Рабинович А. В.* Физические характеристики певческого голоса // Успехи физических наук. 1935. Т. 15. Вып. 7. С. 924–930. *Теплов Б. М.* Психология музыкальных способностей. М., 1947. *Kwalwasser J.* The vibrato // Contributions of Voice Research to Singing. College-Hill Press / Houston (Texas), 1980. P. 202–228. *Potter R. K., Kopp G. A., Green H. C.* Visible speech. N. Y., 1947. *Seashore C. E.* Psychology of the vibrato in voice and instruments // University of Iowa Studies in the Psychology of Music. V. 3. Iowa, 1936. S. 159. *Sedlaček K.* Akusticka analyza zpevního hlasu // Casop. lékařů česk. 1962. T. 101. № 10. S. 291–296. *Sundberg J.* The Science of the Singing Voice. Dekalb, Illinois, 1987.

РАЗДЕЛ III

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПСИХИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Психология и синергетика

В. Ю. Крылов, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий

Постановка задачи

С идеей использовать в анализе человеческой психики математические методы, подход точных наук связано много надежд. На необходимость и желательность развития психологии в этом направлении указывали такие выдающиеся исследователи, как Гельмгольц, Мах, Левин, Винер. С этой идеей связано и много разочарований. Очень точно такой взгляд отражает суждение американского психолога Гордона Олпорта: «Увлечение микроскопом и математикой ведет исследователя к избеганию сложности, стандартным формам поведения и мышления, даже если вся сложность состоит в признании того, что личность вообще существует. Будучи запуганы инструментами естественных наук, многие психологи отвергают более тонкий регистрирующий инструмент, специально предназначенный для сопоставления и правильной группировки фактов, – свой собственный разум» (Олпорт, 1982, с. 210).

Сформулируем несколько тезисов, которые разделяются многими психологами и математиками и, вероятно, хорошо согласуются с действующей ныне парадигмой.

I. Область действия математики в психологии ограничена, в основном, анализом простейших ситуаций – различными видами статистической обработки данных, несложными моделями обучения, принятия решений и т. д. Такие явления, как интуиция, возникновение целостной структуры (личности, группы и др.), процессы, связанные с формированием сложных структур, с появлением у целого свойств, которыми не обладает ни одна из частей, недоступны современному математическому анализу.

II. Возможности математического моделирования в психологии очень ограничены, поскольку нам неизвестны «психологические законы», которые могли бы быть, например, аналогом законов Ньютона в классической физике или уравнения Шредингера в квантовой механике.

III. Интерпретация результатов наблюдений и постановка экспериментов в психологии гораздо в большей степени, чем в естественных науках, связаны с «категориальной сеткой». Поэтому основное внимание на нынешнем этапе должно быть уделено выработке верных теоретических установок и решению методических проблем.

1 Статья напечатана в Институте прикладной математики, препринт № 41, 1990.

IV. Вероятно, в далеком будущем будут созданы действительно эффективные математические модели в психологии. Однако это будут сверхсложные модели, принципиально отличные от того, что сейчас имеется в арсенале физики. Вместе с тем нельзя отвергать возможность того, что модели таких сложных явлений, как функционирование и развитие психики, взаимодействие социальных групп, в принципе не могут быть созданы.

V. В настоящее время и в ближайшем будущем не следует ожидать от психологии и социологии выполнения больших социальных заказов, связанных с количественным прогнозированием общественных явлений.

Цель настоящей работы – показать, что быстрое развитие методов математического моделирования сложных систем, успехи математической психологии делают, по крайней мере, неточным каждый из сформулированных тезисов. Некоторые из них попросту являются мифами, которые сдерживают развитие отечественной психологии и применение математических методов в этой важной области знания.

Синергетика, психология, параметры порядка

В 1970-е годы начала активно развиваться теория самоорганизации. Было установлено, что явления самоорганизации достаточно широко распространены в физике и гидродинамике, в химии и биологии, в астрофизике и теории волн. Большая заслуга в этом принадлежит немецкому ученому Г. Хакену. Он предложил называть теорию самоорганизации синергетикой (дословно – теорией совместного действия), вкладывая в это слово два значения. «Я назвал новую дисциплину синергетикой. В ней исследуется совместное действие многих подсистем (преимущественно одинаковых или нескольких различных видов), в результате которого на макроскопическом уровне возникает структура и соответствующее функционирование. С другой стороны, для нахождения общих принципов, управляющих самоорганизующимися системами, необходимо кооперирование многих различных дисциплин» (Хакен, 1980, с. 15). Большое количество книг и статей, посвященных синергетике, а также ряд международных конференций показали, что специалисты многих областей возлагают большие надежды на этот междисциплинарный подход. В отличие от кибернетики в нем акцент делается не на процессах управления и обмена информацией, а на принципах построения организации, ее возникновения, развития и самоусложнения.

Появление синергетики оказалось самым тесным образом связано с математическим моделированием сложных процессов. В конце 1940-х годов возникла необходимость построения и исследования сложных математических моделей. Их общей чертой является нелинейность.

Развитие науки и техники, использование все более интенсивных внешних воздействий на изучаемые объекты, повышение требований к точности теории привели к необходимости строить более полные и сложные модели, которые, как правило, оказывались нелинейными. Для них несправедлив принцип суперпозиции. Возможна ситуация, когда совместное действие причин А и В приводит к эффектам, которые не имеют ничего общего с результатами воздействий А или В по отдельности. Явления часто имеют пороговый характер; при плавном изменении внешних условий поведение системы изменяется скачком. Нелинейность во многих моделях

принципиальна. Она часто приводит к результатам, качественно отличающимся от того, что дает линейный анализ.

Мир нелинейных моделей гораздо богаче «линейного мира». Большинство нелинейных уравнений не может быть решено аналитически. Их анализ обычно требует сочетания современных аналитических методов с большими сериями расчетов на ЭВМ. Такая технология научных исследований получила название вычислительного эксперимента: «Вычислительный эксперимент предназначен для изучения, прогнозирования, оптимизации сложных многопараметрических нелинейных процессов, теоретическое и экспериментальное изучение которых традиционными методами затруднено или невозможно» (Самарский, 1983, с. 33).

Широкое использование ЭВМ показало, что ни огромное быстрое рождение вычислительных машин, ни рост объема расчетов не являются панацеей от всех бед – сами по себе они не дают понимания изучаемых нелинейных задач. Нужны понятия, подходы, обобщения, которые отражают важнейшие общие черты исследуемых нелинейных явлений и помогают построить их адекватные математические модели.

Такой взгляд был независимо сформулирован рядом ведущих коллективов, занимающихся исследованием крупных научно-технических проблем – в ИПМ им. М. В. Келдыша АН СССР, где исследовались задачи физики плазмы, в брюссельской научной школе, где изучались сложные химические реакции и развивалась неравновесная термодинамика, в ВЦ АН СССР, где решался ряд ключевых задач, связанных с оптимизацией и глобальными моделями, в Лос-Аламосе (США), где велись работы по термоядерному синтезу, в Штутгартском университете, где активно изучались задачи физики лазеров и в других коллективах. Во многом именно он определил быстрое развитие синергетики.

Теория самоорганизации имеет дело с открытыми нелинейными диссипативными системами, далекими от равновесия. Практически все объекты, с которыми сталкивается психология, можно отнести к этому классу.

Под открытыми системами понимают такие, которые могут обмениваться энергией, веществом, информацией с окружающей средой. И отдельный человек, и социальные группы, безусловно, относятся к таковым.

В нелинейности объектов психологии убедились еще на заре ее развития в конце XIX в. Например, в соответствии с законом Вебера-Фехнера интенсивность ощущения равна логарифму силы раздражителя (Ярошевский, 1974). Именно нелинейность дает большие возможности для адаптации. Анализ взаимодействий, при которых результат воздействия начинает влиять на причину (своеобразное «самовоздействие»), в социальной психологии также приводит к нелинейности. На желательность учета нелинейных процессов в будущей парадигме социальной психологии обращает внимание У. Дж. Мак-Гайр: «Я подчеркиваю здесь такой важный момент, что наши когнитивные и социальные системы являются сложными, что используемые в настоящее время простые линейные модели перестали быть эвристически полезными. В реальных когнитивных и социальных системах последствия представляют собой результат воздействия множества причин, которые зачастую находятся в сложных взаимодействиях между собой; более того, скорее правилом, чем исключением надо считать тот факт, что последствия оказывают обратное влияние на каузальные переменные» (Мак-Гайр, 1984, с. 41).

Под свойством диссипативности в широком смысле понимается способность изучаемой системы «забывать» детали внешних воздействий. Если система не является диссипативной, то это означает постоянство во времени определенных величин, те или иные законы сохранения, что, видимо, не характерно для обсуждаемых объектов.

Многие типичные черты, например, связанные со спонтанной активностью, с активным характером восприятия, с возможностью выбора цели отдельным человеком или группой заставляют предполагать, что изучаемые объекты, как правило, далеки от простейшего равновесного состояния.

Системы, в которых происходит самоорганизация, могут быть сложными и обладать огромным числом степеней свободы. Однако не все они одинаково валентны. С течением времени в системе выделяется небольшое количество ведущих степеней свободы, часто называемых параметрами порядка, к которым «подстраиваются» остальные. В процессе самоорганизации у целого появляются свойства, которыми не обладает ни одна из частей (это может быть возникновение сложной упорядоченности, связанной с кооперативными эффектами, необычное функционирование системы и т. д.). Обычно соотношения, связывающие параметры порядка, оказываются намного проще, чем математические модели, дающие детальное описание системы.

Более того, для больших классов моделей, описывающих поведение параметров порядка, типичными оказываются одни и те же качественные особенности. За множеством разнообразных моделей скрывается внутреннее единство. Впервые исследовательскую программу, связанную с изучением качественных особенностей нелинейных дифференциальных уравнений, сформулировал А. Пуанкаре. В настоящее время она активно развивается в нескольких разделах математики (Постон, Стюарт, 1980). Наличие одних и тех же качественных особенностей позволило предсказать новые явления, исходя из общих представлений о простейших нелинейных моделях. Появилась новая область исследований, часто называемая за рубежом «Nonlinear science». Она также тесно связана с синергетикой.

Представление о самоорганизации не является привнесенным в психологию извне. На принципиальное значение этого явления для психики человека не раз обращали внимание крупные психологи. «Имеются целостности, чье поведение не детерминировано поведением индивидуальных элементов, из которых они состоят, но где частные процессы детерминируются внутренней природой целого» – так определял понятие гештальта один из лидеров гештальтпсихологии М. Вертгеймер (по: Ярошевский, 1974). Ключевой категорией для К. Левина служило понятие о «динамическом поле» как целостной самоорганизующейся структуре. Понятие самоконфронтации, которое обсуждает Г. Олпорт в связи с психологией личности: «Каждое действие каким-то тончайшим путем кажется и отражением и завершением одного, хорошо вылепленного характера. Эта внутренняя логика поведения определяется теперь как самоконфронтация: один элемент поведения поддерживает другой, так что целое может быть понято как последовательно связанное единство» (Олпорт, 1982, с. 211), – вероятно, также связано с самоорганизацией. В то время, когда психологами высказывались эти идеи, точные науки не были готовы к содержательному диалогу о самоорганизации. Однако сейчас ситуация существенно изменилась.

Прокомментируем теперь несколько моделей, используемых в психологии, каждый раз подчеркивая их нелинейность, существование параметров порядка и необходимость анализа возникающей динамической системы. Мы намеренно выбрали сравнительно простые и, в основном, известные модели, которые иллюстрируют связь ряда наблюдаемых явлений с теорией самоорганизации.

1. Модель тюремных бунтов. Эта модель была построена в 1972 г. Зиманом, Холлом, Херрисоном, Мэрриджем и Шеплэндом (Zeeman, 1976) при исследовании нарушений режима в тюрьме Гартри. Возникшие здесь проблемы типичны для многих других задач социальной психологии. Целью моделирования было прогнозирование беспорядков на основе имеющихся данных. Поскольку речь идет о формах массового протеста, то естественно ожидать, что параметры порядка можно будет получить, проводя усреднение по всему контингенту заключенных и по определенному интервалу времени.

Предварительный статистический факторный анализ данных показал, что состояние системы зависит от двух параметров: A_1 и A ; A_1 - напряженность (чувств-во разочарования и безысходности, бедственное положение); A_2 - разобщенность (взаимная отчужденность, отсутствие общения, разбиение на два лагеря). С учетом напряженности повышается вероятность волнений (зависимая переменная x), а увеличение разобщенности ведет к тому, что волнения принимают характер внезапных и яростных вспышек.

В качестве меры напряженности рассматривалась сумма взвешенных значений еженедельного числа обращений к врачу, жалоб на недомогание во время работы, санкций, примененных начальником тюрьмы, и благотворительных посещений. Разобщенность измерялась суммой числа заключенных, находящихся в карцере, и заключенных, просящих об отделении.

Будем предполагать, что изучаемая система является детерминированной (т. е. изменение величины x определяется самой переменной x и параметрами A , и L_2)

и что функция $x(t)$ гладко зависит от времени.

Простейшей моделью такого типа является дифференциальное уравнение вида

$$a\dot{x} = - \dots, \quad (1)$$

где x называют переменной поведения, A_1 и A_2 - управляющими параметрами, U -

потенциальной функцией. Параметр a показывает, насколько быстро происходит изменение в системе при фиксированных A_1 и A_2 (чем меньше a , тем быстрее изменения).

Динамические системы вида (1) исследует теория катастроф. Можно показать, что при малых a хорошим приближением для $x(t)$ будет не зависящая от времени функция $x(X, Y)$. Здесь $x(X, Y)$ - один из локальных минимумов функции $U(x, A_1, A_2)$.

Таких минимумов может быть несколько. И тогда переменная x при малом изменении параметров будет «перескакивать» из одного минимума в другой. Эти прыжки в теории катастроф называют катастрофическими прыжками (разумеется, в исходной системе прыжок будет занимать конечное время, пропорциональное a). Внезапные вспышки волнений за то время, когда управляющие параметры A_1 и A_2 не успевают измениться, наводят на мысль, что здесь мы имеем дело с такими прыжками.

В теории катастроф показано, что типичными (т. е. такими, которые сохраняются при малых изменениях модели) являются всего несколько типов потенциальных функций $U(x_1, x_2, X)$ (Постон, Стюарт, 1983). Один из них называется сборкой. Вид сборки показан на рисунке 1. Ее замечательной особенностью является бистабильность - при одних и тех же управляющих параметрах существует несколько значений переменной по ведению. (В нашем случае одно из них соответствует волнениям, другое - их отсутствию), другая ее типичная черта - это явление, называемое в физике гистерезисом - скачок, при котором волнения прекращаются, и скачок, при котором они начинаются, происходит при разных значениях параметра λ_1 .

Проекция множества, где существует несколько значений x , на плоскость $\{X, X_2\}$ представляет собой характерный «клюв» (см. рисунок 2). Если описанная модель, связанная с уравнением (1) и сборкой, верна, то значение параметров, при которых будут наблюдаться вспышки волнений, будут лежать на плоскости $\{A_1, X_2\}$ внутри такого «клюва». Именно это и увидели авторы модели.

Таким образом, самые общие предположения о типе модели, связывающей параметры порядка (два из которых считались заданными извне), позволяют строить теорию, объясняющую наблюдаемые явления и, как было показано (Олпорт, 1982), способную давать прогноз.

2. Бистабильность восприятия. В теории управления для слежения за сигналом также используются некоторые динамические системы. Они могут описываться, например, уравнениями вида (1) или более сложными соотношениями, где параметры X_2 определяют некоторые характеристики воспринимаемого объекта, а переменная (или набор переменных x) - характеристики возникающего образа.

Можно предположить, что аналогичным образом действует и мозг, формируя некоторую динамическую систему, позволяющую следить за объектом. Чем проще решаемая задача, тем более простой должна быть возникающая система (здесь мы также видим аналог самоорганизации - из огромного числа степеней свободы, которыми располагает мозг, будет использоваться лишь небольшое число). Эта мысль высказывалась еще Эшби и Зиманом. Но тогда мы должны наблюдать качественные эффекты в восприятии, которые предсказываются теорией динамических систем,

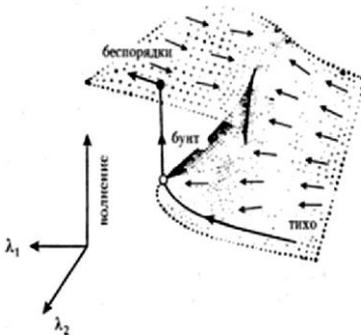


Рис. 1. Функция, определяющая взаимосвязь зависимых и независимых переменных, в модели тюремных бунтов

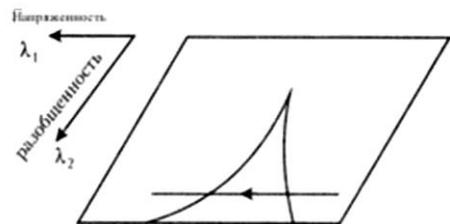


Рис. 2. Типичный вид «языка», в пределах которого могут существовать два устойчивых состояния

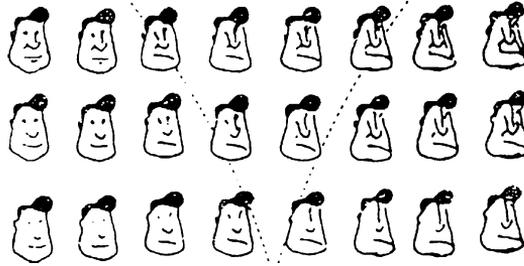


Рис. 3. Пример, показывающий бистабильность восприятия

и, в частности, теорией катастроф. В пользу этого говорит оптическая иллюзия, показанная на рисунке 3, которая изучалась Фишером и Этвином (Фишер, 1968).

Среди фигур, показанных на рисунке, четвертая слева в верхнем ряду воспринимается с равной вероятностью как мужское лицо и как фигура девушки. Если эта фигура включена в последовательность (верхний ряд на этом рисунке), то восприятие средних фигур сдвигается в зависимости от порядка, в котором рассматривается этот ряд – слева направо или справа налево, т. е. наблюдается бистабильность и гистерезис, которые мы видели в предыдущем примере. Введем еще один параметр, определяющий степень детальности изображения (он меняется вдоль оси ординат). Можно убедиться, что область мультистабильности, где фигура интерпретируется и как лицо мужчины и как девушка, в зависимости от порядка просмотра лежит внутри «клюва» – это говорит о том, что и здесь мы имеем дело с катас трофой сборки.

Однако решение вопроса о том, как происходит процесс самоорганизации – какие механизмы обеспечивают выделение параметров порядка, требуют совместных усилий психологов и математиков.

Для динамических систем характерны не только установившиеся стационарные, но и колебательные режимы. Но с таким же явлением мы сталкиваемся и в восприятии. Это показывает пример, давно известный психологам и обсуждаемый Г. Хакен-ом (Хакен, 1980). (рисунок 4). Пристально рассматривая рисунок, можно заметить колебания в своем восприятии: с течением времени мы интерпретируем изображение то как вазу, то как два профиля.

Множество построенных к настоящему моменту оптических иллюзий (Левинг-стон, 1988), широкие возможности для синтеза которых сейчас представляет цветная компьютерная графика (Бру и др., 1986), новые результаты теории нейтранных

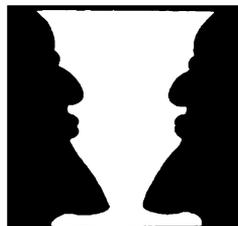


Рис. 4. Рисунок, иллюстрирующий периодическое изменение характера восприятия

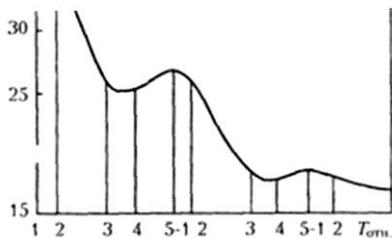


Рис. 5. Кривая процесса обучения компенсаторному слежению, t_c – среднее время слежения за одним сигналом; $T_{отн}$ – относительное время обучения: 1–5 – особые точки в процессе обучения (Вернадский, 1978)

сетей (Фейнман, 1975), использование идей синергетики в теории распознавания образов (Венда, 1980) позволяют надеяться на быстрое развитие исследований в этой области. Возможно, на этом пути будут получены результаты, важные для психологии восприятия.

Один нелинейный эффект в теории обучения

Излюбленным объектом математического моделирования является в психологии статистическая теория обучения. Об этом можно судить, открыв наугад почти любой номер *Journal of Mathematical Psychology*. Блестящий успех Х. Эббингауза в 1885 г., открывшего экспериментально законы, по которым человек учит и забывает набор бессмысленных слогов (Ebbinghaus, 1985), вдохновил многих исследователей, которыми был получен ряд важных теоретических результатов. Типичная зависимость числа ошибок от времени обучения будет иметь вид убывающей экспоненты.

Но при обучении более сложным навыкам часто имеет место совершенно другая зависимость. Ее суть очень точно отражают слова о «выходе на качественно новый уровень» или о переходе количественных изменений в качественные (рисунок 5). Сначала кривая, выражающая эффективность действия обучаемого, близка к той, которая предсказывается классической теорией, далее она практически выходит на насыщение, затем демонстрирует быстрый рост и далее – вновь выход на насыщение. Таких скачков может быть несколько.

Существование этой закономерности ранее было известно операторам сложных технологических процессов, тренерам в некоторых видах спорта, многим преподавателям. В случае оператора это может означать переход от слежения за отдельными приборами к умению быстро оценивать состояние функциональных блоков. Сейчас на эту закономерность, имеющую большое прикладное значение, обратили внимание психологи (Венда, 1980). В качестве первого шага было бы естественно построить простейшую детерминированную модель такого поведения. Она, по существу, построена в математической экологии.

Это модель последовательного заполнения экологической ниши все более совершенными видами (Николис, 1970). Возникновение в процессе эволюции более приспособленных видов приводит к тому, что они вытесняют предшественников (аналог «старых навыков» при обучении). Картина такого поведения показана на рисунке 6.

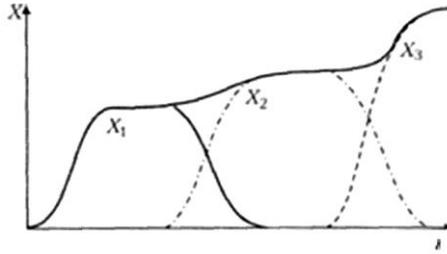


Рис. 6. Возрастание эффективности сменяющих друг друга видов, занимающих одну и ту же экологическую нишу (Николис, Пригожин, 1979)

Скачки такого типа известны в теории биологической эволюции под названием ароморфозов (Шноль, 1979).

Обратим внимание на аналогию этой картины и теории развития науки, описанную Т. Куном в книге «Структура научных революций» (1975). В ней скачки связаны с революционным развитием и переходом от одной парадигмы к другой. Очень любопытно, что индивидуальное обучение сложным навыкам (аналог онтогенеза) в определенном смысле похоже на историческое развитие науки (филогенез).

Простейшая модель миграции

Выше мы обсудим ряд примеров, где качественные эффекты в психологии и нелинейные эффекты, которые изучает синергетика, попросту совпадают. Во многих случаях совпадают и сами математические модели.

Примером может служить модель выработки единого мнения в коллективе Г. А. Саймона и Г. Гутцкова. Эта модель основана на теории коммуникационных процессов в малых группах, развитой Л. Фесингером (Фесингер, 1984). Она представляет собой систему двух обыкновенных дифференциальных уравнений. На данный момент накоплен большой опыт анализа таких систем сейчас. Многие результаты и методы исследований здесь могут быть непосредственно перенесены из других областей.

Другой пример дает простейшая модель миграции, которая может быть использована в социальной психологии.

Пусть в каком-либо регионе существует тенденция к миграции из этого региона. Обозначим через $x(t)$ число лиц, решивших покинуть данный регион. Предположим, что эти лица ведут агитацию среди остального населения, убеждая их покинуть район. Пусть $u(t)$ - число лиц, подвергающихся агитации со стороны x . Предполагая, что как x , так и u составляют малую часть населения региона, легко получить уравнения баланса для x и u :

$$\frac{dx}{dt} = \kappa_1 x - \kappa_2 x u \quad (2)$$

В этих уравнениях слагаемые $\kappa_1 u$ соответствуют акту взаимодействия индивида из u с индивидом из x , приводящего к тому, что доля κ_1 индивидов из x в результате

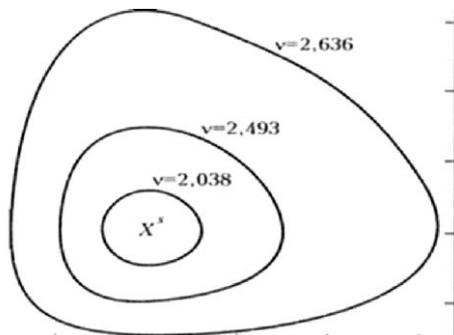


Рис. 7. Периодические решения в модели Лотка–Вольтерра ($x = k_1ax - k_2xy$, $y = k_2xy - k_3by$), полученные для последовательно возрастающих значений интеграла движения $V \neq (V = k_2(x + y) - k_3b \ln x - k_1a \ln y)$ при $k_3b/k_2 = k_1a/k_2 = 1$. $k_3b/k_2 = k_1a/k_2 = 1$ – стационарное состояние (Николис, Пригожин, 1979)

такого взаимодействия переходит в категорию y , т. е. принявших решение о миграции. Слагаемое k_3y соответствует миграции доли k_3 индивидов из y . Наконец, слагаемое k_1x отражает вовлечение все новых жителей региона в процесс взаимодействия с индивидами из y . Мы видим, что приведенные уравнения с точностью до обозначений коэффициентов совпадают с уравнениями Лотка–Вольтерра, одной из основных моделей математической экологии. Следовательно, результаты, полученные при исследовании этих уравнений, справедливы и по отношению к данной задаче. В частности, справедлив вывод о возможности периодических незатухающих колебаний во времени численности $x(t)$ и $y(t)$. Амплитуда и период этих колебаний могут быть вычислены и зависят от коэффициентов, входящих в уравнения, и от начальных значений $x(t_0)$ и $y(t_0)$.

Типичный вид фазовых кривых для модели (2) показан на рисунке 7. Точка (x, y) , характеризующая состояние системы, периодически движется вдоль этих замкнутых кривых. Ряд имеющихся данных подтверждает вывод о периодическом изменении числа мигрантов.

Колебательные режимы и теория психологических перемен

Колебательные режимы вызывают интерес и в связи с проблемой мотивации. В частности, им уделяется большое внимание в теории, предложенной М. Аптером и названной им теорией психологических перемен (Аптер, 1981). Анализируя ряд наблюдений, автор теории приходит к выводу о двух различных режимах изменения мотивации с течением времени. Они схематично показаны на рисунке 8. В процессе деятельности периодически происходит смена одного режима другим. Их оптимальное чередование повышает и эффективность работы, и удовлетворение от нее.

В книге М. Аптера широко используются механические аналогии. Для описания обсуждаемых явлений нетрудно построить математическую модель. Однако при этом важно указать способ измерения величин, используемых в теории. Если это удастся сделать, возможно появление еще одного класса проблем в психологии, где будут полезны динамические модели.

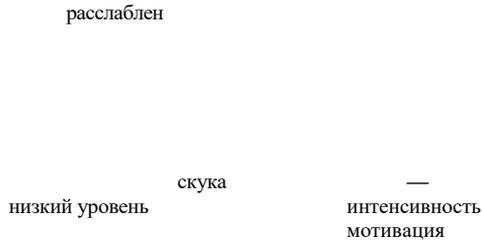


Рис. 8. Две основные зависимости в теории психологических перемен (Arter, 1985)

Иерархия моделей в физике и психологии

Один из блестящих математиков XVIII в. П. Лаплас полагал, что зная фундаментальные законы природы, каковыми он считал законы Ньютона, и разработав достаточно мощные математические методы, можно решить все ключевые проблемы мироздания. Он утверждал, что точное знание скоростей и координат всех частиц Вселенной позволит заглянуть неограниченно далеко в прошлое и будущее. Задачи астрономии, над которыми он работал, блестяще подтверждали эту мысль.

Во многих областях, не связанных с точными науками, эта вера в огромную предсказательную силу законов, в возможность действовать в конкретных случаях, исходя из фундаментальных законов природы, сохранилась до сих пор. Характерна она и для ряда психологов.

Исследования многих сложных физических процессов, проведенные в последние десятилетия, показали, что число конкретных задач, где можно действовать непосредственно, исходя из основных законов природы, очень невелико. Американский физик-теоретик Р. Фейнман отмечал, что формулировка законов природы в предельно общей форме обычно не помогает нам лучше понять конкретные явления. Более того, все чаще приходится иметь дело с моделированием процессов, законы которых неизвестны.

При анализе сложных нелинейных систем обычно строится иерархия упрощенных моделей, которые применимы в более узком интервале параметров, и учитывают не все, а только основные процессы. Эти модели проще исходной задачи. Однако и при их анализе приходится применять ту же схему. У основания построенной пирамиды находятся совсем простые модели, поведение которых исследователи понимают. Перейти на следующий уровень, дающий более полное описание, обычно удается только тогда, когда понят предыдущий. Ряд упрощенных моделей (их иногда называют базовыми) можно рассматривать как фундаментальное достижение нашей культуры.

Сейчас все чаще перед специалистами по математическому моделированию ставится задача выяснить механизм того или иного процесса (такой подход, следуя терминологии французского математика Р. Тома, называют также «мягким моделированием»). Обычно высказывается гипотеза и далее привлекаются различные математические методы, чтобы выяснить ее следствия (при этом часто основным

инструментом оказывается вычислительный эксперимент). Круг таких задач очень широк – от физики элементарных частиц и метеорологии до экологических систем. Вероятно, такие проблемы есть и в психологии. Примером исследования такого типа может служить работа А. Тьюринга (Тьюринг, 1952), в которой построена модель клеточной дифференцировки или морфогенеза. Несмотря на относительную простоту, она позволила высказать ряд интересных гипотез, которые стимулировали множество экспериментальных работ, вызвали «цепную реакцию» обнаружения близких эффектов в самых разных областях. Работа А. Тьюринга оказала большое влияние на развитие синергетики.

Круг задач, где применяются упрощенные модели, очень широк. Например, задача о переходе от простейших упорядоченных течений к хаотическим (турбулентным) в гидродинамике, поставленная в далеком прошлом, потребовала создания десятков таких моделей и до сих пор находится в центре внимания ученых.

Процессы, которые изучает психология, занимают огромный интервал временных масштабов – от долей секунды до десятков лет. Они могут быть связаны как с психикой одного человека, так и с действиями целых народов. И сам человек может выступать и как очень простая, и как сверхсложная система.

Наивно было бы ожидать, что описание таких объектов будет проще, чем моделирование движения жидкости. Естественно предположить, что в начале их анализа будет построено огромное количество упрощенных моделей. Они и были построены различными научными школами. Вероятно, к ним в основном и относится такое понятие, введенное в 1940-х годах Р. Мертоном в социологии, как «теория среднего ранга».

Обычно сами эти модели имеют разную область применения. По попытке чрезмерно расширить ее, придать ей статус всеобщности, равно как и упреки поборников одной модели к исследователям другой, относящейся к иной области, приводят к методическим недоразумениям, так же как в точных науках. Очень точно такое положение дел характеризуют авторы книги «Математические методы в социальных науках» (1973): «Представитель одной из школ, совершенно справедливо заметив, что дебаты внутри его собственной группы конструктивны и разумны, а между ней и другой группой – совсем напротив, склонен заключить, что именно его школа разумна, а другая нет» (с. 156).

Однако более сложным оказывается вопрос о том, как согласуются между собой различные модели в одной области психологии. Если в физике существует несколько процедур построения упрощенных моделей и богатый опыт их применения, то в психологии эти вопросы только начинают исследоваться.

Кроме того, при анализе сложных физических систем, как пока зывает опыт, не приходится рассчитывать на точные количественные законы, определяющие ход процессов. Обычно удается выявить основные тенденции и предсказать какие-то качественные эффекты (кроме конкретных зависимостей при данном конкретном наборе параметров). Вероятно, и в психологии рассчитывать на построение «психологической физики» или достаточно общую аксиоматическую теорию не приходится.

Другой важный момент состоит в том, что математическая модель должна быть согласована с тем вопросом, который мы хотим решить, и с теми данными, которые

нам доступны. Типичную в этом плане ситуацию мы проиллюстрируем на примере нескольких моделей из социальной психологии.

Модели нормирования общественного мнения

Пусть нас интересует, как меняется общественное мнение по какому-нибудь вопросу. Нам важно выяснить, как взаимодействие различных социальных групп повлияет на его изменение, чье мнение реально будет определяющим, насколько остро вопрос волнует общество. Если сообщество достаточно велико, то модель, позволяющая это выяснить, могла бы иметь следующий вид:

$$\frac{dQ}{dt} = \int p(x)g(I, S, Q, t), S(y, t), x, y, Q dx dy, \quad (3)$$

$$\frac{dM}{dt} = \int h(x, r)S(x, t-r) dx dx; M = \int p(x, t)S dx, S(x, 0) = S_0(x).$$

Здесь t - время, x - координата, характеризующая различные группы изучаемого общества (в зависимости от имеющейся информации о сообществе x может быть дискретной или непрерывной переменной или вектором). Функция $p(x)$ пропорциональна численности группы с координатой x . $S(x, t)$ - вероятность, с которой она в момент t будет голосовать «за». Функция g определяет изменение мнения социальных групп при их взаимодействии. Параметр θ характеризует остроту вопроса. Он зависит от того, какие решения группой принимались до этого, к каким результатам они привели и насколько быстро забывается прошлый опыт (функция $h(x, t)$). Функционал M определяет вероятность положительного решения вопроса в момент t .

Модели такого типа (так называемые кинетические уравнения) сейчас широко используются в статистической физике и в физике плазмы. Они дают детальное статистическое описание системы. В физике имеется большой опыт их использования.

Однако для того чтобы применять их в социальной психологии, требуется иметь детальное представление о структуре общества, о взаимодействии социальных групп, об их отношении к ранее принятым решениям (функции p, g, h). В настоящее время есть содержательные нетрадиционные качественные теории. Однако для того чтобы строить содержательные модели вида (3), нужны фундаментальные исследования. Кроме того, достоверный прогноз требует знания структуры общественного мнения в какой-то момент (функция $S(x)$).

Работа над такой моделью может оказаться очень полезной и для математиков, и для специалистов по социальной психологии. Можно провести параллель с применением математического аппарата физики. Создание современной физики было связано с решением двух принципиальных задач: проблемы измерения (т. е. выяснения того, что же характеризует изучаемый объект и как оно может быть измерено) и проблемы построения теории (установление отношений, связывающих эти величины). В решении второй задачи психология во многом может опираться на опыт точных наук. Но это будет достаточно эффективно лишь после решения первой задачи. А ее анализ, по существу, только начат. Он требует самого тесного сотрудничества психологов и математиков. В этом союзе на стороне математиков

не только аппарат и сложившиеся традиции, но и во многом успешный опыт совместной работы по исследованию сложных систем в биологии, экономической географии, экологии. На стороне психологов опыт развития психологии в XX в. и представления о человеке, накопленные в ходе многовекового развития различных культур.

Однако необходимым условием такой работы является наличие большого количества специальным образом (зависящим от характера предполагаемой теории) собранных экспериментальных данных. В отечественной, а в ряде случаев и в западноевропейской литературе стало традицией упрекать американскую социальную психологию за ее прагматизм (Московиси, 1984). В упрек ей ставится ориентация большинства исследований на конкретные задачи, связанные с рекламой, пропагандой, предвыборными компаниями, эргономикой, бизнесом, потребностями армии. Обращают внимание на несовершенство теоретических установок, ошибочность философских взглядов, неприемлемость ряда положений к людям других культур.

Однако следует подчеркнуть ее огромное достоинство - наличие большого количества экспериментальных исследований, без которых не приходится рассчитывать на создание серьезных теорий. В нашей ситуации отсутствие достаточного количества достоверной содержательной информации, необходимого для количественного описания общества, является очень существенным препятствием к созданию теорий, которые способны не только объяснять, но и предсказывать.

В литературе большой популярностью пользуется модель формирования общественного мнения, предложенная Вейдlichem (Weidlich, Haag, 1983). Ее можно рассматривать как упрощенную модель для системы уравнений (3).

Будем считать, что изучаемое сообщество однородно. Предположим, что в качестве параметров порядка выступает число людей, которые собираются проголосовать «за» - n_+ и «против» - n_- . Пусть существует вероятность изменения мнения индивидуума $p_+(n_+, n_-)$ (она определяет с какой вероятностью человек в сообществе, где n_+ членов «за» и n_- «против» изменит свое мнение и тоже проголосует «за»). Аналогично определяется $p_-(n_+, n_-)$.

Распределение вероятностей изменения мнения сообщества [аналог функционала M в модели (3)] удовлетворяет следующему уравнению:

$$\frac{df[n_+, n_-, t]}{dt} = (n_+ + 1)p_+[n_+, n_+ - 1, n_-, t] - f[n_+, n_+, t] + (n_- - 1)p_-[n_+, n_+, n_-, t] - f[n_+, n_-, t] + n_+p_+[n_+, n_+] - n_-p_-[n_+, n_+], \quad (4)$$

Оно может быть получено из простых соотношений теории вероятности. Допустим, вероятность изменения мнения человека увеличивается из-за влияния тех, кто думает иначе, и уменьшается под влиянием тех, кто думает так же. Можно предположить, что:

$$p_+[n_+, n_+] = v \exp\{[a(n_+ - n_-) - r]/Q\}$$

$$p_-[n_+, n_+] = v \exp\{[-a(n_- - n_+) - r]/Q\}.$$

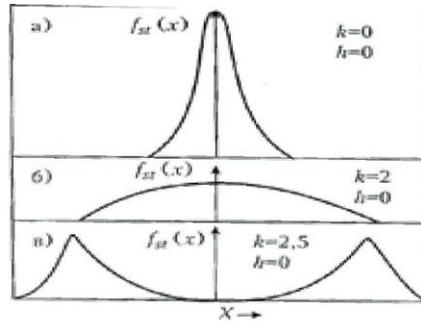


Рис. 9. Типичное поведение функции в модели В. Вейдлица (Хакен, 1980); а - центрированное распределение для случая довольно частых изменений мнения; б - распределение в переходной области; в - «поляризация общественного мнения»

Здесь θ - коллективный параметр общественного климата, a - способность адаптации по отношению к соседям, I - предпочтительность мнения.

В такой постановке модель допускает детальное систематическое исследование. Оказывается, аналогичная модель существует в теории фазовых переходов. Это известная модель Изинга. Параметр θ является аналогом температуры. Эта модель описывает возникновение спонтанной намагниченности при уменьшении температуры.

Что же предсказывает модель (4)? Типичное изменение поведения функции f при анализе параметра в случае, когда $h = I/Q = 0$ показан на рисунке 9. Пусть параметр $\kappa = a/\theta$ увеличивается (это соответствует повышению важности вопроса). Вначале существует центрированное распределение вероятностей (см. рисунок 9а). Оно соответствует случаю довольно частых изменений мнения (независимое принятие решений). В этом случае голосование независимо от результатов даст примерно одинаковое число голосов «за» и «против». Далее разброс мнений становится все больше (см. рисунок 9б). При малых значениях θ происходит поляризация общественного мнения. Это соответствует сильному взаимодействию между соседями (рисунок 9в). Здесь почти все будут голосовать «за» или «против» (это зависит от того, каким было мнение раньше).

Описанная модель допускает интересное математическое исследование и позволяет установить связь с известными моделями статистической физики. Но, по существу, она ничего не дает для анализа конкретной задачи в социальной психологии. К сожалению, таких моделей сейчас в зарубежной литературе довольно много.

Для анализа обсуждавшегося качественного эффекта можно воспользоваться довольно простой моделью вида (I). В ней (x, ξ) характеризует положение максимумов функции (x, ξ) , роль параметра Λ играет θ . При $t \rightarrow a$ ее и данном параметре θ x стремится к постоянному значению x . Такую модель можно построить, пользуясь элементарной теорией бифуркации (Йосс, Дзоцеф, 1988). Типичный вид зависимости x от параметра θ показан на рисунке 10а при $I = 0$ и на рисунке 10б при $I \neq 0$.

Она также может предсказывать поляризацию общественного мнения. Эта модель позволяет обратить внимание на интересное явление, иногда называемое в синергетике резонансным возбуждением (Курдюмов, 1982). Пусть мы хотим изменить

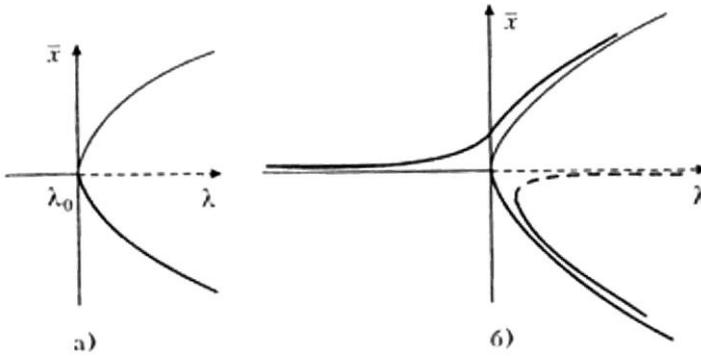


Рис. 10. Типичное поведение состояний равновесия в упрощенной модели формирования общественного мнения: а - случай, когда ни одно из мнений не является изначально более предпочтительным; б - одно из мнений изначально имеет преимущество. — устойчивые состояния равновесия; --- неустойчивые состояния

общественное мнение, располагая относительно небольшими возможностями I (это будет малый член в правой части уравнения (1)). При $\theta < \theta_0$ это бесполезно - вопрос неважен и воздействие ничего не даст. При $\theta > \theta_0$ это также бесполезно - мнение уже сформировано. Однако вблизи точек θ_0 небольшое воздействие может определить всю дальнейшую судьбу общества. Это типично для многих систем, изучаемых синергетикой.

Мы проследили некоторую иерархию упрощенных моделей. Не имея данных и пытаясь предсказать качественные эффекты безотносительно к реальной ситуации, естественно строить простейшие модели (чтобы они давали хорошее описание, нужно глубокое понимание ситуации и очень точный выбор параметров порядка). Задачи прогноза требуют больше информации об изучаемом сообществе и более серьезного анализа.

Психология и глобальные модели

Во многих работах по психологии справедливо обращается внимание на большое прикладное значение проводимых исследований. Обычно констатируется желательность применения математических методов. Однако сейчас не менее важной представляется другая тенденция - использовать результаты психологии при математическом моделировании глобальных процессов при построении программ социального прогноза.

Еще на заре нашего века выдающийся русский естествоиспытатель В. И. Вернадский указывал на то, что результаты деятельности человека приобретают планетарный характер (Вернадский, 1978). Это неизбежно приводит к изменению самого человека, его ценностей и установок. Большое значение этих изменений отмечалось и философами.

Однако только в последнее время мы столкнулись с необходимостью, как сформулировал А. А. Самарский, «постоянно вычислять свое будущее». Опыт, накопленный человечеством за тысячи лет и основанный на той или иной экстраполяции, во многом оказался неприменимым. Ученые все чаще констатируют «антиинтуи-

тивное» по ведение социальных систем. Решения, принятые «из лучших побуждений» «на основе здравого смысла» обычно не дают результата, а иногда приводят к противоположному эффекту. Во многом неясны механизмы, связанные с управлением большими группами. Стал актуальным вопрос о психологической и социологической экспертизе принимаемых решений. Важно выяснить, какие решения в принципе могут быть выполнены и к каким последствиям они приведут.

В семидесятые годы большое распространение получили глобальные имитационные модели, определяющие сценарии развития всего человечества. Среди них большую известность получили работы Дж. Форрестера, Медоуза, а также цикл работ, выполненных под руководством академика Н. Н. Моисеева (Моисеев, 1979, 1987). Развитие этих моделей показало, что для такого прогноза очень существенными являются параметры, определяющие реакцию общества на изменение ситуации. Некоторые эффективные во многих отношениях стратегии не могут быть приняты сообществом по психологическим и иным причинам. И это ставит ряд принципиально новых задач, в решении которых важную роль будут играть психологи и социологи.

Еще в начале развития кибернетики Н. Винер предупреждал о психологических проблемах, которые поставит научно-технический прогресс перед человечеством (Винер, 1983). Сейчас они встали в полный рост. Приведем один пример, широко обсуждаемый в зарубежной литературе (Parslow, 1981). Широкая компьютеризация в ближайшие десятилетия может привести к тому, что десятки миллионов человек смогут работать не выходя из дома и для десятков миллионов человек работы не будет. Это означает разрушение многих традиционных связей, возникновение массы противоречий. Многие специалисты предполагают, что времени на психологическую адаптацию к новым условиям осталось слишком мало и что это может привести к разрушению западной цивилизации.

Работа над анализом сложных систем привела к появлению большого числа различных математических моделей. Причем эти модели могут быть сравнительно простыми. Примером этого может служить модель стратегической стабильности, вызывающая сейчас большой интерес (Вернадский, 1978). Простейшие предположения в сочетании с вычислительным экспериментом позволили предсказать несколько сценариев из менения стратегического равновесия. Вероятно, сравнительно простые и содержательные модели будут со временем построены и во многих разделах психологии. Однако уже сегодня при математическом моделировании мировой динамики или исследовании последствий реализации принятых решений или крупных научно-технических проектов помощь психологов становится необходимой.

Литература

- Андреева Г. М., Богомолова Н. Н., Петровская Д. А.* Современная социальная психология на Западе. М.: Изд-во МГУ, 1978.
- Аткинсон Р., Бауэр Г., Кротерс Э.* Введение в математическую теорию обучения. М., 1969.
- Бру Ф., Шаа Т. Р., Линден П., Леттвин Дж.* Цвета предметов // В мире науки. М., 1986. № 11. С. 50–59.

- Венда В. Ф.* Перспективы развития психологической теории обучения операторов // Психологический журнал. 1980. Т. 1. № 4. С. 48–63.
- Вернадский Б. К.* Живое вещество. М., 1978.
- Винер П.* Кибернетика. М.: Наука, 1983.
- Вольтерра В.* Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука, 1976.
- Йосс Ж., Дзозеф Д.* Элементарная теория устойчивости и бифуркаций. II. Компьютеры и нелинейные явления. М.: Наука, 1988.
- Кун Т.* Структура научных революций. М.: Прогресс, 1975.
- Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г., Потанов А. Б.* Синергетика – новые направления. М.: Знание, 1989.
- Курдюмов С. П.* Собственные функции изучения нелинейной среды и конструктивные законы построения ее организации // Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. М.: Наука. 1982. С. 217–243.
- Левингстон М. С.* Искусство, иллюзия и зрительная система // В мире науки. М., 1988. № 13. С. 58–67.
- Домов Б. Ф.* Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984.
- Майк-Гай У. Дж.* Инь и Ян прогресса в социальной психологии: семь принципов // Современная зарубежная социальная психология. М.: Изд-во МГУ, 1984.
- Маслоу А.* Самоактуализация // Психология личности. Тексты. М.: Изд-во МГУ, 1982. С. 108–117.
- Математические методы в социальных науках. М.: Прогресс, 1973.
- Мозг. М.: Мир, 1982.
- Моисеев Н. Н.* Алгоритмы развития, М.: Наука, 1987.
- Моисеев Н. Н.* Математика ставит эксперимент. М.: Наука, 1979.
- Московиси С.* Общество и теория в социальной психологии // Современная зарубежная социальная психология. М.: Изд-во МГУ, 1984.
- Николис Г., Пригожий И.* Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979.
- Олпорт Г.* Личность: проблема науки или искусства? // Психология личности. Тексты. М.: Изд-во МГУ, 1982. С. 208–215.
- Постон Т., Стюарт И.* Теория катастроф и ее приложения. М.: Мир, 1980.
- Самарский А. А.* Современная прикладная математика и вычислительный эксперимент // Коммунист. 1983. № 18. С. 31–42.
- Тейяр де Шарден П.* Феномен человека. М.: Наука, 1987.
- Уолкнер Дж.* Как объясняются иллюзии контура – яркие фигуры которых на самом деле нет // В мире науки. 1988. № 3. С. 78–81.
- Фейнман Р.* Статистическая физика. М.: Мир, 1975.
- Фестингер Л.* Введение в теорию диссонанса // Современная зарубежная социальная психология. М.: Изд-во МГУ, 1984. С. 97–110.
- Франкл М.* Поиск смысла жизни и логотерапия // Психология личности. Тексты. М.: Изд-во МГУ, 1982. С. 118–126.
- Хакен Г.* Синергетика. М.: Мир, 1980.
- Шноль С. Э.* Факторы, определяющие направления и скорость биологической эволюции // Математическое моделирование биологических процессов. М.: Наука, 1979. С. 5–26.

- Ярошевский М. Г.* Психология в XX столетии. М.: Изд-во политической литературы, 1974. *Apter M. J.* The experience of motivation. The theory of psychological reversal. London—N. Y.: Academic Press, 1982. *Ehbinghaus H.* Uber das Gedachtnis. Lcip-Puncker, 1885.
- Fisher G. H.* Ambiguity of form: old and new // *Percept Psychophys.* 1968. V. 4. P. 189–192.
- Forrester J. W.* World Dinamics. Cambridge, Mass.: Wright Allen Press, 1971. *Parslow R. D.* The computerised destruction of Western civilization. *Computer and Society.* 1981. V. 11. № 2. P. 16–21. Pattern formation by dynamic systems and pattern recognition / Ed. by H. Faken. Berlin: Heidelberg; N. Y.: Springer, 1979. *Tu r i n g A .* The chemical basis of morphogenesis // *Phyl. Trans. Roy. Soc. London*, 1952. V. 237. P. 37–72. *Weidlich W., Haag G.* Concepts and models of quantitative sociology. The dynamics of interacting populations. Berlin-London: Heidelberg, N. Y.—Tokio: Springer-Verlag, 1983.
- Zeeman E. C., Hall C, Harrison P. J., Marriage H., Shapland P.* A model for institutional disturbances // *Br. J. Math. Statist. Psych.* 1976. V. 29. P. 66–80.

**Информационное общество
как самоорганизующаяся система:
Анализ медийно-коммуникативного взаимодействия
методами синергетики**

О. В. Митина

Мир как система невероятно усложняется, проблемы интеграции и координации между составляющими его подсистемами любого рода – будь то группы людей, материальные или идеальные образования – становятся все актуальнее, и информационные потоки, реализующие эти связи, по значимости преобладают над потоками материальными.

С позиций современных подходов обмен информацией между субъектами (адресантом – коммуникатором – и адресатом – реципиентом сообщения), как индивидуальными, так и коллективными, представленными большими и малыми социальными группами, люди в которых могут составлять какую-то общность или быть абсолютно независимыми, – это сложное коммуникативное явление, включающее, кроме сообщения, характеризуемого содержанием и формой, отношение данного сообщения к контексту (другим сообщениям), которые либо принадлежат к тому же самому акту коммуникации, либо устанавливают временную перспективу – связывают со вспоминаемым прошлым или с предполагаемым будущим. Коммуникативный процесс (дискурс) определяют также социокультурные и психологические аспекты (картина мира, мнения, установки, социальные стереотипы, мотивы и цели адресата и адресанта, характер контакта между ними), необходимые для понимания сообщения, единый для адресанта и адресата код, общее и специфическое между операциями кодирования, присущее различным адресатам. Дискурс в широком смысле подразумевает любой вид влияния одного субъекта (одиночного или коллективного) на другой (также одиночный или коллективный). Это и речь (письменная или устная, длина которой вариативна: от отдельного высказывания до содержательно цельного произведения – рассказа, беседы, описания, инструкции, лекции, воззвания, декларации и т. п.), и литература, мифология, история произведения искусства (живопись, музыка, театр, кино), и поведенческие акты, манифестирующиеся в доступных чувственному восприятию формах, таких как жесты и т. д. (Греймас, Курте, 1983; Якобсон, 1985, Рыжова, 1998). Говорят о политическом, юридическом, педагогическом, организационном, научном, рекламном дискурсе, вплоть до бытовых разговоров. Специфика медиадискурса (т. е. порождаемого массовой коммуникацией) определяется тем, что между адресатом и адресантом предполагается наличие дистанции (пространственной

и/или временной). Адресат неограничен и персонально не определен, формируется от случая к случаю, адресант также все чаще является коллективным субъектом (Винтерхофф-Шпурк, 2007)¹.

Необходимо учитывать и молчащего наблюдателя, некоммуниканта, в значительной степени определяющего «психологический фон» процесса. Это может быть случайный или неслучайный слушатель, присутствующий непосредственно или только в воображении его участников (общественная мораль, Бог и т. д.) (Бабаян, 1997). Кроме этого, важными оказываются специфические индикаторы, с помощью которых интерпретируются сообщения (серьезное, шутливое, деловое, развлекательное и т. п.) (Gumpertz, 1982). Необходимо рассматривать не только результаты того или иного коммуникативного взаимодействия (например, в виде фиксированного текстового сообщения), но одновременно и процесс (с учетом воздействия социокультурных, экстралингвистических и коммуникативно-ситуативных факторов).

Источниками формирования моделей понимания и методов анализа коммуникативного процесса (при всем множестве различий между ними) были достижения таких дисциплин, как лингвистика, антропология, социология, философия, педагогика, теория коммуникаций, социальная психология и искусственный интеллект (Рыжова, 1998; Комина, 1998; Shiffrin, 1994).

Классическая методология исследования содержания коммуникативного процесса (в том числе и медиа) формировалась в ходе анализа обыденной речи – практического рассуждения и диалога (Арутюнова, Падучева, 1986). Существенной чертой исследований является соотнесение коммуникативного взаимодействия с конкретными участниками акта, т. е. адресантом и адресатом, а также с коммуникативным намерением первого каким-либо образом воздействовать на второго (Бенвенист, 1974). Среди существующих методов изучения можно выделить контент-анализ, кросс-групповые исследования, различные лонгитюды, анализ последовательности случаев, анализ бесед, лабораторный эксперимент; для исследования медиадискурса используются телеметрические наблюдения (Винтерхофф-Шпурк, 2007).

Новые технологии порождения информации и обмена ею способствуют многократному увеличению объема медиадискурса и скорости информационных потоков. Это, с одной стороны, благодатный материал для изучения, но с другой – это лавина, способная захлестнуть не только реципиента, но и исследователя. Отдельные образы перестают восприниматься, подобно тому как на большой скорости перестают восприниматься очертания отдельных предметов, сливаясь в единое целое. Традиционные методы исследования оказываются малоэффективными, когда коммуникация является практически непрерывной в ходе длительного промежутка времени, т. е. представляет собой именно процесс, в котором участвуют качественно большие объемы информации. Можно сравнить с тем, как правила,

1 Как правило, когда определяют специфику СМИ, добавляют еще и третий пункт, связанный с односторонностью передачи информации. Однако развитие информационных технологий привело к тому, что данный пункт становится уже малоактуальным. Таким образом, правильнее говорить не о медиainформации, а о медиакommunikации (и соответственно о СМК – Средствах массовой коммуникации).

которыми руководствуется пешеход и даже велосипедист, передвигаясь по дорогам, должны отличаться от правил, которыми руководствуется водитель автомобиля.

Следует отметить не только сверхбыстрое возрастание объемов медиаинформационных потоков, но в месте с тем и их значимость, способность существенным образом влиять на картину мира человека.

Если раньше людей в большей степени касалось то, что можно было непосредственно проверить, физически присутствуя, случившееся в родном городе с близкими (по крайней мере, со знакомыми людьми), то теперь, в эпоху глобализации, мы все оказались жителями «одной деревни», только взаимодействие осуществляется «не через рукопожатие», а через новости, распространяемые СМК. У человека возникает ощущение, что все меньше в жизни зависит от его личного участия, его собственных достижений, все больше – от чисто случайных обстоятельств. Смещается локус контроля. Общественное пространство вторгается в зону личного, индивидуальное расширяется до объемов универсума, стираются границы между внешним и внутренним пространством. Меняется структура индивидуального общения. Реалити-шоу, мобильные телефоны, блоги дают возможность прожить не только реальную жизнь, дарованную богом и родителями, но самостоятельно выстраивать различные виртуальные жизни и реализовывать себя в них и т. п. Люди выставляют на всеобщее обозрение не только семейные фотоальбомы, личные дневники, но и демонстрируют свою жизнь в реальном времени с помощью веб-камер. Порождаемая в результате диспропорция между биологическими возможностями человека и возможностями, которые предоставляют информационные системы, средства связи и коммуникации, неуклонно растет и будоражит умы исследователей, писателей, мечтателей (Абрахам, Митина, Хьюстон, 2000).

О влиянии новых средств коммуникации на общество писали многие авторы. Еще в 1978 г. С. Хилтц и М. Турофф (Hiltz, Turoff, 1978) в своей книге «Нация сети» (содержащей ряд удивительно точных предсказаний) указывали, что компьютерные коммуникации, являясь средством гигантских социальных трансформаций, могут быть использованы как во благо, так и во зло. Авторы надеялись, что эти средства позволят людям открыто говорить о своих идеях и воспринимать чужие, будут способствовать социальному прогрессу. При этом социальный прогресс виделся им по-разному в зависимости от политической ориентации. Консервативно настроенная часть рисовала в своем воображении дружественный человеку автоматизированный мир материального изобилия. Их оппоненты левого толка с тем же оптимизмом предрекали радикальную демократизацию общества как результат использования новых технологий. В то же время, наряду с «розовыми» надеждами на улучшение качества жизни, в обществе появились «серые» опасения в связи с растущей изоляцией людей и усилением их зависимости от средств глобальной коммуникации. «Любое медиарасширение человека есть ампутация» (Маклюен, 2003).

СМК оказывают существенное влияние на знания. В контексте всеобщих изменений природа знаний не может остаться прежней. А вместе с природой знаний меняется и их статус. Знания перестают быть необходимым компонентом формирования личности, перестают быть самоцелью и рассматриваются как выгодная инвестиция, которая может быть обменена на всеобщий эквивалент или (и) обеспечивать достижение власти (Lyotard, 1984; Foucault, 1980).

Таким образом встает задача освоения и применения новых методов. Необходимо ответить на вопросы о том, как медиаинформация возникает в реальном времени, какие процессы определяют ее распространение, как они взаимосвязаны между собой, как информация трансформируется, передаваясь в письменной и устной речи, непосредственно и опосредованно, в какой момент информация из общего потока (фона) переходит в лично значимую, проблемную (фигуру), осознается, когда происходит важный шаг восприятия информации – осмысление и пр.

Теоретическое рассмотрение информационной динамики в ходе массовых коммуникаций позволяет трактовать информационное общество как сложную адаптивную систему, включающую все аспекты взаимодействий и взаимоотношений между людьми. Рассмотрение информации как аналога энергии позволяет исследовать феномены возникновения структур в результате хаотической динамики и охарактеризовать информацию как распределенную (порожденную многими независимыми друг от друга источниками), доступную для использования различным независимым друг от друга реципиентам, частично имплицитную (Weick and Roberts, 1993; Hutchins, 1991, Dooley, Van de Ven, 1999). Рассмотрение социума как сложной адаптивной системы требует учета вопросов пространства и времени, нелинейности и сцепления кажущихся простыми процессов. Ситуацию усложняет тот факт, что главным элементом социальной системы является человек, который сам есть сложная адаптивная система.

В этой ситуации выстраиваемые параллели и аналогии предлагают обратиться к теории динамических систем (динамического хаоса, синергетики – как ее называют в российской науке) – одному из наиболее перспективных междисциплинарных направлений, изучающих системы, способные к самоорганизации, т. е. спонтанному образованию и развитию сложных упорядоченных структур (Пригожин, 2000; Пригожин, Стенгерс, 2000; Хакен, 1980, 1999).

В течение последних десятилетий лет были получены хорошие прикладные результаты в таких областях, как физика, метеорология, химия, инженерия, когда исследователи сталкиваются с необходимостью проанализировать «поведение» миллионов объектов: атомов, элементарных частиц, молекул, клеток, каждый из которых ведет себя хаотично, но вместе образуют единое детерминированное целое.

Широкое распространение синергетических знаний из той области, где эта наука изначально возникла и развилась, в социальные и общественные науки (когда возникает задача проанализировать поведение большого числа объектов – людей, результатов деятельности, идей, ценностей, норм, ритуалов, научных и идеологических парадигм, языки и т. д., включенных в изучаемый процесс, также ведущих себя хаотично, сосуществующих, конкурирующих, вытесняющих друг друга или каким-то образом интегрирующихся в рамках единого социума) доказало их адекватность и конкурентоспособность по сравнению с традиционными. Были найдены и подробно исследованы базовые математические модели, основывающиеся на наиболее типичных предположениях о свойствах отдельных элементов, составляющих систему, и законах взаимодействия между ними (Капица, Курдюмов, Малинецкий, 1997; Курдюмов и др. 1999; Капица, 1999; Белавин, Курдюмов, 2001; Митина, Петренко, 2002).

В неживом мире необходимым условием самоорганизации является наличие диссипации, т. е. свойства системы обмениваться энергией с окружающей средой. В социальных системах роль энергетических потоков играют потоки информационные (Демин, 2007). Поскольку социальные системы для поддержания своего существования должны участвовать в информационном обмене с окружающим миром и отсутствие возможности обмена информацией приводит к их гибели (распаду), то явления самоорганизации являются вполне ожидаемыми и согласуются с общей теорией синергетики. Накапливаясь, информация в открытых системах из множества разрозненных фрагментов трансформируется в существенно меньшее количество более крупных по объему единиц. (Подобно тому как множество разрозненных букв образует одно слово, а множество слов – предложение. Предложения, подчиненные общему смыслу, составляют целостный рассказ. Одно среднее по объему предложение может запомнить практически любой человек, а вот чтобы воспроизвести все буквы, входящие в слова в этом предложении, разрозненно, необходимо обладать очень хорошими мнемическими способностями). Поэтому можно говорить, что энтропия, служащая мерой беспорядка, уменьшается. А это согласуется с общим принципом уменьшения энтропии в открытых системах с течением времени.

Методология синергетики выделяет и анализирует ситуации неустойчивости и нелинейности в исследуемых процессах, находит точки, где теряется единственность решений, исследует управляющие параметры и зависимости процессов от принимаемых этими параметрами значений.

Универсальный характер явлений самоорганизации подтверждается феноменологией, обнаруженной специалистами в самых различных научных областях знания, общими детерминантами природных и социальных процессов. Это поведение вблизи неустойчивых критических точек системы, резкие скачкообразные переходы, паттерны потери устойчивости, условия возникновения хаоса, взаимодействие хаоса и порядка, энтропии и информации, ритмическое поведение и законы отклонения от ритмов, пути накопления энергии и ее диссипации (Данилов, Кадомцев 1983; Буданов 2007). К причинам возникновения нелинейных, хаотических эффектов, требующих новых синергетических моделей при изучении социальных систем, относят наличие дискретных форм проявления реакций на воздействия (в частности, порогов, нелинейных частотных распределений появления признаков, инертности в возникновении и прекращении поведенческих, эмоциональных и прочих реакций, приводящих, в частности, к эффекту гистерезиса, неоднородности социальных структур и т. д.) (Митина, 2003).

Из физики синергетика заимствовала не только аппарат, но и терминологию. Так, явление, которое состоит в том, что величина, характеризующая состояние тела (например, намагниченность), неоднозначно зависит от величины, характеризующей внешние условия (например, магнитное поле), называется гистерезисом (от греч. *hysteresis* – отставание, запаздывание). Состояние тела в данный момент времени определяется внешними условиями не только в тот же, но и в предшествующие моменты времени (Физический энциклопедический словарь, 1983).

При этом необходимо помнить, что неоднозначная зависимость величин наблюдается в любых процессах, так как для изменения состояния тела всегда требуется

определенное время (так называемое время релаксации), и реакция тела отстает от вызывающих ее причин. Однако в линейных случаях такое отставание тем меньше, чем медленнее изменяются внешние условия. О гистерезисе говорят тогда, когда отставание при замедлении изменения внешних условий не уменьшается. В физике он наблюдается при разных физических процессах: магнитный, диэлектрический, упругий гистерезис. При изучении самоорганизующихся эффектов в общественных науках также наблюдают гистерезис – дискретная зависимость настоящего от прошлого, которую нельзя устранить никакой постепенностью перехода.

В рамках теории нелинейных динамических систем разработаны методы классификации различных типов хаоса, найдены закономерности его развития. Очень важный вопрос: где лежит граница между детерминированной, но сложно организованной структурой (т. е. упорядоченной) и стохастической (беспорядочной)? Критерием появления детерминированного хаоса служит устойчивость возникающих в системе образований по отношению к малым возмущениям при видимой непредсказуемости. Установить эту устойчивость можно математически, хотя визуально (если смотреть зависимость какого-либо показателя определяющего состояние системы от времени) случайный процесс и детерминированное поведение могут и не отличаться (Физический энциклопедический словарь, 1983).

Общая методология синергетики может использоваться также для обсуждения того, как появились те или иные явления, феномены, а также прогнозирования возможных альтернатив и последствий.

Изучая самоорганизацию, необходимо обращать внимание не только на развивающийся процесс, но и на его аттракторы – финальные состояния, к которым система приходит вне зависимости от начальных условий и траектории развития. Каждый аттрактор имеет свой бассейн – такую область в фазовом пространстве, что все попадающие в нее траектории в конечном итоге «притягиваются» к аттрактору. Таким образом, можно говорить, что если развитие системы идет по траектории, проходящей через бассейн аттрактора, то в конечном итоге система окажется на этом аттракторе. В регулярных (нехаотических) режимах аттракторы описать просто: точка, цикл и т. п., поэтому и предсказать конечное поведение системы тоже несложно: устойчивое состояние, циклические колебания и т. п. Аттракторы хаотической системы – странные¹ (хаотические) аттракторы – имеют сложную фрактальную структуру: ее невозможно точно описать, можно только указать область принадлежности данного множества в фазовом пространстве. Малейшее изменение в начальных условиях – и система может оказаться совсем в другой (заранее не просчитываемой) точке этого финального множества. Помимо аттракторов в хаотических системах могут присутствовать перемешивающие слои. Структура перемешивающего слоя также фрактальна. Отличие состоит в том, что, оказавшись в области притяжения аттрактора, система остается в нем до тех пор, пока по каким-то причинам не изменятся качественно законы развития системы. Перемешивающий слой имеет начало и конец, т. е. траектория входит в него, ведет себя хаотично, а затем выходит на устойчивый детерминированный этап. Как и в странном аттракторе,

1 Данное понятие впервые было введено в известной работе Д. Рюэля и Ф. Такенса «О природе турбулентности» в 1971 г.

в перемешивающемся слое система оказывается чувствительной к начальным условиям: минимальные различия на каком-то этапе очень скоро приводят к очень существенным расхождениям в дальнейших состояниях системы (Чернавский, 2000). Выделение в фазовом пространстве областей, имеющих фрактальную структуру, определение, странных аттракторов или перемешивающихся слоев, качественный анализ структурных особенностей данного образования являются очень важными этапами описания поведения хаотической динамической системы.

В настоящее время эвристическая значимость синергетической парадигмы как научной методологии не вызывает сомнения. Разные сообщества ученых в разных странах используют ее в той степени, в которой это позволяет уровень математической подготовки, являющийся стандартом для данного научного сообщества: от использования синергетических терминов на уровне метафор до заимствования и модификации моделей, разработанных для описания физических и химических процессов.

Традиционно математические знания у исследователей в области экономики выше тех, что имеются у представителей других социальных и гуманитарных наук. Эта тенденция сохраняется практически во всех развитых в научном отношении странах. При сравнении же знаний исследователей разных стран из какой-то одной научной области можно сделать вывод о том, что для отечественных исследователей подготовка их западных (европейских и североамериканских) коллег вполне служит ориентиром, к которому следует стремиться. Как следствие, исследований, использующих формальный, операциональный аппарат нелинейных динамических систем, гораздо больше именно в экономике, точно так же именно в США и Западной Европе существуют многочисленные научные сообщества, объединяющие исследователей тех или иных социальных и гуманитарных дисциплин, использующих методологию и аппарат синергетики. Опыт их приложения очень широк: биология, психология, экономика, политология, культурология, медицина. Нередко гуманитарии, далекие от математики, буквально заражаются идеями необратимости, непредсказуемости, хаотичности. Термины «катастрофа», «странный аттрактор», «бифуркация» и другие будоражат воображение, побуждают их вспомнить то, что они учили на первых курсах вузов или даже в школе, открыть более сложные учебники и перейти от уровня метафор к уровню формальных моделей, использующих далеко не тривиальный математический аппарат. В результате можно говорить о все более успешном использовании методологии синергетики в гуманитарных областях.

Однако ценность использования понятий нелинейных динамических систем заключается не в том, чтобы изложить известные идеи новыми словами, а в том, чтобы применять для анализа данных новый математический аппарат, который действительно расширит возможности социальных наук, усилит их экспериментальный статус. Ведь экспериментальные данные нужно грамотно представить, а популярные у гуманитарных исследователей статистические линейные методы анализа не позволяют операционализировать непрерывные, нелинейные, хаотические процессы, разворачивающиеся во времени и пространстве. С этой точки зрения привлекательность синергетики состоит в том, что помимо эвристических методологических принципов она дает конкретный математический аппарат, позволяющий решать эти задачи, проверять гипотезы и делать прогнозы. Наиболее

целесообразным здесь является использование уже известных и хорошо изученных моделей, например из физики, и переопределение переменных, управляющих параметров в соответствии с изучаемым процессом (Abraham, Abraham, Shaw, 1990; Abraham, Golden, 1995; Милованов, 2005). Достаточно часто, для того чтобы адекватно описать сложное пространственно-временное поведение распределенных сред с громадным числом степеней свободы (каковыми являются социальные системы), необходимо небольшое число нелинейных дифференциальных уравнений. Если далее удастся (хотя бы частично, с определенной степенью допущений) написать в явном виде эти уравнения, отражающие зависимость показателей, характеризующих состояние системы, от времени, то решение (поведение переменных и зависимость этого поведения от управляющих параметров) можно восстановить (по аналогии с тем, что уже известно в физике) и интерпретировать полученные результаты в терминах, соответствующих исследуемой социальной реальности, в допустимых пределах, делая прогноз финального поведения. При этом важным является не количественное, а качественное исследование полученной системы, выявление ее характерных черт. Содержательная интерпретация применения модели заключается в приведении топологически неприводимых структур фазового портрета в соответствие анализируемым процессам или объектам. В некоторых случаях оказывается достаточным вообще только выявление области устойчивости положений равновесия (Милованов, 2005). Примером теоретического подхода к изучению информационных обменов, в том числе и в социальных системах, является подход Д. Чернавского (2004).

Второй (эмпирический) подход – от частного к общему – строится на основе эмпирических данных: решаются уравнения, отражающие эмпирические зависимости между переменными. Полученные решения интерпретируются и объясняются с точки зрения имеющихся теорий (или строятся новые) (Петренко, Митина, 1997; Митина, Петренко, 1999; Guastello, 1995, 2002).

Корректное применение методологии синергетики для изучения феноменологии социальных и гуманитарных наук не допускает безусловного переноса моделей без учета различий в исследуемых системах, предполагает обязательную их адаптацию. Следует также помнить, что, прежде чем применять нелинейные модели, следует попробовать традиционные «линеаризованные» схемы. Если они работают, то не следует отказываться от них.

Для того чтобы у читателя не осталось сомнений в необходимости использования синергетических моделей для анализа коммуникационного процесса, подчеркнем несколько специфических особенностей. Как уже говорилось, в процессах массовой коммуникации принимает участие большое число индивидов, при этом те или иные идеи, смыслы, картины мира сначала обозначаются (*формулируются*, ставятся, артикулируются), затем *рефлексируются* (через многократную вербализацию, осмысление, накопление информации) и *усваиваются* (интериорируются для решения реальных задач на смысл, возникающих перед индивидом, группой или социумом).

Первый этап – формулировка (знания, представления о мире, идеи должны быть выражены в словах) – это динамический и ориентируемый в ходе деятельности процесс, который развивается от признания проблемы или идеи, через осмысление

идеи, к пониманию ее места в деятельности с учетом обратной связи. Разные исследователи по-разному разбивают этап формулировки на стадии, но все указывают на наличие в этом процессе циклов (Kilman, Mitroff, 1979; Lyles, 1981; Isabella, 1990). Этап характеризуется неустойчивостью и в значительной мере подвержен влиянию внешних факторов (большое количество участников, интенсивно взаимодействующих между собой, растянутость во времени, кроме того, формулируя ту или иную идею, участники постоянно оценивают ее с точки зрения будущих событий) (см.: Мирский, 1988).

Второй этап коммуникации – рефлексия – это важный атрибут функционирования любой формы сознания, не только в рамках научного мышления и концептуальных построений, но и в житейской, обыденной сфере (Петренко, 1997, 2005). Рефлексия в большинстве случаев – это процесс вербализации. Рефлексия присуща любому социальному процессу. Интерпретируя чьи-либо поступки и мотивы, общаясь, мы используем накопленные ранее социальные представления и предположения (Schutz, 1962). Рефлексия – это отражение нами нашего знания, но отражение изменяет само знание. Таким образом, в процессе самоорганизации, будь то индивидуальное или общественное сознание, субъект находится в процессе эволюции своего собственного сознания (рефлектирует), и эта рефлексия выполняет функцию обратной связи¹. Рефлексия коллективного субъекта происходит через массовые коммуникации. Именно это свойство интеллектуальных систем приводит к нелинейному развитию, включая внезапные, скачкообразные, бифуркационные, необратимые изменения. Необходимо исследовать механизмы и характер такого развития, а также возможные пути осознания и контроля этих изменений.

Третий этап коммуникации – усвоение – можно рассматривать как повторное взаимодействие на основе отрефлексированных формулировок, приспособленных для нового контекста задач и целей. Это также неустойчивый процесс. Неустойчивость связана с тем, что порожденные идеи и представления могут использоваться в самых разных местах, а участники процесса оказываются разделенными в пространстве или/и во времени. В процессе адаптации идеи и представления, прошедшие этапы формулировки и рефлексии, очень часто могут быть подвергнуты переосмыслению, а значит, требуется новая формулировка и новая рефлексия.

Кроме того, важной характеристикой такого процесса является одновременность (характеризующаяся тем, что упомянутые выше три этапа начинают реализовываться не последовательно и независимо, один за одним, а одновременно или даже с нарушением последовательности, порождая сложный, хаотичный процесс) (McPhee, Cogman, Dooley, 2002). Одновременность предполагает, что в коммуникативном процессе участвует большое число коммуникантов, часто не связанных друг с другом непосредственно, а информационные потоки, порождаемые различными подсистемами, диффундируют, адаптируются, взаимосвязываются друг с другом. Это неизбежно приводит к тому, что рассматриваемый процесс не является линейным и последовательным.

Существуют паттерны замедления или, наоборот, ускорения коммуникативного взаимодействия, которые в зависимости от различных общественных характери-

1 Обратная связь – «флаг» неравновесной сложной системы.

стик трансформации информационных потоков на различных этапах могут быть более или менее выраженными. Методология синергетики позволяет строить операциональные модели, делающие этот процесс доступным для наблюдения.

Согласно одному из основных принципов хаотической системы, чувствительности к начальным условиям, минимальные различия на старте могут существенно повлиять на развитие процесса, задаваемого системой дифференциальных уравнений. Исследования процессов коммуникации требуют чувствительности к алфавиту, сети, устанавливающей связи между субъектами, участвующими в информационном обмене, контексту, структурированию и интерпретации. Одной из наиболее частых причин возникновения бифуркаций в синергетике считается изменение управляющих параметров. Например, для социальных систем такими управляющими параметрами могут быть возможный объем передачи информации, скорость, инерционность. Современные технологии обеспечивают практически без помех качественно новый уровень связи, очень высокую скорость передачи информации.

Как правило, когда исследователи, занимающиеся описанием и пониманием того, как формируются и функционируют социальные системы, говорят об их сложности, то имеют в виду, что их невозможно описать при помощи математических моделей, более того, именно эта несводимость к формулам с точки зрения гуманитариев отличает социальные организмы от неживых. Однако, сначала на примерах биологических систем, а потом и социальных, было установлено, что основные формы кооперативного поведения, свойственные живым (социальным) организмам, имеют свои аналоги среди неорганических систем. Сложность заключается в наличии иерархии достаточно автономных подсистем. Системы верхнего уровня управляют нижележащими системами, однако это управление не является прямым, «директивным», подчиняющим. Управляющие команды подготавливают возможные переходы нижележащих подсистем из одного состояния в другое. Обладая сложной внутренней структурой, каждая подсистема при выходе на следующий уровень во взаимодействиях с другими подсистемами «представляет себя» не многочисленными внутренними элементами низшего уровня, а существенно меньшим количеством параметров порядка, которые позволяют, не вдаваясь в технические детали, достаточно просто описать¹ процессы нижележащей системы в терминах, единых для уровня более высокого. Математика динамических сложных систем позволяет проводить анализ на макро- и микроуровнях. Этот процесс определяется через последовательность сходящихся и расходящихся стадий (см.: Dooley, Van de Ven, 1999) и оказывается особенно полезным для описания и исследования большого числа развивающихся одновременно локальных подсистем, составляющих единое целое.

Параметры порядка играют важную роль в сложных системах, определяя характер и направление развития, задают набор возможных финальных состояний. Параметры порядка могут появляться или качественно изменять свои значения при изменении управляющего параметра. При этом следует помнить, что пара-

¹ Такое выражение, конечно, является в определенном смысле метафорой, однако, на наш взгляд, позволяет объяснить суть и цель выбора параметров порядка и использование их при задании уравнений, описывающих поведение системы более высокого уровня.

метры порядка изменяют свое значение медленно, в то время как подчиненные части изменяются быстро. При определенных условиях наблюдаются критические колебания в системе, в результате чего порождаются новые параметры порядка, между которыми возникает конкуренция, исход которой зависит от структуры и топологии системы. Упорядоченное состояние системы устанавливается тогда, когда один из параметров выигрывает. Вышесказанное обосновывает важность принятия решения о выборе параметров порядка и изучения их формирования и функционирования при построении модели, отражающей исследуемую систему.

Основоположник синергетики Г. Хакен, обсуждая возможность использования этой методологии для анализа самоорганизации социальных систем, полагает, что кандидатами на роль параметров порядка могут быть язык, государство, культура, законы, ритуалы, табу, мода, научные парадигмы, национальный характер, экономика, этические нормы. Для подтверждения обоснованности такого выбора заметим, что указанные «претенденты» на звание параметров порядка живут намного дольше, чем люди, являющиеся первичными элементами социальной системы. Взаимо связь между указанными образующими социальной системы (параметрами порядка и элементами системы) в данном случае выполняется через механизмы социализации, воспитания, обучения и т. д. Маленький ребенок, воспитывающийся в семье или в социальных институтах, так или иначе заменяющих ее, усваивает язык, культурные нормы, социальные идеи и принципы, принятые в данной среде, и далее несет их в себе. Но нормы не только довлеют над человеком, заставляя его следовать определенным стандартным способам поведения, речевого и эмоционального выражения и пр., но и проявляются исключительно в сообществах людей (субъектов, являющихся элементами системы), тем самым реализуя принцип обратной связи. Укажем еще на одно свойство параметров порядка – наличие различных видов их взаимодействия между собой: конкуренция или сосуществование с ними. Можно привести примеры государств, в которых на протяжении нескольких столетий один из языков доминировал и вытеснял другие, но есть страны (например, Швейцария), в которых в качестве государственных приняты сразу несколько равноправно сосуществующих языков. Конкурировать или сосуществовать могут также экономические формы собственности, религии, идеологии и пр.

Ведущую роль в информационном обмене приобретает Интернет, расширение пропускной способности которого позволяет многим людям использовать его как ведущее средство общения и источник информации, особенно в такой большой стране, как Россия. И дело тут не в том, что все остальные СМИ отомрут – всегда будут люди, для которых открыть утром свежую газету, еще пахнущую типографской краской, будет составной частью благополучного и комфортного существования, – речь идет о том, что информационная структура общества качественно изменяется. Неограниченная доступность информационных ресурсов может приносить не только пользу, но и вред. Для пользователей, не имеющих «иммунитета» (способности критически отнестись к каким-то сведениям, противостоять им), это может оказаться чрезвычайно опасным. Одной из наиболее частых причин возникновения бифуркаций в синергетике считается изменение управляющих параметров. Например, для социальных систем такими управляющими параметрами могут быть возможный объем передачи информации, скорость, инерцион-

ность. Современные технологии обеспечивают практически без помех качественно новый уровень связи, очень высокую скорость передачи информации. Характер динамики в других информационных средах, таких как печать, радио, телевидение и пр., определяется другими значениями управляющих параметров (меньше скорость, объем и пр.). Однако границы между отдельными СМИ становятся все более условными. Газетные редакции на своих сайтах размещают электронные варианты своих газет. Это не просто набор электронных файлов, которые были распечатаны на бумаге. Читатель может прослушать и просмотреть многочисленные аудио- и видеоматериалы, оставить свой отзыв на форуме и блоге, по гиперссылке пройти на другой номер газеты или связанный с рассматриваемой темой материал. Радио- и телевизионные каналы тоже ведут свое вещание параллельно в сети, при этом существуют программы, доступ к которым возможен исключительно через Интернет. Качественно изменилась обратная связь читателей с журналистами. Задать вопрос автору или высказать свое мнение можно в режиме реального времени на его странице. Да и развитие технологий приводит и здесь к реализации бифуркаций (амбивалентным последствиям).

Немало интеллектуально развитых людей различного возраста, живущих в больших городах, сознательно отказываются от телевизора (еще недавно занимавшем место главного информатора и культурного организатора в семье), вспоминают советы профессора Преображенского (из повести Булгакова «Собачье сердце») о вреде чтения газет, не пользуются Интернетом сами и категорически ограждают от него своих детей, не только маленьких, но и старшеклассников. Возможно ли преодолеть негативные последствия влияния СМК, не отказываясь от предоставляемых ими преимуществ? Вытеснит ли группа параметров порядка, связанная с положительными паттернами использования СМК (способствующими расширению информационного кругозора и образованности, личностному развитию и пр.), те устойчивые состояния, которые определяют ориентацию на малосодержательную информацию, вызывающую негативные личностные реакции (агрессию, депрессию, сексуальные девиации), психологическую зависимость, или они будут сосуществовать в социуме, или даже последние одержат победу? Для того чтобы ответить на эти вопросы, необходимо разработать модель (систему дифференциальных уравнений), учитывающую взаимоотношения и взаимовлияния различных СМИ, а также то, как эти взаимоотношения и взаимовлияния зависят от параметров СМИ (охват аудитории, скорость распространения, эффект воздействия и т. п.).

Поскольку практическая ценность модели напрямую зависит от ее прогностических возможностей, проблема прогнозирования на основе предлагаемых моделей стала общей для многих направлений современной науки и нуждается в дополнительном осмыслении. Какое суждение можно называть прогнозом? Если путь (траектория) развития системы проходит через странный аттрактор или перемешивающий слой, в качестве прогноза указывается ограниченное в фазовом пространстве финальное множество, описывается его структура и говорится о том, что система может принимать одно из возможных состояний из этого множества или переключаться в рамках набора состояний. Установив хаотичность системы, мы доказываем, что невозможность точного точечного прогнозирования объясняется не плохим знанием исследуемой области, а объективными причинами.

Так, например, в настоящее время научно доказана невозможность долгосрочных метеорологических прогнозов.

Социальные науки достаточно часто получают упрек в слабой прогностичности. Вполне возможно, что использование синергетической методологии позволит убедительно доказать принципиальную невозможность построения долгосрочных прогнозов.

Однако эта слабая в определенном смысле предсказуемость имеет и сильные стороны, а именно: такие системы чрезвычайно чувствительны к внешним воздействиям и, как следствие, весьма податливы, ими можно управлять посредством слабых воздействий, в результате чего переводить из режима хаотических колебаний на требуемый динамический режим (тем самым стабилизируя их поведение). Существует различные способы преодоления хаотических режимов. Так, в медицине были открыты принципиально новые методы стабилизации работы сердца при появлении аритмий и фибрилляций (Лоскутов, 1998). Сердечная мышца рассматривается как возбудимая система, в которой все элементы обладают идентичными свойствами.

Если некоторую область возбудимой среды начать периодически возмущать, то в этой области возникнет источник концентрически расходящихся волн возбуждения, подобно концентрическим кругам на воде от брошенного камня. Каждый такой элемент способен находиться в одном из трех состояний – покоя, возбуждения и состоянии рефрактерности (релаксации), которое наступает после возбуждения – каждому элементу требуется определенные перерыв, во время которого он восстанавливает свою способность к возбуждению. Из состояния покоя элемент может перейти в возбужденное состояние, в котором будет находиться определенное время. Затем он переходит в состояние рефрактерности и только потом вновь в состояние покоя. Таким образом, переход в возбужденное состояние оказывается возможным лишь из состояния покоя. В результате волна возбуждения распространяется упорядоченно, однако при частой подаче импульсов (или при большом периоде рефрактерности) часть элементов может оказаться блокированными.

Источник возбуждения называют ведущим центром, или пейсмейкером. Если в возбудимой среде существуют несколько пейсмейкеров, то они начинают конкурировать между собой: пейсмейкер меньшей частоты генерации с течением времени подавляется пейсмейкером большей частоты. В идеальной ситуации через определенное время во всей среде останется только один пейсмейкер. Однако в зависимости от частоты поступления импульсов и времени рефрактерности может возникать сложное поведение среды (хаотическая динамика). Еще один возможный источник возбуждения в возбудимых средах – спиральные волны (это «вращающиеся» спирали, имеющие одинаковую частоту) – представляют собой главный тип элементарных самоподдерживающихся устойчивых структур в однородных возбудимых средах. Они всегда сосуществуют между собой, но способны гасить ведущий центр.

Медики связывают аритмию с появлением нескольких источников возбуждения в сердечной мышце, взаимодействие которых приводит к нарушению ритмичных сокращений, а фибрилляцию – с большим числом различных по характеру возмущений, в том числе спиральных, которые могут вращаться в противоположных направлениях. Традиционный способ преодоления состояния фибрилляции – по-

дача короткого электрического импульса высокого напряжения и большого тока. Исходя из теории нелинейных динамических систем, можно обойтись существенно более мягкими средствами: можно подобрать фазу и частоту внешнего воздействия таким образом, что волны начнут двигаться навстречу друг другу и при наложении аннигилируют.

Если предположить подобную схему в социальной системе, где возмущение связано с получением какой-либо информации (периодически приходящей идеи), а элементы системы - люди - могут становиться адептами данной идеи, находиться в стадии разочарования и индифферентности, то можно прогнозировать динамику совместного сосуществования конкурирующих идей: устойчивое вытеснение всех одной (точечный аттрактор) или хаотическое поведение (финальное множество является странным аттрактором). Для того чтобы преодолеть кризис системы, вовсе не обязательно заниматься «шоковой терапией» (как видим, данная метафора имеет вполне обоснованные глубинные ассоциации): необходимо «воздействовать» идеями «нужной частоты». Возможно, интуитивно люди на уровне различных по масштабу социальных систем так или иначе делают что-то подобное (выражение «клин клином вышибают» тому свидетельство). Основная проблема при этом - операциона-лизировать понятие частоты колебания идеи, и это задача будущих исследований. Необходим анализ феноменологии, иллюстрирующей данные принципы. Так, можно привести пример очень быстрой смены религиозной православной идеологии в России на коммунистическую в 1917 г. и обратно в начале 1990-х. Можно предположить, что идеи религиозности и атеизма конкурируют друг с другом и их можно «выводить из игры» какими-то дополнительными внешними (не очень сильными, но очень точными) информационными воздействиями.

Для того чтобы описать конкурентное взаимодействия информационных потоков, Д. С. Чернавский (2004) использовал модель конкуренции биологических видов, существенно ее расширив и связав с информационными процессами. Система уравнений, задающих динамику N различных «условных информаций» (т. е. связанных с массовыми коммуникациями феноменов: например, конкурирующих между собой идеологием, языком, религий) записывается в следующем виде:

$$\frac{dI_i}{dt} = c_i I_i - \frac{b_i I_i^2}{\%} + D_i (p_i, y_i) A_i I_i \quad i = 1, \dots, N.$$

Здесь c_i - коэффициент воспроизводства носителей i -й информации (i -го варианта выбора). Согласно модели, носителями информаций являются люди, и каждый человек оказывается тесно связан со своим выбором (т. е. может сделать только один выбор, который является устойчивым - перестроиться и принять другой вариант достаточно сложно). Коэффициент a_i соответствует «эффекту тесноты», ограничивая рост численности носителей i -й информации, коэффициент b_i описывает степень антагонистических чувств приверженцев выбора варианта; по отношению к приверженцам выбора варианта i , коэффициент D_i - коэффициент диффузии, определяющий способность взаимодействия носителей информации в пространстве.

В зависимости от соотношения параметров в модели могут возникать различные пространственно-временные режимы. В таблице 1 представлены качественно различные ситуации сосуществования трех возможных информационных

Таблица 1
Различные пространственно-временные режимы в ситуации информационной конкуренции

	Обособленные кластеры	Отношение с пониманием	Автоколебания																																																
Паттерны																																																			
Коэффициенты взаимной агрессии b_{ij}	<table border="1"> <thead> <tr> <th>$j \backslash i$</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>1</th> <td></td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <th>2</th> <td>2</td> <td></td> <td>2</td> </tr> <tr> <th>3</th> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	$j \backslash i$	1	2	3	1		2	2	2	2		2	3	2	2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>$j \backslash i$</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>1</th> <td></td> <td>0,4</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <th>2</th> <td>0,4</td> <td></td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <th>3</th> <td>0,4</td> <td>0,4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	$j \backslash i$	1	2	3	1		0,4	0,4	2	0,4		0,4	3	0,4	0,4		<table border="1"> <thead> <tr> <th>$j \backslash i$</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>1</th> <td></td> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>2</th> <td>0</td> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <th>3</th> <td>3</td> <td>0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	$j \backslash i$	1	2	3	1		3	0	2	0		3	3	3	0	
$j \backslash i$	1	2	3																																																
1		2	2																																																
2	2		2																																																
3	2	2																																																	
$j \backslash i$	1	2	3																																																
1		0,4	0,4																																																
2	0,4		0,4																																																
3	0,4	0,4																																																	
$j \backslash i$	1	2	3																																																
1		3	0																																																
2	0		3																																																
3	3	0																																																	

выборов при различных значениях показателей взаимной агрессии b_{ij} ¹. Сторонники каждой информации представлены своим цветом. Изначально распределение по полю квадрата задавалось случайным образом и представляло собой дисперсный набор отдельных точек различных цветов («пестрый ковер»). Для того чтобы нивелировать остальные условия и ввести определенный масштаб, зафиксируем все остальные коэффициенты: $c_i = 1$; $a_i = 0,5$; $D_i = 1$.

а) В условиях повышенной конкуренции между информацией (коэффициенты b_{ij} имеют значимо большие значения по сравнению с c_i , a_i , D_i , значения коэффициентов представлены в таблице 1 в первом столбце [Обособленные кластеры]) формируются пространственные гомогенные кластеры, состоящие только из сторонников какого-то одного из вариантов выбора (однотонные). При этом изначально более сильные и крупные кластеры поглощают мелкие.

б) Режим «отношения с пониманием» имеет место в ситуации, когда параметры межгруппового антагонизма b_{ij} меньше внутрigrуппового (a_i). В итоге возникает единое сообщество. На рисунке во втором столбце таблицы 1 мы имеем однотонный квадрат «смешанного» цвета – это режим симбиоза.

Если сравнить два режима а) и б) – обособленности и понимания, – то видно, что в обоих случаях все значения управляющих параметров $b_{ij} = b$ (равны между собой). При $b < 4,5$ для любых начальных условий финальное множество является «единым сообществом», т. е. система развивается в «толерантном» режиме. Аналогично при $b > 5,25$, какие бы начальные условия ни задавались, система приходит к кластерам. Неоднозначность и чувствительность к начальным условиям возникает, когда параметр b лежит в диапазоне от 4,5 до 5,25. Чем более дисперсной («пестрой»)

1 Отметим, что отношение агрессивности не является симметричным. Приверженцы варианта j по отношению к приверженцам варианта i могут быть толерантными, несмотря на то что последние ведут себя агрессивно.

является система (отсутствуют крупные скопления носителей одной и той же информации) в начальный момент времени, тем больше шансов, что развитие пойдет по пути слияния. Наоборот, при более выраженной группировке в начале система с большей вероятностью окажется в конечном итоге разделенной на кластеры. Таким образом, чем больше изначальная разрозненность представителей разных идеологий, тем меньше шансов, что им удастся объединиться в гомогенные группы. в) Режим циклического вытеснения одних групп другими возникает в случае антисимметричного распределения значений коэффициентов антагонизма: антагонизм первых ко вторым, вторых к третьим и третьих к первым велик, а антагонизм первых к третьим, третьих ко вторым и вторых к первым – мал. На рисунке в соответствующем столбце таблицы 1 представлен одномоментный снимок фазового портрета такого режима. В системе начинается периодическая колебательная реакция. Подобный процесс был открыт в активных средах с восстановлением в химии и получил название реакции Белоусова–Жаботинского (смешивались жидкие вещества в различной концентрации). В данной ситуации могут возникать активные центры и спиральные волны, и процесс смены доминирования сторонников одной информации над сторонниками другой продолжается бесконечно. В качестве возможной ситуации в обществе можно рассмотреть следующую гипотетическую схему¹. Сосуществуют три идеологии:

- коммунистическая (характеризующаяся, с одной стороны, интернационализмом, а с другой – стремлением к жесткой авторитарной власти),
- демократическая (поддерживающая антикоммунистические идеи, но принимающая интернационализм),
- национал-патриотическая (также отрицающая коммунистическую идеологию, но приветствующая стремление к жесткой авторитарной власти).

С определенной долей условности можно говорить о том, что сторонники демократической партии были толерантны к идеям коммунистической партии в части интернациональных отношений, а национал-патриоты заимствовали у демократов антикоммунистические лозунги. В другом направлении была выражена явная антагонистическая позиция демократов по отношению к национал-патриотам, а коммунисты, в свою очередь, смотрели на демократов как на своих главных врагов. Полученный треугольник представлен на рисунке 1.

Таким образом, наступление такого режима, при котором происходит бесконечный колебательный процесс перетекания людей из одной группы в другую, а затем в третью и возвращение на исходную точку зрения, теоретически возможно в ситуации «одностороннего антагонизма», задаваемого таблицей коэффициентов агрессивности из третьего столбца таблицы 1².

- 1 Подчеркнем особо, что схема является условной и с точки зрения политологии нуждается в уточнении, однако может служить хорошей иллюстрацией данной взаимосвязи между идеологическими сторонниками трех различных политических партий. Такой расклад был вполне реален в конце 1980-х–начале 1990-х годов в российском обществе (Петренко, Митина, 1997).
- 2 Подчеркнем, что здесь обсуждаются свойства решений уравнения 1, а не расклад политических сил. Хотя использование данной методологии для анализа политических процессов конкуренции идеи и мнений может быть целесообразно.



Рис. 1. Гипотетическая модель взаимосвязи трех различных идеологий для обеспечения режима автоколебаний. Стрелка с тупым концом соответствует более агрессивному отношению одной группы к другой, стрелка с острым концом – более толерантному отношению

В исследованиях массовой коммуникации данная модель может быть использована для анализа политической динамики. Развитие политических идей предполагает изменение управляющих параметров: повышается сопротивляемость (носители той или иной идеи становятся более опытными в ее отстаивании), усиливаются тенденции привлекать под свои знамена других людей: коэффициенты b_{ij} и b_{ji} соответственно, изменяется расстановка сил внутри носителей политических идей – партий (усиление или ослабление фракционной борьбы).

Второй (эмпирический) подход для корректного использования методов анализа данных хаотических систем требует несколько сотен измерений. Однако достаточно часто скорость протекания процессов в социальных системах сопоставима с реальным временем, и для того чтобы фиксировать многократные значимые изменения показателей, требуются многие годы. На помощь приходит гипотеза эргодичности, согласно которой среднее по времени может быть заменено средним по ансамблю. Можно сделать небольшое количество измерений на большом наборе одновременно реализующихся траекторий, характеризующихся различием начальных условий, и рассматривать все точки в едином фазовом пространстве. Однако данная гипотеза требует обоснования в связи с исследуемой методологией, так как не существует единого мнения о том, насколько правомерно ее использование (см.: Var-Yam, 1997; Петренко, Митина, 1997; Mitina, Abraham, Petrenko, 2001). Мы склонны полагать, что при анализе динамики социальных систем под влиянием СМК эта гипотеза выполняется.

Исходя из этих и многих других результатов «управления» сложными системами, полученных в других исследованиях, есть все основания утверждать, что знание закономерностей самоорганизации может позволить определенным образом влиять на динамику реальных социальных систем. Это непростая задача, но можно надеяться, что объединение ученых разных стран и культур, представляющих различные отрасли научного знания, но озабоченных тем, чтобы мир развивался, а люди, живущие в нем, становились лучше, мудрее, добрее, приведет к синергетическому эффекту, позволяющему интегрированному научному сообществу решить

проблему, непосильную для каждого исследователя в отдельности. В результате точечными, но точными воздействиями можно будет модернизировать ситуацию со СМИ по оптимистическому варианту.

Литература

- Абрахам Ф., Митина О., Хьюстон Д.* Теория хаоса и интернет в эпоху постмодерна // Компьютерра. 2000. № 28. С. 38–41.
- Арутюнова Н. Д., Падучева Е. В.* Истоки, проблемы и категории прагматики // Новое в зарубежной лингвистике. М., 1985. Вып. 16. стр 8–42.
- Бабаян В. Н.* Критический анализ теории дискурса в плане учета молчащего наблюдателя // Ярославский педагогический вестник. № 2. 1997. с. 30–32.
- Бенвенист Э.* Общая лингвистика. М., 1974.
- Буданов В. Г.* Методология синергетики в постнеклассической науке // Грани познания: Наука, философия, культура в XXI веке / Отв. ред. Н. К. Удунян. М.: Наука, 2007. с. 157–198.
- Белавин В. А., Курдюмов С. П.* Режимы с обострением как способ эволюции сложных систем // Российский научный симпозиум «Математическое и компьютерное моделирование социально-экономических процессов». М., 2001. С. 55–65.
- Винтерхофф-Шпурк П.* Медиапсихология. Основные принципы / Пер. с нем. Х.: Изд-во Гуманитарный центр, 2007.
- Греймас А.-Ж., Курте Ж.* Объяснительный словарь теории языка. М.: ИЦ «Академия», 1983.
- Данилов Ю. А., Кадомцев Б. Б.* Что такое синергетика? //Нелинейные волны. Самоорганизация. М.: Наука, 1983. Повторно напечатано в: Данилов Ю. А. Прекрасный мир науки. Сборник. Сост. А. Г. Шадтина. Под общ. ред. В. И. Санюка, Д. И. Трубецкого. М.: Прогресс -Традиция, 2008. с. 130–143
- Демин А. И.* Парадигма дуализма. Пространство – время, информация – энергия. М., 2007.
- Капица С. П.* Синергетика и демография // Режимы с обострением. Эволюция идеи. Законы коэволюции сложных систем». М.: Наука, 1999. С. 236–246.
- Комина Н. А.* Анализ дискурса в интеракциональной социолингвистике // Лингвистический вестник. Вып. 1. Тверь: Тверской государственный университет, 1998.
- Курдюмов С. П. и др.* Режимы с обострением. Эволюция идеи. Законы коэволюции сложных систем. М.: Наука, 1999.
- Лоскутов А. Ю.* Нелинейная динамика, теория динамического хаоса и синергетика (перспективы и приложения) // Компьютерра. 1998. № 47 от 1 декабря. <http://offline.computerra.ru/1998/275/2018>.
- Маклюен М.* Понимание медиа: внешние расширения человека. М.–Жуковский, 2003.
- Милованов В. П.* Синергетика и самоорганизация. Общая и социальная психология. М., 2005.
- Мирский Э.* Организация знания на переднем крае науки // Системные исследования. Методологические проблемы. 1988. С. 225–247.
- Митина О. В.* Идеи нелинейных динамических систем и деятельностный подход // Психология в вузе. 2003. № 1–2. С. 203–215.

- Митина О. В., Петренко В. Ф.* Динамическая модель изменения политического менталитета россиян // Математическое и компьютерное моделирование в науках о человеке и обществе. Тезисы докладов Всероссийской конференции. М., 1999. С. 44–53.
- Митина О. В., Петренко В. Ф.* Динамическая модель изменения политического менталитета россиян // Математическое и компьютерное моделирование в науках о человеке и обществе. Тезисы докладов Всероссийской конференции. М., 1999. С. 44–53.
- Петренко В. Ф.* Психосемантика сознания. Изд. 1, 2. М., 1997, 2005.
- Петренко В. Ф., Митина О. В.* Психосемантический анализ динамики общественного сознания. МГУ, 1997.
- Пригожин И.* Конец определенности, Время, Хаос и Новые законы Природы. Ижевск: РХД, 2000.
- Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Эдиториал УРСС, 2000.
- Рыжова Л. П.* Французская школа анализа дискурса // Тверской лингвистический меридиан. Вып. 1 / Под ред. И. П. Сусова. 1998. С. 84–92.
- Рюэль Д., Такенс Ф.* О природе турбулентности. // Странные аттракторы. М.: Мир, 1981. С. 117–151. Оригинал: *Ruelle D., Takens F.* On the nature of turbulence // *Communications of Mathematical Physics*, 1971, 20: 167–192.
- Физический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983.
- Хакен Г.* Можем ли мы применять синергетику в науках о человеке // Синергетика и психология. Тексты. Вып. 2. Социальные процессы / Под ред. И. Трофимовой. М., 1999.
- Хакен Г.* Синергетика / Пер. с англ. М., 1985.
- Чернавский Д. С.* Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики // *Успехи физических наук*. 2000. Т. 170. № 2. С. 157–183.
- Чернавский Д. С.* Синергетика и информация: Динамическая теория информации. М., 2004.
- Якобсон Р. О.* Язык в отношении к другим системам коммуникации // *Якобсон Р. Избранные работы / Пер. с англ., нем., франц. яз.* М. Прогресс, 1985.
- Abraham F., Gilden A.* Chaos theory in psychology. Westport CT, 1995.
- Abraham F. D., Abraham R. H. & Shaw C. D.* A Visual Introduction to Dynamical Systems Theory for Psychology. Santa Cruz: Aerial Press, Inc., 1990.
- Bar-Yam Y.* Dynamics of complex systems. Reading, MA: Addison-Wesley, 1997.
- Dooley K., Van de Ven A.* Explaining Complex Organizational Dynamics // *Organization Science*. 1999. V. 10. № 3. P. 358–372.
- Guastello S. J.* Chaos, Catastrophe, and Human Affairs: Applications of Nonlinear Dynamics to Work, Organizations, and Social Evolution. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1995.
- Guastello S. J.* Managing emergent phenomena: Nonlinear dynamics in work organizations. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, 2002.
- Gumperz J. J.* Discourse Strategies. Cambridge, 1982.
- Hiltz S. R., Turoff M.* The network nation: Human communication via computer. Reading: Addison-Wesley, 1978.
- Hutchins E.* Organizing Work by Adaptation // *Organization Science*. V. 2. 1991. P. 14–39.

- Isabella L. A.* Evolving Interpretations as a Change Unfolds: How Managers Construe Key Organizational Events // *Academy of Management Journal*. 1990. V. 33. P. 7–41.
- Kilmann R. H., Mitroff I. I.* Problem Defining and the Consulting/Intervention Process // *California Management Review*. V. 21, 1979, № 3. P. 26–33.
- Lyles M. A.* Formulating Strategic Problems: Empirical Analysis and Model Development // *Strategic Management Journal*. V. 2, 1981. P. 61–75.
- Lyotard J.-F.* *The postmodern condition: A report on knowledge*, Manchester: Manchester University Press. 1984.
- McPhee R., Corman S. and K. Dooley.* “Organizational knowledge expression and management: Centering resonance analysis of organizational discourse,” *Management Communication Quarterly*. V. 16 (2). P. 130–136.
- Schutz A.* *Collected Papers I: The Problem of Social Reality*, The Hague: Nijhoff. 1962.
- Shiffrin D.* *Approaches to Discourse*. Cambridge. 1994.
- Weick K., Roberts K.* Collective mind in organizations: heedful interrelating on flight decks. *Administrative Science Quarterly*. V. 38, 1993. P. 357–381.

Синергетический компьютер Хакена как способ формального описания динамики восприятия экспрессий лица

А. В. Жегалло

Исследования восприятия экспрессий лица имеют длительную историю. Их результатом к 70-м годам XX в. стало, с одной стороны, установление мимических паттернов базовых эмоций, успешно распознаваемых независимо от расовых, национальных, половых и других особенностей воспринимающего (Ekman, Friesen, 1975; Izard, 1994), с другой – ряд реконструкций пространства экспрессий лица (Woodworth, Schlosberg, 1954). Это породило полярные точки зрения на механизм восприятия экспрессий лица: представления о дискретном (категориальном) и непрерывном характере восприятия.

Появление в 1990-е годы техники морфинга придало особый импульс решению проблемы дискретности/непрерывности восприятия экспрессий лица (Calder et al, 1996, 1997; de Gelder, 1997; Bruce, Young, 2000; Roberson, Davidoff, 2000; Shiano et al, 2000, 2001, 2004 и др.). Однако сколько-нибудь однозначного результата достичь не удалось. В настоящее время существуют экспериментальные данные, свидетельствующие в пользу как дискретного, так и непрерывного характера восприятия экспрессий лица. Следует отметить, что проводимые исследования направлены преимущественно на рассмотрение конечного результата перцептивного процесса, но не его динамики.

С нашей точки зрения наиболее перспективный путь решения проблемы дискретности/непрерывности следует искать в изучении закономерностей порождения и развития восприятия экспрессий лица.

Примерами подобных исследований могут служить работы В. А. Барабанщикова и Т. Н. Малковой (Барабанщиков, Малкова, 1986), В. А. Барабанщикова и В. Н. Но-суленко (Барабанщиков, Носуленко, 2004), Л. А. Хрисанфовой (Хрисанфова, 2004). В данном контексте весьма полезной была бы математическая модель, описывающая существенные особенности перцептогенеза экспрессий лица. В качестве ее основы нами была использована модель восприятия сложных изображений, предложенная Г. Хакеном (Haken, 2004).

Таким образом, данное исследование может служить иллюстрацией предложенного В. Ю. Крыловым методического приема изучения нелинейных психологических систем: «Сначала выбирается какая-либо базовая модель синергетики, описывающая эволюцию физической, химической или биологической системы.

На основе изучения модели выявляются качественные особенности эволюции данной системы. Далее находится психологическая система, эволюция которой имеет аналогичные особенности. Тогда можно предположить, что исходная базовая модель описывает также и эту психологическую систему, достаточно только интерпретировать величины, входящие в модель, в терминах этой психологической системы» (Крылов, 2000, с. 309).

Базовая модель восприятия Г. Хакена

Синергетический компьютер – предложенная Г. Хакеном модель системы распознавания сложных паттернов. Полное описание, включающее математическую модель и полученные результаты, содержится в работе Хакена «Synergetic Computers and Cognition. A Top-Down Approach to Neural Nets». Первое издание этой книги вышло в 1991 г. (Haken, 1991), второе, доработанное – в 2004 (Haken, 2004). На русском языке основные результаты изложены в работе: Хакен, 2001.

В основе данной модели лежат следующие идеи:

- 1 Концепция ассоциативной памяти, т. е. дополнения неполного набора данных недостающими деталями. Например, с помощью телефонного справочника по фамилии и имени абонента можно восстановить телефонный номер; по фрагменту лица человека – целое лицо, а затем, возможно, его имя или факт знакомства.
- 2 Идея «параметров порядка». Система характеризуется некоторым набором возможных устойчивых состояний, много меньшим, чем число элементов системы. Каждому из этих состояний соответствует параметр порядка, численно характеризующий степень его проявления. Такой подход дает возможность описания эволюции системы как динамики в пространстве параметров порядка. Для модели восприятия эта динамика, соответственно, будет соответствовать ходу процесса распознавания образов.
- 3 Представление об эквивалентности процессов *распознавания паттерна* и *создания паттерна*. В ходе процесса *создания паттерна* происходит постепенный переход всех элементов системы в некоторое упорядоченное состояние, подчинение их единому параметру порядка. Аналогично, в ходе *распознавания паттерна* его фрагмент может породить соответствующий параметр порядка, который подчинит себе параметры порядка, соответствующие другим имеющимся в памяти паттернам, в результате чего фрагмент будет однозначно соотнесен с соответствующим цельным паттерном.

Каждому распознаваемому паттерну в модели Хакена соответствует вектор значений. При этом конкретная семантика паттерна не оговаривается. В экспериментах Хакена каждый элемент паттерна соответствовал отдельной точке (пикселю) изображения, но поскольку дальнейшая работа модели никак не зависит от природы распознаваемого паттерна, возможны и другие варианты.

По набору паттернов-прототипов может быть построена модель, способная распознавать каждый из них по его фрагменту. Каждому паттерну сопоставляется вектор, значениями которого являются величины отдельных признаков изображения (в простейшем случае – уровни яркости отдельных точек изображения).

$$v = \frac{v_2}{\sqrt{N}}$$

$$\sqrt{N}$$

Предварительная обработка полученных векторов состоит в перенормировке, обеспечивающей выполнение условий: $\|v\| = 1$, которое достигается путем преобразования $v = v - \frac{v \cdot v}{\|v\|^2} v$, и $\|v\| = 1$, которое достигается путем деления вектора v на $\|v\|$. В модели Хакена в качестве меры близости между паттернами a и b используется скалярное произведение между перенормированными паттернами $s = \sum_{i=1}^n a_i b_i$, ко-

торое может принимать значения от -1 до 1 (полностью различными оказываются негатив и позитив). Для практических целей (определения близости между достаточно похожими изображениями, так что выполняется условие $s > 0$) оказывается удобно использовать величину $1 - s$, причем двум одинаковым изображениям соответствует значение $1 - s = 0$.

После этапа перенормировки проводится обучение модели. Простейший способ обучения предполагает, что вектора-прототипы изначально заданы в полном объеме. Следует отметить, что в работе Хакена (Haken, 2004) приводятся и другие, более сложные алгоритмы обучения модели, которые позволяют использовать неполные вектора-прототипы.

Задача процедуры обучения в случае полностью определенных векторов-прототипов состоит в построении по набору векторов-прототипов $v^k, k = 1, \dots, M$, где M - число векторов-прототипов, набора псевдообратных векторов v^+ , удовлетворяющих условиям:

Для этого сначала вычисляется матрица $W = [(v^k \cdot v^l)]$, а затем - обратная матрица

$$A = W^{-1}. \text{ Теперь векторы } v^+ \text{ можно рассчитать как } v^+ = \sum_{k=1}^M a_k v^k, \text{ где } a_k \text{ - элементы матрицы } A.$$

После выполнения процедуры обучения модель готова к распознаванию тестовых паттернов. Следует отметить, что в работе Хакена (Haken, 2004) описываются две процедуры распознавания. Первой процедуре соответствует дифференциальное уравнение, описывающее динамику распознаваемого паттерна во времени.

$$\dot{x} = -x + \sum_{k=1}^M L_k \sum_{i=1}^n v_i^+ x_i, \quad (1)$$

где x - тестовый вектор; L_k - параметры внимания, соответствующие векторам-прототипам; $\sum_{i=1}^n v_i^+ x_i$ - параметры порядка, характеризующие степень совпадения распознаваемого вектора с каждым из векторов-прототипов; B и C - константы.

После ряда математических преобразований Хакен сводит динамику распознаваемого паттерна к динамике параметров порядка.

$$\mathbf{M} \quad \mathbf{k} = 1$$

$$\mathbf{M} \mathbf{k} \sim \mathbf{Z} \mathbf{j} * \mathbf{k} \quad (2)$$

Таким образом строится вторая процедура распознавания, описываемая системой дифференциальных уравнений для параметров порядка. Этот прием позволяет значительно снизить сложность процедуры распознавания, поскольку число параметров порядка значительно меньше, чем размерность векторов-прототипов и тестового вектора.

Хакен показал, что с помощью синергетического компьютера можно смоделировать ряд особенностей, присущих человеческому восприятию.

- Распознавание паттернов по их фрагментам (ассоциативная память).
- Бимодальность и мультимодальность восприятия.
- Эффект гистерезиса.
- Особенности распознавания зашумленных изображений, а также изображений, подвергнутых высокочастотной и низкочастотной фильтрации.
- Дифференциацию мужских и женских лиц.
- Распознавание выражений лица.

Последний результат указывает на целесообразность изучения возможностей использования данной модели для описания динамики восприятия экспрессий лица.

Геометрическая интерпретация процесса восприятия в модели Хакена и возможности эмпирической верификации модели применительно к восприятию экспрессий лица

Геометрической аналогией процесса распознавания в модели Хакена может служить движение шарика по многомерному холмистому ландшафту. Координатным осям в этом случае соответствуют отдельные элементы паттерна или параметры порядка. Форма потенциальной поверхности задается таким образом, чтобы динамика движения шарика по поверхности соответствовала ходу процесса распознавания паттерна. Каждая из впадин соответствует одному из паттернов-прототипов, которые модель обучена распознавать. В каждый момент времени считается распознанным тот паттерн-прототип, к впадине которого шарик находится ближе всего. Процесс распознавания завершается, когда шарик скатился в одну из впадин.

Предположим, что восприятие экспрессий лица описывается моделью Хакена, способной распознавать набор базовых экспрессий. Пусть у нас имеются две соседние базовые экспрессии А и В. Соответствующие им впадины разделены гребнем. Пусть в силу каких-то причин размеры этих впадин различны, т. е. психологическая значимость или валентность экспрессий А и В различна, причем экспрессия В более значима, чем экспрессия А. В таком случае некоторые экспрессии, переходные между А и В, на ранних стадиях процесса восприятия будут идентифицироваться как А, а на более поздних - как В (см. рисунок 1).

Построим путем морфинга ряд, в котором начальное и конечное изображение являются базовыми экспрессиями, а промежуточные - переходными между ни-

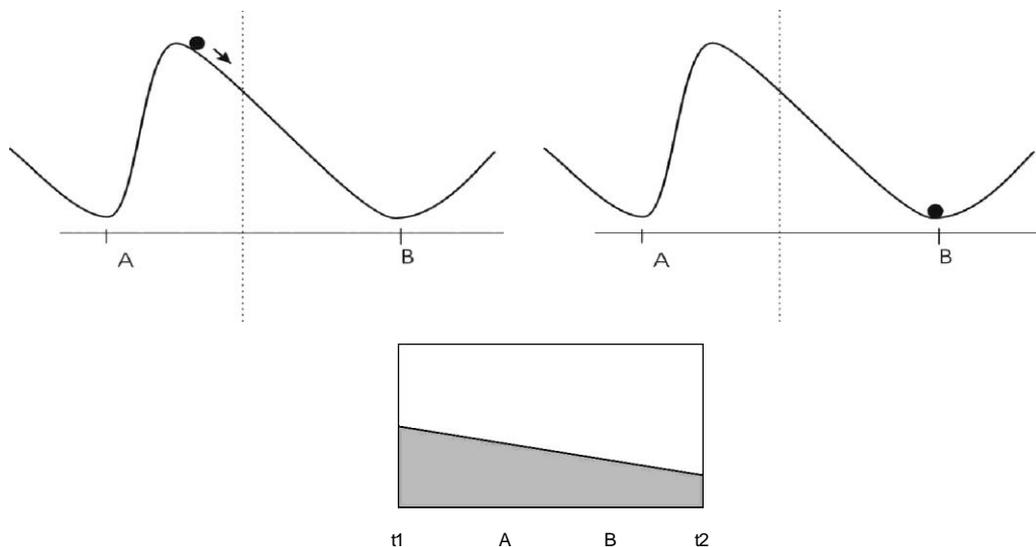


Рис. 1. Динамика процесса восприятия в случае асимметрии между соседними устойчивыми состояниями А и В; а – начальная стадия процесса (время t_1), паттерн идентифицируется как А; б – конечная стадия процесса (время t_2), паттерн идентифицируется как В; в – зависимость от времени доли паттернов, идентифицируемых как А и В

ми. Для проверки нашего предположения требуется для каждого из полученных изображений определить, как оно идентифицируется на разных стадиях процесса восприятия. Сделать это можно двумя способами: прямым – путем решения испытуемыми задачи идентификации с варьируемым временем экспозиции и косвенным – путем решения дискриминационной задачи, т. е. задачи на различение пары соседних изображений в переходном ряду.

Эмпирическая верификация – решение задачи идентификации

В проведенном нами исследовании (Барабанщиков, Жегалло, 2007а) в качестве стимульного материала были использованы переходные ряды между фотоэталонами слабо выраженных экспрессий по Экману (Ekman, Freisen 1975; Ekman, 2004) – «радость – нейтральное выражение» и «горе – нейтральное выражение».

Каждый ряд состоял из 15 изображений. Эталонными изображениями служили графические схемы, соответствующие экспрессиям радости, горя и нейтрального лица по В. А. Барабанщикову и Т. Н. Малковой (в адаптации Л. А. Хрисанфовой).

Для проведения эксперимента была разработана тахистоскопическая программа на базе графической библиотеки Allegro. В ходе эксперимента на экране предъявлялись два лица. Левое – целевое, имеющее нейтральное выражение. Правое – эталонное, представлявшее собой графическую схему, соответствующую одной из экспрессий. Угловые размеры изображений при расстоянии до экрана 50 см. составляли $7^\circ \times 9^\circ$. При нажатии клавиши «пробел» нейтральное левое лицо на заданный интервал времени сменялось лицом с экспрессией той или иной степени

выраженности, а затем снова становилось нейтральным. После этого испытуемый должен был выбрать один из вариантов ответа: «-1» – предьявленная экспрессия левого лица не соответствовала эталону; «0» – ответ затруднителен; «+1» – предьявленная экспрессия левого лица соответствовала эталону.

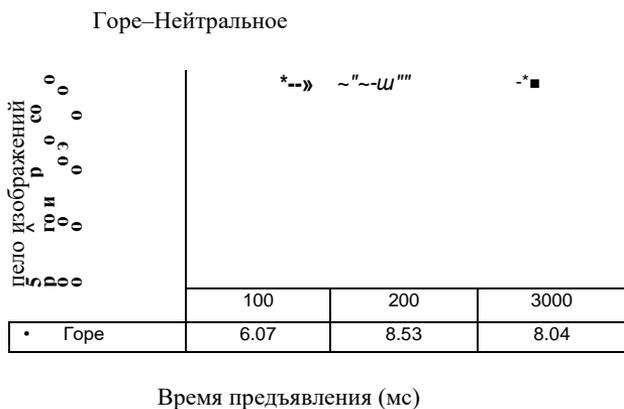
Варьировались следующие условия: время предьявления: 100 мс, 200 мс, 3 с. Комбинация переходного ряда и правого эталонного изображения: для каждого из двух переходных рядов в качестве эталонных использовались графические схемы, соответствующие экспрессиям, на основе которых был построен ряд. Таким образом, весь эксперимент состоял из 12 серий по 15 предьявлений в каждой. Изображения внутри серий предьявлялись в псевдослучайном порядке. Серии следовали в порядке увеличения времени предьявления.

Первичные данные представляли собой формируемые тест-программой лог-файлы, в которых фиксировались ответы испытуемых. Путем их анализа для каждой серии определялось число изображений, идентифицированных как соответствующие эталонному. На этой основе формировался сводный файл, который затем обрабатывался в программе SPSS. Наличие значимых различий в числе изображений, идентифицированных как соответствующие эталонному, при разном времени экспозиции, а также наличие значимых различий между динамикой идентифи-



Эталон – радость 100–200 мс: $p < 0,001$ 200 мс – 3 с: $p < 0,001$ разница между этапами: $p < 0,001$

Эталон – нейтральное 100–200 мс: $p = 0,466$ 200мс–3 с: $p < 0,001$ разница между этапами: $p < 0,001$



Эталон – горе 100–200 мс: $p < 0,001$ 200 мс – 3 с: $p = 0,247$ разница между этапами: $p = 0,002$

Эталон – нейтральное 100–200 мс: $p = 0,016$ 200 мс – 3 с: $p < 0,001$ разница между этапами: $p < 0,001$

Рис. 2. Динамика числа изображений, идентифицированных как соответствующие эталонному

—■— Нейтральное	5.17	3.92	6.13
-----------------	------	------	------

кации на этапах [100–200 мс] и [200 мс–3 с] проверялось с помощью Т-критерия Вилкоксона (непараметрический метод для двух зависимых выборок).

Полученные результаты (см. рисунок 2) показывают, что характер динамики восприятия экспрессий лица на интервалах [100 мс–200 мс] и [200 мс–3 с] различен.

Первый интервал характеризуется увеличением числа изображений, распознанных как соответствующие эталонам – экспрессиям радости и грусти и уменьшением (или постоянством) числа изображений, распознанных как соответствующие нейтральному эталону. Для второго интервала наблюдается обратная картина: уменьшение (или постоянство) числа изображений, распознанных как соответствующие эталонам – экспрессиям радости и грусти и увеличение числа изображений, распознанных как соответствующие нейтральному эталону.

Результаты эксперимента в целом согласуются с концепцией этапов процесса восприятия В. А. Барабанщикова (Барабанщиков, 2002). Динамика процесса на первом этапе (100–200 мс; формирование исходного образа экспрессии) и на втором этапе (200 мс – 3 с; формирование уточненного образа) значимо различается.

Прямое сопоставление результатов эксперимента с ранее полученными данными (Барабанщиков, Малкова, 1986; Барабанщиков, 2002) затруднено в силу разного характера стимульного материала. Изображения, использовавшиеся в описываемом эксперименте для построения переходного ряда, отличались значительно меньшей выраженностью экспрессий, чем в работе В. А. Барабанщикова и Т. Н. Малковой. Фактически, на них не было ни одного признака высокой (3 балла по В. А. Барабан-щикову) выраженности. В результате морфинга выраженность признаков экспрес-сий была дополнительно уменьшена, так что полученные результаты, по-видимому, следует рассматривать как относящиеся к слабо выраженным (1 балл) признакам. Если, исходя из анализа стимульного материала, дополнительно предположить, что испытуемые в основном ориентировались на признаки, локализующиеся в нижней части лица, то результаты эксперимента правомерно сравнивать с данными по точности опознания слабо выраженных признаков в нижней части лица. В этом случае прослеживаемые тенденции качественно совпадают.

Эмпирическая верификация – решение дискриминационной задачи

Для изучения точности различения смежных изображений в переходном ряду нами (Барабанщиков, Жегалло, 2007б) была использована последовательная дискриминационная АВХ-задача, традиционно применявшаяся при изучении категориальности восприятия звуков (Lieberman, 1957), а позже – и при изучении категориальности восприятия экспрессий лица (Etcoff, Magee, 1992; Calder et al., 1996).

На экране последовательно демонстрируются три изображения лица, принадлежащие к одному и тому же переходному ряду, разделяемые шумовой маской (см. рисунок 3). Испытуемые должны определить, с какой из двух – первой или второй – совпадает третья экспрессия. Полученные результаты – более точное решение АВХ задачи для пар, находящихся в середине переходного ряда (возникающее за счет того, что в этом случае смежные изображения относятся к разным категориям), рассматриваются как свидетельство категориального характера восприятия экспрессий лица, а максимум точности решения – как позиция границы между категориями (между экспрессиями).

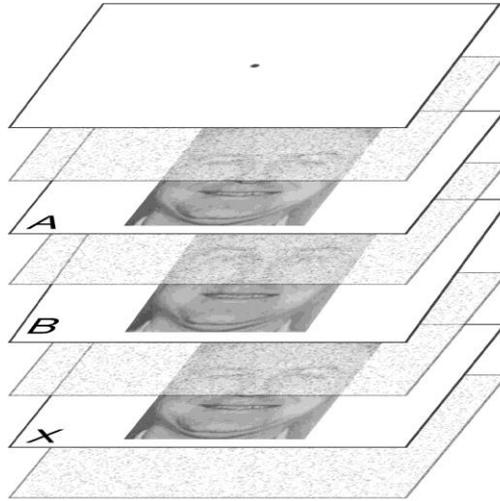


Рис. 3. Последовательная дискриминационная АВХ-задача

В качестве стимульного материала нами использовались переходные ряды между фотоизображениями ярко выраженных экспрессий по Экману (Ekman, 2004; Ekman, Freisen, 1975). Каждый ряд включал два опорных изображения, соответствующие «чистым» экспрессиям, и четыре промежуточных. Ряды строились таким образом, чтобы соседние изображения были эквидистантны по Хакену (равенство перенормированных скалярных произведений). Эксперимент состоял из тренировочной и основной частей. В тренировочной части использовался переходный ряд «страх–удивление», 5 пар, предъявляемых в 4 вариантах (1, 2, 1; 1, 2, 2; 2, 1, 1; 2, 1, 2), что составляло 20 предъявлений. В основной части использовались переходные ряды «радость–страх», «страх–гнев», «гнев–радость», в общей сложности 15 пар, предъявляемых в 4 вариантах, что составляло 60 предъявлений.

Последовательность из тренировочной и основной частей повторялась 3 раза при разном времени экспозиции изображений лица (750 мс, 300 мс и 100 мс). Время экспозиции шумовой маски во всех случаях составляло 500 мс. Точность экспозиции составляла ± 12 мс (1 кадр при частоте кадровой развертки 85 Гц). Угловые размеры изображений при расстоянии до экрана 50 см – $7^\circ \times 9^\circ$.

В эксперименте участвовали 138 человек – студенты Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского (100 женщин и 38 мужчин) в возрасте от 18 до 22 лет.

Результаты эксперимента представляли собой лог-файлы в CSV (comma separated values) формате. На их основе формировались сводные таблицы, включавшие данные по всем испытуемым. Дальнейший статистический анализ осуществлялся в программе SPSS.

Наличие зависимости точности решения задачи от номера пары в переходном ряду устанавливалась с использованием критерия P^2 (непараметрический метод для номинальных данных). Зависимой переменной являлась характеристика ответа (Ok): верный – «1», неверный – «0». В качестве независимой переменной

выступал номер пары в переходном ряду (n). Анализ проводился по отдельности для каждой комбинации времени экспозиции и переходного ряда.

Полученные результаты свидетельствуют, что точность решения дискриминационной задачи зависит от длительности экспозиций и положения пары в переходном ряду (рисунок 4). Для переходных рядов «радость–страх» и «страх–гнев» значимая зависимость точности решения от номера пары наблюдается при всех временах предъявления: 750 мс, 300 мс и 100 мс. При этом позиция, соответствующая максимальной точности решения, не остается неизменной. Для переходного ряда «радость–страх» она смещается от 3-й пары при 300 и 100 мс ко 2-й паре при 750 мс. Для переходного ряда «страх–гнев» происходит смещение от 8-й пары (100 мс) к 9-й (при 300 и 750 мс). Для переходного ряда «гнев–радость» значимая зависимость точности решения от времени предъявления выявлена только при временах предъявления 300 мс и 100 мс. Максимум в обоих случаях соответствует 13-й паре, но при 100 мс он выражен более четко. Для использовавшегося в тренировочной серии переходного ряда «страх–удивление» значимой зависимости точности решения от номера пары не выявлено.

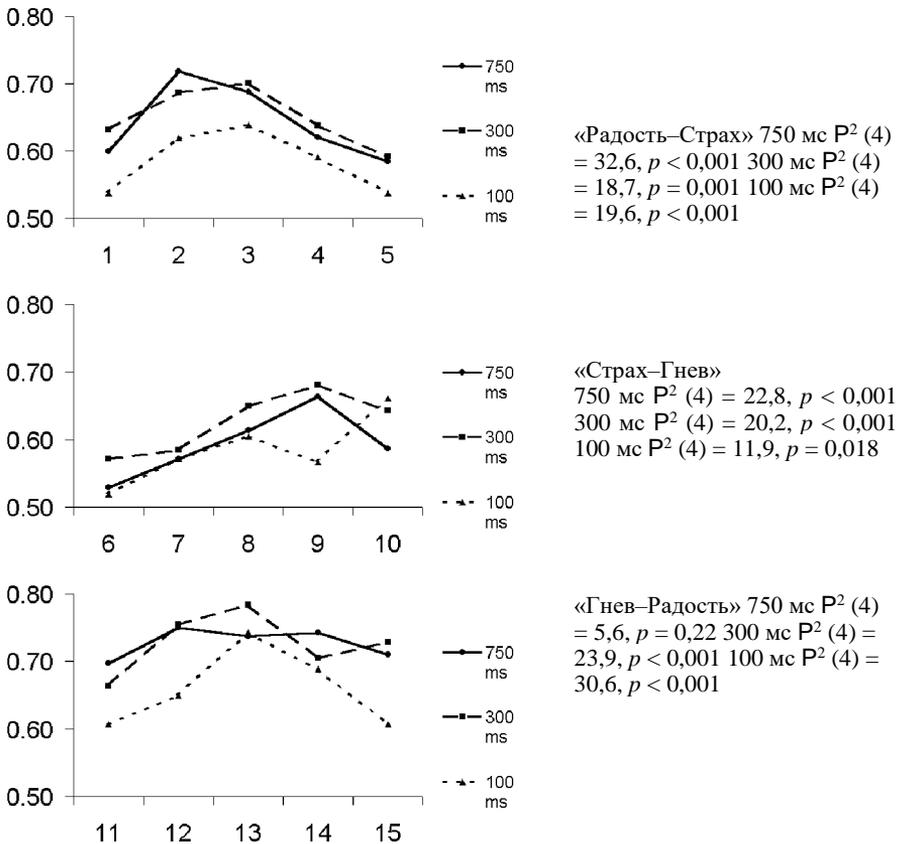


Рис. 4. Точность решения последовательной дискриминационной АВХ-задачи

Полученные результаты позволяют сделать выводы об относительной валентности (субъективной значимости) экспрессий. Валентность экспрессии страха оказывается выше, чем равнозначных экспрессий радости и гнева. Это проявляется в увеличении числа переходных экспрессий, идентифицируемых как страх, при увеличении времени экспозиции.

Анализ результатов

Результаты проведенных экспериментов показывает, что синергетический компьютер Хакена может быть использован как ядро модели, описывающей перцеп-тогенез экспрессий лица. В рамках данной модели можно предложить следующее решение проблемы дискретности/непрерывности восприятия экспрессий лица:

- Имеется **дискретный** набор базовых экспрессий, определенным образом соотносящихся друг с другом.
- Границы между соседними базовыми экспрессиями могут меняться **непрерывным** образом.

В то же время содержательная сторона динамики в эксперименте, связанном с идентификацией экспрессий, не может быть воспроизведена в рамках базовой модели Хакена. Для решения этой задачи необходимо дополнение модели Хакена блоком выделения макропризнаков и обеспечение возможности работы с неодновременного формирующимся входным паттерном. В таком случае наблюдаемая динамика процесса объясняется тем, что к 100 мс процесс выделения макропризнаков еще не завершен. К 200 мс этот процесс завершается, что вызывает увеличение числа изображений, соответствующих экспрессиям радости и грусти.

Дальнейшее развитие и уточнение модели, на наш взгляд, в первую очередь, связано с решением следующих задач:

Во-первых, определение объема первичных признаков. К сожалению, эксперименты, связанные с решением задач идентификации и дискриминации, могут дать лишь косвенную информацию о первичных признаках. Полученные нами к настоящему времени результаты показывают, что фотоизображения, принадлежащие к переходным рядам, построенным на базе слабо выраженных экспрессий, дифференцируются не хуже, чем для случая сильно выраженных экспрессий.

Во-вторых, базовая модель Хакена описывает только восприятие статических паттернов. Описание восприятия динамически меняющихся паттернов и предсказание соотношения результатов выполнения задач идентификации и дискриминации требуют дальнейшей доработки модели.

Литература

- Барбаничиков В. А.* Восприятие и событие. СПб.: Алетейя, 2002.
- Барбаничиков В. А., Жегалло А. В.* Качество восприятия эмоционального состояния лица и основы его моделирования // Методы исследования психологических структур и их динамики. Вып. 4 М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007а. С. 92 –116.
- Барбаничиков В. А., Жегалло А. В.* Детерминанты категориальности восприятия экспрессий лица // Вестник Московского государственного областного университета, серия «Психологические науки». 2007б. № 3 С. 82–93.

А. В. Жегалло

- Барабаничиков В. А., Малкова Т. Н.* Зависимость точности идентификации экспрессии лица от локализации мимических проявлений // Вопросы психологии. 1986. № 5. С. 131–140. *Барабаничиков В. А., Носуленко В. Н.* Системность. Восприятие. Общение. М.: ИП РАН, 2004. *Крылов В. Ю.* Психосинергетика как возможная новая парадигма психологической науки // Психологический журнал. 1998. № 3. С. 56–62. *Крылов В. Ю.* Методологические и теоретические проблемы математической психологии. М.: Янус-К, 2000. *Хакен Г.* Принципы работы головного мозга: Синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивной деятельности. М.: ПЕР СЭ, 2001. *Хрисанфова Л. А.* Динамика восприятия экспрессий лица: Дис. ... канд. психол. наук. М.: ИП РАН, 2004. *Bruce V., Young A.* In the eye of beholder. The science of face perception. N. Y.: Oxford University Press, 2000. *Calder A. J., Young A. W., Perrett D. I., Etcoff N. L., Roland D.* Categorical Perception of Morfed Facial Expressions // Visual Cognition. 1996. 3 (2). P. 81–117. *Gelder B., Teunisse J-P., Benson P.* Categorical Perception of Facial Expressions: Categories and their Internal Structure // Cognition and Emotion. 1997. Vol. 1. P. 1–23. *Ekman P.* Emotions revealed. N. Y.: An Owl Book, 2004. *Ekman P., Friesen W.* Unmasking the face. N. Y.: Prentice-Hall, 1975. *Etcoff N. L., Magee, J. J.* Categorical perception of facial expressions // Cognition. 1992. V. 44. P. 281–295. *Haken H.* Synergetic Computers and Cognition. A Top-Down Approach to Neural Nets. Berlin: Heidelberg; N. Y.: Springer, 1991. *Haken H.* Synergetic Computers and cognition. A Top-Down Approach to Neural Nets. Second Enlarged Edition. Springer-Verlag, 2004. *Izard C. E.* Innate and universal facial expressions: Evidence from developmental and cross-cultural research // Psychological Bulletin. 1994. V. 115. P. 228–299. *Lieberman A. M., Harris K. S., Hoffman H. S., Griffith B. C.* The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries // Journal of Experimental Psychology. 1957. V. 54. P. 358–368. *Roberson D., Davidoff J.* The categorical perception of colors and facial expressions: The effect of verbal interference // Memory & Cognition. 2000. V. 28. P. 977–986. *Schiano D. J., Ehrlich S. M., Sheridan K.* Categorical perception of facial affect: an illusion // Ext. abstracts, CHI'2001. N. Y.: ACM, 2001. P. 299–300. *Schiano D. J., Ehrlich S. M., Sheridan K.* Categorical imperative not: facial affect is perceived continuously // Conference on Human Factors in Computing Systems' 2004. N. Y.: ACM, 2004, P 49–56. *Schiano D. J., Ehrlich S. M., Rahardja K., Sheridan K.* Face to interface: facial affect in (hu)man and machine // Proc. CHI'2000. N. Y.: ACM, 2000. P. 193–200. *Schiano D. J., Ehrlich S. M., Rahardja K., Sheridan K.* Measuring and modeling facial affect // Behaviour Research Methods, Instruments & Computers. 2000. Vol. 32. P. 505–514. *Woodworth R., Schlosberg H.* Experimental psychology. N. Y.: Holt, 1954.

Исследование структуры индивидуальной устойчивости к стрессу методами конфирматорного факторного анализа

Б. Б. Величковский

Устойчивость к стрессу как системное свойство личности. Устойчивость к стрессу представляет собой психическое образование, теоретическая и особенно практическая значимость которого не вызывает никакого сомнения ни у психолога-профессионала, ни у наивного в вопросах психологии наблюдателя. Под устойчивостью к стрессу обычно понимают способность человека эффективно преодолевать возникающие затруднения без негативных последствий для физического и психического здоровья (Бодров, 2006). При этом устойчивость к стрессу рассматривается как системное свойство личности, т. е. как мультикомпонентное свойство, характеризующееся особой системой взаимосвязей между элементами, принадлежащими разным уровням индивидуальной организации (Величковский, 2007, Субботин, 1992, Реан и др., 2006).

Акценты при изучении устойчивости к стрессу претерпели с ходом времени существенные изменения. Первоначально в центре внимания исследователей находились организменные и темпераментальные особенности человека, однако проследить устойчивую связь этих переменных со способностью успешно противодействовать влиянию стрессоров не удалось (Рождественская, 1980). В связи с этим большой интерес сегодня вызывают когнитивные переменные и переменные социальной среды, опосредующие стрессовую реакцию (Анцыферова, 1994; An-tonovsky, 1987). В рамках настоящей работы в качестве центральной предпосылки устойчивости к стрессу рассматриваются характеристики *первичных и вторичных оценок*, порождаемых в ходе развертывания стрессовой транзакции (Lazarus, 1993). Чтобы понять, на чем основывается такой подход, следует рассмотреть представления о возникновении неблагоприятных стрессовых последствий, развиваемые в доминирующих сегодня когнитивно-транзактных теориях стресса.

В своем классическом варианте, когнитивно-транзактные теории исходят из понимания стресса как многомерного процесса, проходящего ряд четко определенных стадий. Переменные первой стадии характеризуют предпосылки развития стрессовой реакции. Речь прежде всего идет о стрессорах – факторах внешней среды, представляющих собой потенциальную или актуальную угрозу для субъективно

Исследование было осуществлено при финансовой поддержке РГНФ, грант № 08-06-00342а.

важных ценностей. Кроме того, к предпосылкам стрессового процесса относятся личностные и организменные факторы, а также факторы социального и материального окружения. Факторы, относящиеся к последним двум категориям, составляют тот контекст, в котором осуществляется воздействие стрессоров на человека. Вторая стадия включает в себя процессы когнитивной оценки, определяющие то, как именно имеющиеся стрессогенная ситуация воспринимаются субъектом стрессового взаимодействия. Согласно Р. Лазарусу с коллегами (Lazarus, Folkman, 1987), когнитивные оценки могут быть двух видов – первичные и вторичные. Первичные оценки – это оценки стрессоров и того деструктивного потенциала, который они несут в себе. Вторичные оценки – это оценки собственных ресурсов человека (энергетических, интеллектуальных, временных и т. д.) по преодолению действия стрессоров. На основе полученных оценок на третьей стадии реализуются те или иные стратегии совладания (копинг-стратегии), т. е. конкретные способы преодоления имеющегося затруднения. Конкретные стрессовые реакции приводят к развитию кратковременных и долговременных последствий стресса, составляющих содержание четвертой стадии. Неблагоприятные последствия стресса могут наблюдаться на всех уровнях индивидуальной организации – соматическом, поведенческом, личностном. Развивающиеся негативные последствия стресса, такие как стресс-индуцированные соматические расстройства или личностные деформации, оказывают влияние на процессы, разворачивающиеся на предыдущих стадиях, становясь, в частности, дополнительными предпосылками новых стрессовых транзакций.

Важнейшим тезисом когнитивно-транзактных моделей стресса (Китаев-Смык, 1983; Lazarus, 1966) является следующее положение о причинах возникновения дистресса: *дистресс возникает в том случае, если ситуация расценивается как требующая преодоления, а ресурсы по ее преодолению – как недостаточные*. Таким образом, при анализе возникновения стресса центральную роль играет анализ характера отдельных оценочных процессов и их взаимодействия, относящихся ко второй фазе стрессового процесса. О высокой устойчивости к стрессу можно говорить в тех случаях, когда широкий диапазон затруднительных ситуаций приводит к порождению благоприятных первичных и вторичных оценок, что в свою очередь препятствует возникновению разрушительных последствий стресса и способствует конструктивному взаимодействию со стрессором. Следовательно, анализ устойчивости к стрессу может быть сведен к анализу первичных и вторичных когнитивных оценок и их личностных и средовых предпосылок.

Каталогизация содержаний первичных оценок представляет собой значительные, возможно, даже непреодолимые затруднения в силу бесконечного разнообразия самих затруднительных ситуаций (хотя в последних работах Р. Лазаруса предпринимались попытки создания такой классификации путем выделения типичных сценариев взаимодействия между человеком и средой – *core emotional themes*). Более перспективным представляется подход, связывающий степень стрессогенности ситуации с той эмоциональной реакцией, которую она вызывает у субъекта стрессовой транзакции. При этом эмоции рассматриваются как своеобразный «универсальный код», позволяющий свести все многообразие оценок конкретных затруднительных ситуаций к ограниченному набору эмоциональных проявлений. Одной такой «универсальной оценочной системой» может служить

система, включающая когнитивно-аффективные комплексы тревоги, депрессии и агрессии.

Р. Лазарус и его коллеги (Lazarus, Folkman, 1987) выделили три класса первичных оценок, возможных при столкновении с жизненными затруднениями: нейтральную (ситуация не затрагивает лично значимых ценностей), позитивно-доброкачественную (неординарная жизненная ситуация связана с «приумножением» лично значимых ценностей – например, с достижением значимой цели) и собственно стрессовую (ситуация требует преодоления). Оценки стрессового типа принимают, в свою очередь, следующие формы: (а) оценка угрозы (существует потенциальная опасность потери лично значимой ценности); (б) оценка вреда/потери (лично значимая ценность утеряна); (в) оценка «вызова» (затруднительная ситуация рассматривается как содержащая потенциальную возможность личностных приобретений, а ее исход – как зависящий от собственных усилий). Из приведенного списка следует, что сниженная устойчивость к стрессу может быть связана только с преобладанием оценок типа угрозы и вреда/потери. Другие виды оценок либо не изменяют эмоциональный статус человека, либо характеризуются стеническими реакциями.

Связь когнитивно-аффективного комплекса тревоги с оценками типа угрозы легко прослеживается (Китаев-Смык, 1983; Ханин, 1982). Реакция гнева возникает в ситуации, оцениваемой по типу вреда/потери, причем ответственность за причиненный вред приписывается внешнему агенту (Изард, 1999; Spielberger et al., 1985). Комплекс депрессивных переживаний также порождается в результате воспринимаемого вреда/потери, но в этом случае они приписываются собственной адаптационной неадекватности, а вероятность их спонтанной нейтрализации расценивается как крайне низкая (Изард, 1999; Kovacs, Beck, 1979). Следует также отметить, что в реальных условиях конкретная оценка затруднительной ситуации часто включает элементы всех перечисленных эмоциональных компонентов. В целом когнитивно-аффективные комплексы тревоги, депрессии и агрессии отражают возможные исходы оценочных процессов безотносительно к предметной специфике самих затруднительных ситуаций.

Формирование исчерпывающего каталога ресурсов совладания с целью создания системы репрезентации исходов вторичных оценок также наталкивается на значительные сложности в силу их широкого разнообразия. Вместе с тем принципиально важным в контексте оценки уровня индивидуальной устойчивости к стрессу представляется обращение к понятию функциональных ресурсов как резервных возможностей организма по преодолению затруднений (Бодров, 2006). Под функциональными ресурсами понимается доступный для актуализации потенциал внутренних средств деятельности, обеспечивающий решение стоящих перед субъектом поведенческих задач (Медведев, 1982). Фундаментальную роль в обеспечении высокого уровня устойчивости к стрессу играет уровень «энергетического обеспечения деятельности», понимаемый как ресурс доступной психофизиологической мобилизации и связываемый с понятием уровней активации и бодрствования.

На основе проведенного анализа может быть предложена следующая модель устойчивости к стрессу (рисунок 1). Минимально необходимыми компонентами устойчивости к стрессу являются первичные и вторичные оценочные процессы.

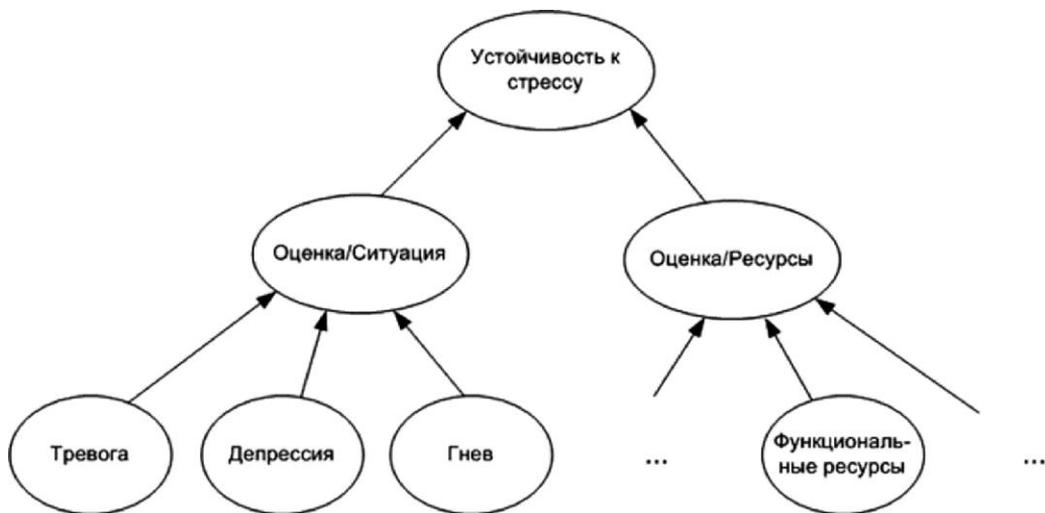


Рис. 1. Концептуальная модель устойчивости к стрессу, разработанная с учетом положений когнитивно-транзактного подхода

Высокая устойчивость к стрессу обеспечивается таким соотношением оценочных процессов, при котором произвольная затруднительная ситуация оценивается как мало стрессогенная, а ресурсы совладания – как достаточные для ее преодоления. В терминах рассматриваемых нами описательных систем такое соотношение оценочных процессов выражается в том, что выраженность проявлений тревоги, депрессии и агрессии оценивается как низкая, а уровень функциональных ресурсов оценивается как высокий. Для низкой устойчивости к стрессу характерно обратное соотношение оценочных процессов. В остальной части настоящей работы данная теоретическая модель будет подвергнута эмпирическому анализу. Наиболее подходящим для этого методом является метод конфирматорного факторного анализа. **Конфирматорный факторный анализ.** В основе развития методов конфирматорного факторного анализа (КФА) лежит стремление получить количественную оценку статистической значимости заданной а priori факторной структуры для набора индикаторных переменных (Митина, 2006; Brown, 2006). Гипотезы о факторной структуре включают в себя утверждения о количестве латентных факторов, нагрузках наблюдаемых индикаторов по латентным факторам, а также о знаке и величине межфакторных корреляций. Типичной сферой применения КФА является, например, проверка предположения об одномерности измеряемого конструкта при конструировании психологических тестов. Преимуществом данного статистического метода перед методом эксплораторного факторного анализа является возможность в явной форме указать гипотетическую факторную структуру и проверить ее согласованность с имеющимися эмпирическими данными. При эксплораторном факторном анализе априорные предположение о возможной факторной структуре не выдвигаются, и оценить количественно степень их соответствия эмпирическим данным невозможно.

Процедура КФА включает в себя четыре этапа. На первом этапе формулируется модель, описывающая структурные взаимоотношения между индикаторными переменными, латентными факторами, а также между индикаторными переменными и латентными факторами. На втором этапе осуществляется подбор значений свободно определяемых параметров модели (например, факторных нагрузок) с целью максимизации соответствия между теоретической (генерируемой на основании модели) и эмпирической дисперсионно-ковариационной матрицами. На третьем этапе проводится оценка степени сходства между обеими матрицами. Результатом третьего этапа является расчет т. н. индексов соответствия (fit indices). Четвертый этап сводится к принятию решения о степени эмпирической обоснованности модели.

Следует отметить, что общепринятой методики принятия решения о степени эмпирической обоснованности модели не существует. Тем не менее, существуют некоторые общие правила, позволяющие отличить хорошо обоснованные модели от недостаточно обоснованных, причем обычно происходит сопоставление информации из нескольких равноценных источников (Brown, 2006). Сравнительная оценка эмпирической обоснованности может опираться на следующие критерии:

- удовлетворительные значения индексов соответствия (например, $CFI > 0,95$, $SRMR < 0,05$, $R^2 MSE A < 0,08$);
- отсутствие областей локального несоответствия (определяемых тестам Валь-да и мультипликатора Лагранжа);
- концептуальная обоснованность модели и легкость интерпретации (согласованность с теорией, отсутствие противоречивых факторных нагрузок и т. д.).

В целом следует отметить, что переход от эксплораторных методов анализа факторных структур к конфирматорным представляет собой значительное улучшение исследовательской практики (Митина, 2007). Действительно, эксплораторные методы относятся, скорее, к методам генерации гипотез. Факторные структуры, получаемые в результате их применения, вычлняются из имеющихся данных *a posteriori*. В целом, такой подход хорошо согласуется с индуктивным подходом в науке, когда научное знание расширяется за счет построения новых гипотез на основе выделения эмпирических закономерностей. В этом смысле КФА преследует иную цель, служа методом реализации дедуктивной функции науки. Данный метод позволяет количественно проверять утверждения, дедуктивно выводимые из построенных ранее теорий. Гносеологическая ценность проверки заранее сформулированных количественных теорий, конечно, крайне высока. В этом смысле переход к методам КФА представляет собой существенный шаг вперед при исследовании сложных личностных образований – таких, например, как устойчивость к стрессу.

Методика исследования. В исследовании приняли участие 751 человек (из указанных пол 22 % обследованных были женщинами) в возрасте от 19 лет до 61 года. Обследованная выборка включала в себя две подвыборки: подвыборку сотрудников МВД РФ ($N = 662$) и подвыборку пациентов психиатрических клиник г. Москвы, госпитализированных с диагнозом вегето-сосудистая дистония ($N = 89$). Среди сотрудников МВД выделялись обследованные, не принимавшие участие в боевых действиях на Северном Кавказе ($N = 345$), и обследованные, принимавшие участие в боевых действиях ($N = 317$). Среди обследованных сотрудников МВД, принимав-

ших участие в боевых действиях, также выделялись обследованные, получившие высокую экспертную оценку деятельности в сложных условиях ($N = 50$), а также обследованные, деятельность которых, согласно экспертной оценке, характеризовалась наличием поведенческих «срывов» ($N = 70$).

Выбор подобного контингента обследованных был продиктован следующими соображениями. Для изучения феноменов устойчивости к стрессу целесообразно использовать популяции, для которых типично длительное воздействие достаточно интенсивных стрессоров. В этих условиях вероятность обнаружения долговременных объективных свидетельств неэффективной адаптации значительно возрастает. Естественный способ получения такой популяции состоит в обращении к профессиям, характеризующимся повышенной уровнем ответственности, сложными условиями труда, возможным риском для жизни и пр. Подвыборка сотрудников МВД отвечает указанному требованию и содержит обследованных с объективно различным уровнем устойчивости к стрессу – крайне высоким, нейтральным и сниженным. Подвыборка пациентов с диагнозом вегето-сосудистая дистония играет особую роль. В настоящее время данная нозология относится к категории болезней стрессовой этиологии и отражает дисфункции в механизмах вегетативной регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы невротического типа (Вейн, 1998). Таким образом, речь идет о лицах с резко сниженным уровнем сопротивляемости к стрессу, что выражается в соматизации негативных проявлений стресса и частичной потере дееспособности. В целом обследованная выборка крайне гетерогенна относительно индивидуального уровня устойчивости к стрессу.

Обследование выборки сотрудников МВД проводилось нами в тесном взаимодействии с Кадровым департаментом МВД РФ в г. Москве. Сброшюрованные опросные листы рассылались по региональным управлениям МВД РФ, где опрос проводился под наблюдением представителей локальных кадровых служб. Перед проведением опроса участники информировались о том, что собранные сведения не будут иметь каких-либо последствий для их профессиональной деятельности. Заполненные опросные брошюры централизованно пересылались в Кадровый департамент МВД, откуда поступали к автору. Обследование выборки пациентов психиатрических клиник проводилось нами совместно с сотрудниками лаборатории психологии труда факультета психологии МГУ им. М. В. Ломоносова. Больные, находящиеся на лечении в стационаре, проходили тестирование в специально отведенном помещении. Перед началом заполнения опросной брошюры они получали подробные объяснения от психолога, проводящего обследование. В случае возникновения вопросов или затруднений при заполнении анкет они могли получить дополнительную консультацию.

При реализации упоминавшейся выше теоретической модели устойчивости к стрессу использовался диагностический комплекс, включающий 5 методик: русскоязычные адаптации опросников «State-trait Anxiety Inventory» (Ханин, 1982), «State-trait Depression Inventory» (Диагностика эмоций и стресса..., 2005) и «State-trait Anger Inventory» (Диагностика эмоций и стресса..., 2005), а также опросники «Шкала состояний» (Леонова, 1984) и «Хроническое утомление» (Леонова, 1984). Первые три опросника направлены на измерение тревоги, депрессии и агрессии как устойчивой личностной черты и как актуально переживаемого состояния (по-

казатели Ч/С-тревога, Ч/С-депрессия и Ч/С-гнев). Последние два опросника направлены на измерение степени истощения функциональных ресурсов, для которой также может быть выделен диспозиционный (хроническое утомление) и ситуативный (субъективный комфорт) аспект (показатели Ч/С-истощение). Таким образом, при создании психодиагностического комплекса был реализован подход «черта-состояние» (state-trait approach: Cattell, 1950), основные принципы которого хорошо согласуются с процессуальными, интерактивными моделями взаимодействия личности и среды в общем (Mischel, Schoda, 1995) и с когнитивно-транзактными моделями стресса в частности (Величковский, 2007; Endler, 1997).

Модели устойчивости к стрессу. Анализ факторной структуры показателей, входящих в диагностическую систему для оценки устойчивости к стрессу, состоял в сравнении *четырёх альтернативных моделей*. Одна модель предполагает, что индикаторы устойчивости к стрессу составляют один фактор (такое решение возникает при применении к рассматриваемым данным процедуры эксплораторного факторного анализа). В остальных моделях предполагается, что частные показатели устойчивости к стрессу образуют различные факторы. Согласно теоретической модели устойчивости к стрессу, можно ожидать выделения четырех факторов: факторов тревоги, депрессии, гнева и фактора истощения психофизиологических ресурсов обеспечения деятельности. Указанные факторы могут быть или ортогональны, т. е. быть полностью независимыми друг от друга, или в какой-то степени коррелировать между собой. В последнем случае необходимо дополнительно проверить, возможно ли выделить на основании паттерна межфакторных корреляций фактор второго порядка, объединяющий факторы тревоги, депрессии, гнева и истощения ресурсов в качестве подчиненных измерений. Дополнительно к факторам, отражающим содержательную группировку различных показателей устойчивости к стрессу, необходимо также ввести в рассматриваемые модели факторы, отражающие принадлежность анализируемых индикаторов к измерениям устойчивых черт личности или состояний. Эти факторы условно могут быть обозначены как «фактор личности» и «фактор ситуации».

Таким образом, рассматривались следующие модели:

- 1 **Модель I** содержит три латентных фактора: фактор Стрессоустойчивость, фактор Личность и фактор Ситуация. Индикаторными переменными являются восемь показателей, составляющих диагностическую систему для оценки устойчивости к стрессу. Все показатели входят в фактор Стрессоустойчивость. Четыре показателя (Ч-тревога, Ч-депрессия, Ч-гнев, Ч-истощение) входят в фактор Личность, а показатели С-тревога, С-депрессия, С-гнев и С-истощение входят в фактор Ситуация. Дополнительно, модель допускает возможность коррелирования факторов Личность и Ситуация, но отрицает существование их связи с фактором Стрессоустойчивость.
- 2 В **модели II** фактор Стрессоустойчивость заменен факторами Тревога, Депрессия, Гнев и Истощение. В каждый из факторов входят по два соответствующих показателя (Ч-тревога и С-тревога входят в фактор Тревога и т. д.). Факторы полагаются ортогональными, т. е. корреляции между ними приравниваются к нулю. Факторы Личности и Ситуации полностью дублируют соответствующие факторы в модели I.

- 3 **Модель III** отличается от модели II тем, что допускает возможность существования значимых корреляций между факторами Тревога, Депрессия, Гнев и Истощение (всего шесть корреляций). Таким образом, модели I и II могут рассматриваться как *вложенные* в модель III. Они получаются из нее фиксацией свободных параметров, соответствующих корреляциям между четырьмя содержательными факторами. Преимуществом вложенных моделей является возможность их прямого статистического сравнения с помощью критерия разности χ^2 .
- 4 **Модель IV** представляет собой развитие модели III и отличается от нее наличием фактора второго порядка (фактор Стрессоустойчивость), описывающего общую для содержательных факторов дисперсию. На основании сравнения этой модели с моделью III можно уточнить статус конструкта устойчивости к стрессу как истинно многомерного или широкого одномерного конструкта с рядом подчиненных измерений. Модели не являются вложенными, что не позволяет привлечь критерий разности χ^2 для их сопоставления. Анализ сравнительной пригодности моделей можно, однако, осуществить косвенными методами.

Результаты. Проверка согласованности моделей с эмпирическими данными проводилась с помощью компьютерной программы EQS, версия 6.1. Все вовлеченные показатели относятся к интервальному уровню измерения, что позволило применить оценочную функцию максимального правдоподобия (ML). При нахождении решения был установлен предел в 100 итераций, который был превышен для только модели IV. Для построения моделей использовались матрицы дисперсий-ковариаций, рассчитанные программой на основе сырых данных. Данные испытуемых с пропущенными значениями исключались из анализа. Сравнительный анализ моделей проводился одновременно по нескольким критериям: по глобальным индексам со-ответствия (χ^2 , CFI, SRMR, RMSEA), критерию разности χ^2 , а также по содержательной интерпретируемости рассчитанных для моделей параметров. Результаты расчета индексов глобального соответствия приведены в таблице 1.

Таблица 1
Глобальные индексы соответствия для моделей I–IV

<i>Модель</i>	χ^2 (df)	CFI	RMSEA (90 %-CI)	SRMR
<i>Модель I</i>	52,5* (11)	0,994	0,07 (0,05-0,09)	0,013
<i>Модель II</i>	145,2* (11)	0,981	0,13 (0,11-0,15)	0,028
<i>Модель III</i>	42,9* (5)	0,995	0,1 (0,07-0,13)	0,015
<i>Модель IV</i>	34,6* (3)	0,995	0,12 (0,09-0,16)	0,07

Примечание: * $p < 0,01$

Модель I. Значение χ^2 (df = 11) для модели I равняется 52,51 ($p < 0,001$). Среди прочих глобальных индексов соответствия в первую очередь рассматривались индексы CFI = 0,994, SRMR = 0,013 и RMSEA = 0,07 (доверительный интервал от 0,052 до 0,091). Значимая величина χ^2 , хотя и свидетельствует о неслучайном расхождении между эмпирической и теоретической матрицами корреляций, не может влиять на принятие решения о пригодности модели в силу очень высокого чис-

ла испытуемых. Значение индекса CFI превосходит критическое значение 0,95, что свидетельствует о хорошем соответствии модели исходным данным. Значение индекса SRMR ниже критического значения 0,05, что также свидетельствует в пользу выбранной модели. Верхняя граница доверительного интервала для индекса RMSEA выходит за предельное значение 0,08 и поэтому данный индекс не может быть интерпретирован однозначно.

Помимо глобальной согласованности модели с исходными данными, также анализировались возможные области локального несоответствия. Для этого рассматривались стандартизованные остатки и модификационные индексы, полученные по тестам мультипликатора Лагранжа и по тесту Вальда. В качестве критического значения для стандартизованных остатков, в силу большого количества испытуемых, было взято значение $\pm 2,58$ (Brown, 2006). Максимальный стандартизованный остаток по модулю равнялся 0,054. Таким образом, в данном случае не было обнаружено параметров исходных данных, недостаточно точно воспроизведенных с помощью предложенного решения. Согласно тесту мультипликатора Лагранжа, следует рассмотреть возможность добавление корреляционных связей для ряда источников ошибок. Наличие коррелированных ошибок в предлагаемой модели, однако, не может быть обосновано теоретически. Согласно тесту Вальда, показатель Ч-гнев может быть выведен из состава фактора Стрессоустойчивость без статистически значимого увеличения значения χ^2 .

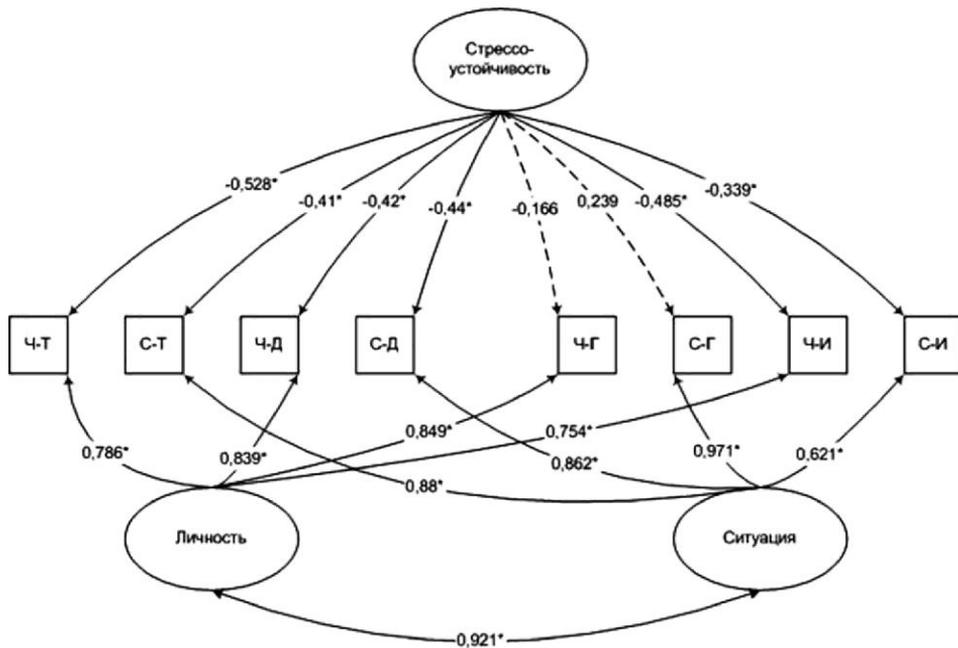


Рис. 2. Диаграмма нагрузок и факторных корреляций для модели I. * – нагрузка значима на уровне $\alpha < 0,05$, незначимые нагрузки дополнительно обозначаются пунктирными линиями

Заключительным этапом анализа пригодности модели стало рассмотрение значимости, направления и величины полученных оценок нагрузок показателей по содержащимся в модели факторам (см. рисунок 2). Как правило, они соответствовали теоретическим ожиданиям, за исключением нагрузок показателей Ч-гнева и С-гнева по фактору Стрессоустойчивость, которые оказались незначимыми.

Модель II. Значение χ^2 (df = 11) для модели II равняется 145,22 ($p < 0,001$). Глобальные индексы соответствия приняли следующие значения: CFI = 0,981, SRMR = 0,028 и RMSEA = 0,13 (доверительный интервал от 0,109 до 0,146). Модели I и II не являются вложенными и не могут быть сопоставлены по критерию разности χ^2 . Однако значения прочих глобальных индексов согласованности заметно ухудшились по сравнению с моделью I (особенно в случае индекса RMSEA, нижняя граница доверительного интервала для которого лежит заметно выше допустимого максимального значения 0,08).

Анализ стандартизованных остатков и модификационных индексов для модели II привел к следующим результатам. Остатки не позволяют идентифицировать какие-либо ошибки в спецификации модели (максимальный стандартизованный остаток по модулю равнялся 0,111). Согласно результату теста Вальда, показатели Ч-Тревоги и Ч-Депрессии могут быть исключены соответственно из состава факторов Тревога и Депрессия. Результаты теста мультипликатора Лагранжа свидетельствуют в пользу введения коррелированных ошибок для ряда показателей, что, как уже упоминалось, не подкреплено теоретическими соображениями. Все заданные в модели нагрузки оказались значимыми, а их знаки соответствуют теоретическим ожиданиям (см. рисунок 3). Естественной модификацией модели II является отказ от жесткого ограничения на ортогональность четырех со-

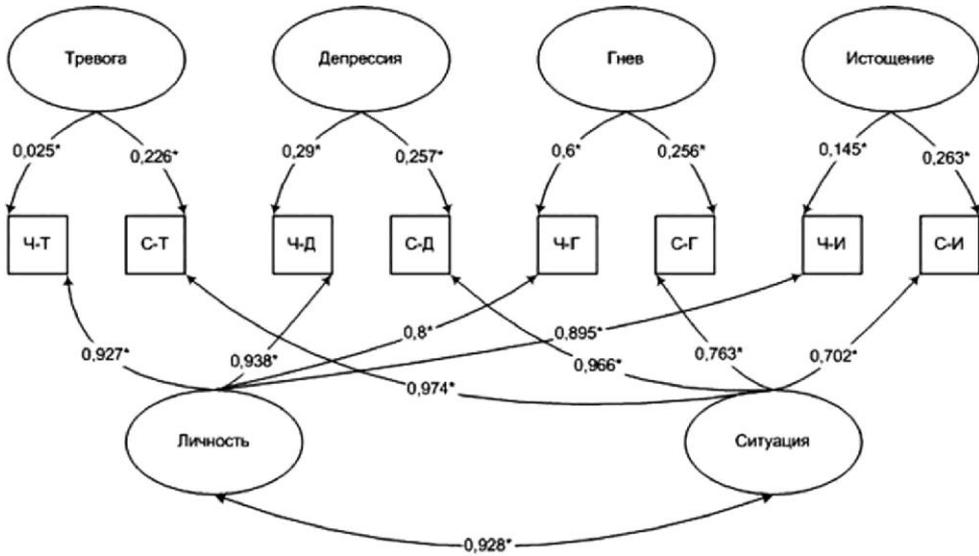


Рис. 3. Диаграмма нагрузок и факторных корреляций для модели II. * – нагрузка значима на уровне $\alpha < 0,05$

держательных факторов Тревога, Депрессия, Гнев и Истощение, что приводит к построению модели III.

Модель III. Значение χ^2 ($df = 5$) для модели III равняется 42,9 ($p < 0,001$). Глобальные индексы соответствия приняли следующие значения: CFI = 0,995, SRMR = 0,015 и RMSEA = 0,1 (доверительный интервал от 0,074 до 0,129). Согласно критерию разности χ^2 ($\Delta\chi^2 = 9,64$, $df = 6$, $p > 0,05$) модель III не привела к значимому улучшению по сравнению с моделью I, однако она является значимым улучшением по сравнению с моделью II ($\Delta\chi^2 = 102,35$, $df = 6$, $p < 0,001$). Значение индекса CFI улучшилось относительно модели I, однако значения индекса SRMR и, особенно, индекса RMSEA обнаружили тенденцию к ухудшению. Таким образом, сравнение только глобальных индексов соответствия не позволяет сделать вывод в пользу принятия той или иной модели.

Анализ областей локального несоответствия в модели III проводился с привлечением стандартизованных остатков и модификационных индексов. Максимальный стандартизованный остаток по модулю равнялся 0,5. Таким образом, хотя рассогласование между эмпирическими и теоретическими оценками параметров несколько увеличилась по сравнению с моделью I, ни в одном случае оно не достигало статистической значимости. Согласно результату теста Вальда, ни один из заданных в модели параметров не является избыточным. Результаты теста мультипликатора Лагранжа в ряде случаев свидетельствуют в пользу введения коррелированных ошибок.

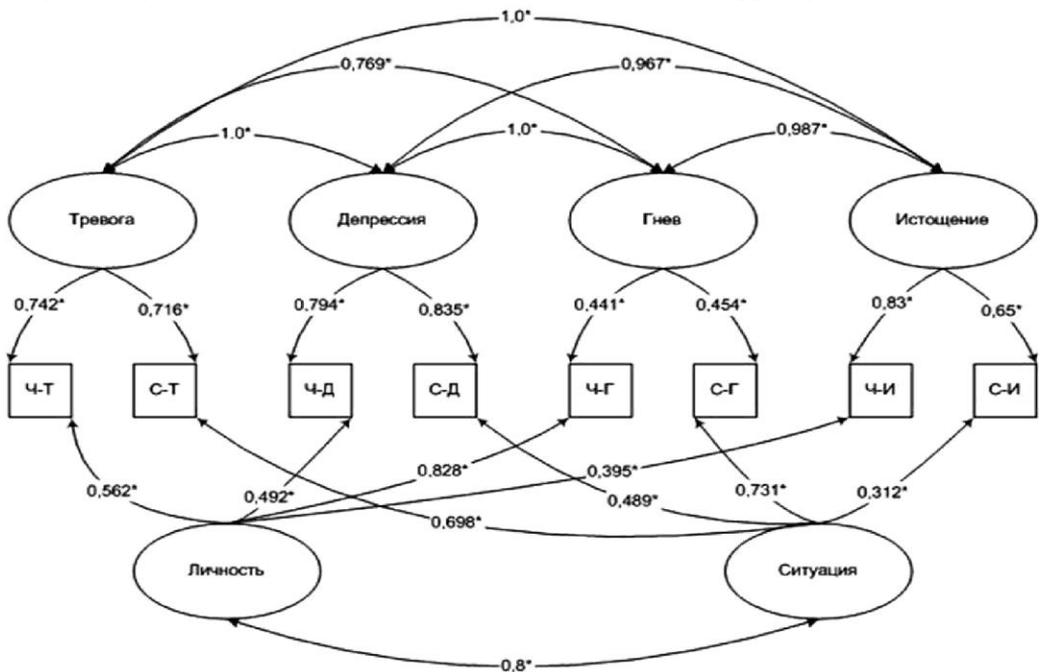


Рис. 4. Диаграмма нагрузок и факторных корреляций для модели III. * – нагрузка значима на уровне $\alpha < 0,05$, незначимые нагрузки дополнительно обозначаются пунктирными линиями

Все нагрузки показателей по соответствующим факторам оказались в модели III значимыми (рисунок 4). Также значимыми оказались все указанные в модели факторные корреляции. Обращает внимание на себя максимальные оценки корреляций между факторами Тревога и Депрессия, Тревога и Истощение, а также Гнева и Депрессия. Таким образом, четыре содержательных фактора, очевидно, тесно взаимосвязаны, и вопрос заключается в том, могут ли эти взаимосвязи быть охвачены введением фактора *второго порядка*.

Модель IV. Значение χ^2 ($df = 3$) для модели IV равняется 34,65 ($p < 0,001$), что является минимальным значением для всех рассмотренных моделей. Прямое сравнение с моделью III невозможно осуществить, так как модели не являются вложенными. Глобальные индексы соответствия приняли следующие значения: CFI = 0,995, SRMR = 0,007 и RMSEA = 0,118 (доверительный интервал от 0,09 до 0,16). Значимые остатки отсутствуют (максимальный стандартизованный остаток по модулю равен 0,02). Согласно тесту Вальда, обнуление нагрузки показателя Ч-Тревога по фактору Тревоги не приведет к значимому ухудшению модели. Согласно тесту мультипликатора Лагранжа, возможно улучшение модели за счет разрешения ковариации ошибок измерения.

В большинстве случаев в модели IV факторные нагрузки индикаторных переменных соответствуют теоретическим ожиданиям (см. рисунок 5). Однако два факта обращают на себя особое внимание. Во-первых, нагрузка показателя Ч-тревога по фактору Тревога оказалась незначимой (в отличие от показателя С-тревога). Такое расхождение между диспозиционными и ситуативными проявлениями тревоги является неожиданным и снижает степень теоретической простоты модели. Во-вторых, знаки нагрузок факторов Тревога и Истощение Ресурсов по фактору второго порядка Стрессоустойчивость противоположны знаку нагрузок факторов Гнев и Депрессия по тому же фактору. Такой характер зависимостей между факторами первого и второго порядка в корне противоречит теоретической модели устойчивости к стрессу, рассмотренной ранее. Как первичные, так и вторичные оценки оказывают на уровень устойчивости к стрессу одинаковое влияние. Например, трудно представить себе ситуацию, в которой доминирование оценок тревожного типа приводит к повышению уровня устойчивости к стрессу, а доминирование оценок депрессивного типа, наоборот, приводит к снижению уровня устойчивости к стрессу.

Обсуждение. Как уже упоминалось выше, при сравнении альтернативных моделей с применением методов КФА отсутствуют простые правила принятия решения в пользу той или иной модели. Принятие решения должно осуществляться при одновременном учете нескольких критериев, среди которых формальные соображения (например, анализ индексов глобального соответствия) играет важную, но далеко не определяющую роль. Это становится, например, очевидным в рассматриваемом в настоящей работе случае – формальные основания здесь не дают достаточного основания для однозначного выбора одной из моделей. Таким образом, для КФА характерна тенденция, прослеживаемая и в других сложных многомерных методах (факторный и кластерный анализ, многомерное шкалирование), а именно необходимость учитывать содержательные соображения при формулировании выводов из имеющихся эмпирических данных.

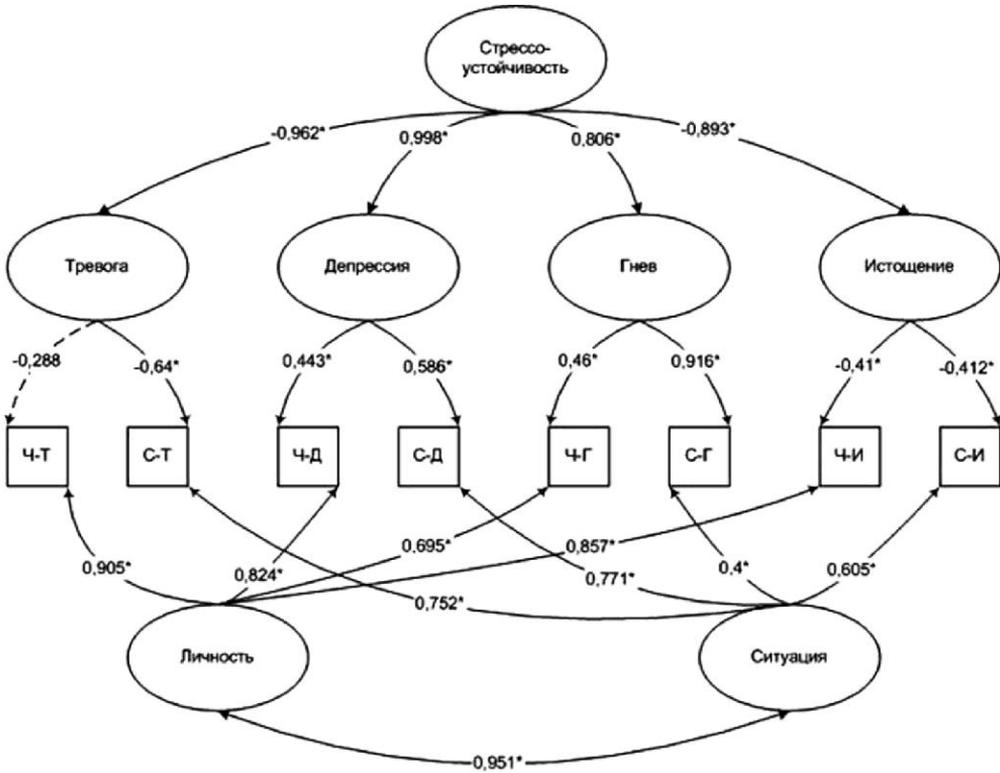


Рис. 5. Диаграмма нагрузок и факторных корреляций для модели IV. * – нагрузка значима на уровне $\alpha < 0,05$, незначимые нагрузки дополнительно обозначаются пунктирными линиями

Отметим еще раз, что для всех моделей значение χ^2 является значимым, что само по себе свидетельствует о существенном отклонении построенной на основе модели матрицы дисперсий-ковариаций от эмпирической матрицы дисперсий-ковариаций. Такой результат, однако, следует отнести на счет значительного числа наблюдений, увеличивающего значение χ^2 и усиливающего влияние даже незначительных различий между теоретической и эмпирическими матрицами. Таким образом, отвержение всех моделей на основании только одного этого критерия было бы преждевременным. Однако обращает на себя внимание очень большое значение χ^2 ($\chi^2 = 145,2$ при 11 с. с.), полученное для модели II. Другие глобальные индексы соответствия для этой модели также принимают максимально неудачные значения (за исключением индекса SRMR, для которого модель IV оказалась хуже модели II). Кроме того, согласно критерию разности χ^2 , вложенная модель II представляет собой значимое ухудшение по сравнению с моделью III. В целом имеющиеся результаты позволяют исключить модель II из дальнейшего рассмотрения.

Принятие решение относительно эмпирической адекватности моделей I, III и IV сопряжено с большими трудностями, так как для них были получены противоречивые результаты. В то время как модель I показала наилучшие значения

по индексам RMSEA и SRMR, модели III и IV превосходят ее по индексам χ^2 и CFI. Учитывая тот факт, что различия моделей по индексу CFI не является принципиальным (для всех моделей этот индекс превосходит критическое значение 0,95), а также то, что превосходство по индексу χ^2 связано с более низким числом степеней свободы, особенное внимание следует обратить на индексы RMSEA и SRMR и на интерпретируемость параметров. В этом смысле модель IV является явно неудачной. Ее значение индекса SRMR является наихудшим, а нижняя граница 90 %-ного доверительного интервала индекса RMSEA превышает критическое значение 0,08. Кроме того, как уже упоминалось выше, оценки свободных параметров модели противоречат принципиальным следствиям из хорошо обоснованных когнитивно-транзактных теорий стресса. Это противоречие заключается в том, что все виды первичных и вторичных оценочных процессов, определяющих уровень устойчивости к стрессу, должны оказывать на этот уровень однонаправленное влияние при условии, что используемые показатели оценочных процессов ориентированы в одинаковом направлении. Это условие выполнялось в настоящем исследовании (все показатели трансформировались таким образом, что их большим значениям соответствует негативный полюс), однако несмотря на это в модели IV были получены противоположные факторные нагрузки для факторов Тревога и Истощение Ресурсов и для факторов Гнев и Депрессия. Таким образом, на основании формальных и содержательных критериев представляется возможным рассматривать модель IV как недостаточно адекватную.

Как показывают индексы глобального соответствия, модели I и III описывают имеющиеся данные одинаково хорошо. Тем не менее, модель I имеет тот существенный недостаток, что и в ней, как и в модели IV, оценки свободных параметров не всегда соответствуют теоретическим ожиданиям. Речь идет о нагрузках показателей Ч-гнев и С-гнев по фактору Стрессоустойчивость, которые оказались незначимыми. Невозможность интегрировать показатели гнева в единый фактор Стрессоустойчивость представляет собой серьезное препятствие для защиты тезиса об одномерности конструкта устойчивости к стрессу. Таким образом, содержательные соображения приводят к необходимости отвергнуть модель I и принять модель III в качестве эмпирически наиболее адекватной модели устойчивости к стрессу.

Предпочтение модели III остальным моделям позволяет сделать следующие выводы о природе устойчивости к стрессу. Во-первых, речь идет о многомерном конструкте, компонентами которого являются когнитивные оценки, порождаемые в ходе стрессовой транзакции. Более конкретно, речь идет о первичных оценках – оценках самой затруднительной ситуации, и о вторичных оценках – оценках субъектом собственных ресурсов по преодолению затруднительной ситуации. Первичные оценки представлены когнитивно-аффективными комплексами тревоги, гнева и депрессии, характеризующими общий «рисунок» отношения субъекта стрессовой транзакции к возникающим затруднениям. Вторичные оценки представлены оценкой степени истощения функциональных ресурсов обеспечения деятельности, однако можно предположить, что модель может быть расширена за счет привлечения оценок ресурсов других типов.

Во-вторых, компоненты конструкта устойчивости к стрессу обнаруживают тесные взаимосвязи между собой (оценки некоторых факторных корреляций достигают

порогового значения 1,0, см. рисунок 4). Это свидетельствует о необходимости понимания устойчивости к стрессу как интегративного образования, объединяющего входящие в него компоненты в целостную систему, организация которой подчинена цели максимально эффективной адаптации человека к жизненным затруднениям. Функционирование такой системы как единого механизма приводит к гомогенизации значений показателей для всех рассмотренных компонентов устойчивости к стрессу, что проявляется в высоких межкомпонентных корреляциях. В рамках наших исследований это утверждение подтверждается тем фактом, что при оценке свободных параметров модели III отдельно в группе обследованных, испытавших действие сильного стрессора (участие в боевых действиях), межкомпонентные корреляции оказываются значимо выше, чем при оценке тех же параметров в группе обследованных, не испытавших воздействия стрессора. В условиях «приложения внешней нагрузки» системный характер свойства устойчивости к стрессу приводит к возникновению высокой степени согласованности между влияниями отдельных оценочных компонентов на исход адаптационных процессов. Вследствие этого в случае наличия сильного стрессора можно ожидать полярных адаптационных исходов – противодействие стрессорам является либо крайне эффективным, либо крайне неэффективным. Предельная эффективность противодействия стрессорам возникает за счет системности устойчивости к стрессу, подразумевающей взаимное усиление компонентами устойчивости друг друга. Предельная неэффективность возникает тогда, когда ни один из компонентов устойчивости к стрессу не оказывает положительного влияния на работу системы устойчивости к стрессу в целом – речь идет о полном распаде системы. Такое «расхождение» адаптационных исходов под воздействием сильной нагрузки может быть продемонстрировано эмпирически (Величковский, 2007).

Заключение. Целью настоящей работы было исследование факторной структуры устойчивости к стрессу. Прямому сравнению с применением методов КФА подверглись два вида моделей – модели, предполагающие возможность выделения единого фактора устойчивости к стрессу (модели I и IV), и модели, предполагающие наличие в составе устойчивости к стрессу только факторов, репрезентирующих первичные и вторичные оценочные процессы (модели II и III). Речь шла, во-первых, об одномерности/многомерности конструкта устойчивости к стрессу и, во-вторых, о возможности выделения в структуре устойчивости к стрессу соответствующих оценочных компонентов. В результате было принято решение о предпочтении модели III, которая в наибольшей степени соответствует разработанной в данной работе теоретической модели устойчивости к стрессу, основанной на принципах когнитивно-транзактного подхода к изучению стресса. Согласно этой модели, устойчивость к стрессу представляет собой истинно многомерный конструкт, компонентами которого являются когнитивные оценки ситуации и ресурсов совладания.

Метод КФА, позволяющий оценить статистическую достоверность априорных предположений о факторных структурах, является наиболее адекватным поставленной задаче. Хотя метод КФА (и, шире, методы структурного моделирования) не получили пока широкого распространения, его активное использование в ближайшем будущем представляется крайне целесообразным. Разработка значитель-

ного количества современных психологических теорий зашла настолько далеко, что делает возможным выдвижение точных гипотез о количестве и содержании латентных факторов и об их взаимоотношениях. КФА является в настоящее время практически единственным общепризнанным способом проверки подобных гипотез (Митина, 2007). Ориентация на использование методов КФА позволяет значительно усилить отправление дедуктивной функции науки – приращения научного знания за счет отвержения не выдержавших пристальной проверки гипотез и теорий. При реализации такого методического подхода психология в еще большей степени трансформируется из описательной науки в науку объяснительную.

В настоящем исследовании было также показано, что формальные критерии принятия решения о содержательных гипотезах играют при применении сложных многомерных методов далеко не первостепенную роль. В частности, формальные основания не позволили различить две теоретические модели конструкта устойчивости к стрессу, за которыми стоят существенно различные интерпретации. Решение в пользу одной из моделей было принято во многом на основе содержательных соображений (интерпретируемости факторных нагрузок). Дальнейшие эмпирические исследования должны показать, насколько велик окажется заложенный в выбранную модель «предсказательный потенциал». Однако уже имеющиеся данные позволяют сказать, что выбранная модель позволяет рассматривать устойчивость к стрессу как системное личностное образование, открывая новые пути к пониманию этого важного свойства человека.

Литература

- Анциферова Л. И.* Личность в трудных жизненных условиях: переосмысливание, преобразование ситуации и психологическая защита // Психологический журнал. 1994. № 1. С. 3–18.
- Бодров В. А.* Психологический стресс: Развитие и преодоление. М.: ПЕР СЭ, 2006.
- Вейн А. М.* Вегетативная нервная система (руководство для врача). М.: Медицина, 1998.
- Величковский Б. Б.* Многомерная оценка индивидуальной устойчивости к стрессу: Дис. ... канд. психол. наук. Москва, 2007.
- Изард К. Е.* Психология эмоций / Пер с англ. СПб.: Питер, 1999.
- Китаев-Смык Л. А.* Психология стресса. М.: Наука, 1983.
- Леонова А. Б.* Психодиагностика функциональных состояний человека. М.: Изд-во МГУ, 1984.
- Диагностика эмоций и стресса: новые психодиагностические методики. Препринт / Под ред. А. Б. Леоновой, Ч. Д. Спилбергера. М.: Труды Научного совета РАМН по экспериментальной и прикладной физиологии, 2005.
- Медведев В. И.* Классификация поведенческой адаптации // Физиология человека. 1982. Т. 8. № 3. С. 362–347.
- Митина О. В.* Основные идеи и принципы структурного моделирования // Ученые записки кафедры общей психологии МГУ. Вып. 2 / Под. общ. ред. Б. С. Братуся, Е. Е. Соколовой. М.: Смысл, 2006. С. 272–296.
- Митина О. В.* Задачи и методы структурного моделирования как средства приращения нового знания // Моделирование и анализ данных: Труды факультета-

Исследование структуры индивидуальной устойчивости к стрессу

та информационных технологий МГППУ (Вып. 3) / Под ред. Л. С. Куравского, А. Д. Яшина, С. Н. Баранова. М.: РУСАВИА, 2007.

Реан А. А., Кудашев А. Р., Баранов А. А. Психология адаптации личности. СПб.: прайм-ЕВРОЗНАК, 2006.

Рожественская В. И. Индивидуальные различия работоспособности. М.: Педагогика, 1980.

Субботин С. В. Устойчивость к психическому стрессу как характеристика метаиндивидуальности учителя: Дис. ... канд. психол. наук. Пермь, 1992.

Ханин Ю. Л. Адаптация шкалы личностной соревновательной тревожности // Вопросы психологии. 1982. № 3. С. 136–141.

Antonovsky A. Unraveling the mystery of health. How people manage stress and stay well. San Francisco: Jossey-Bass, 1987.

Brown T. A. Confirmatory factor analysis for applied research. N. Y.: Guilford Press, 2006.

Cattell R. B. Personality: A systematic theoretical and factual study. N. Y.: McGraw-Hill, 1950.

Endler N. S. Stress, anxiety, coping: The multidimensional interaction model // Canadian Psychology. 1997. V. 38. P. 136–153.

Kovacs M., Beck A. T. Cognitive-affective processes in depression // Emotions in personality and psychopathology / Ed. by C. E. Izard. N. Y.: Plenum Press, 1979. P. 417–442.

Lazarus R. S. Psychological stress and the coping process. N. Y.: McGraw-Hill, 1966.

Lazarus R. S. From psychological stress to the emotions: A history of changing outlooks // Annual Review of Psychology. 1993. V. 44. P. 1–22.

Lazarus R. S., Folkman S. Transactional theory and research on emotions and coping // European Journal of Personality. 1987. V. 1. P. 141–169.

Mischel W., Shoda Y. A cognitive-affective system theory of personality: Reconceptualizing situations, dispositions, dynamics and invariance in personality structure // Psychological Review. 1995. V. 107. P. 246–268.

Spielberger C. D., Johnson E. H., Russell S. F., Crane R. S., Jacobs G. A. The experience and expression of anger: construction and validation of an anger expression scale // Anger and hostility in cardiovascular and behavioral disorders / Ed. by M. A. Chesney, R. H. Rosenman. N. Y.: Hemisphere/McGraw-Hill, 1985. P. 5–30.

Различение бимодальных стимулов зрительной системой человека

Ч. А. Измайлов, И. В. Едренкин

В психологии зрительного восприятия существуют две практически независимые области исследования: восприятие цвета и восприятие формы (конфигураций). Каждая из них имеет достаточно разработанные теории, основанные на значительном экспериментальном материале. Но ни одна из этих теорий не затрагивает даже в малейшей степени экспериментальные данные из другой области, как будто зрительные образы обладают цветовыми и конфигурационными характеристиками параллельно и независимо друг от друга (Иден, 1970). Одной из причин такого положения вещей может служить существенное различие в физической природе стимулов, порождающих цвет и конфигурацию. В первом случае стимулом служат энергетические свойства излучения: интенсивность светового потока и его спектральный состав. А во втором случае стимулом служит соотношение интенсивностей световых стимулов (во времени или пространстве) в разных участках зрительного поля, т. е. некоторая абстракция. Отсюда предполагается, что детектирование энергетических свойств стимула может осуществляться механизмом, который реализован уже на рецепторном уровне зрительной системы, когда интенсивность стимула отображается непосредственно ответом самой клетки, тогда как для детектирования соотношения интенсивностей необходим механизм сравнения и принятия решения, т. е. логический механизм, предполагающий наличие более сложной нейронной сети. Рассуждения такого рода апеллируют к содержательному анализу восприятия с точки зрения того, «что» воспринимается. Возможен другой подход – с позиции, «как» воспринимается. В этом случае устройство зрительного восприятия может оказаться существенно проще и доступнее для понимания, чем при содержательном подходе.

В соответствии с модулярной концепцией устройства зрительной системы, развиваемой в наших работах, восприятие основано на однотипных сенсорных модулях, используемых зрительной системой для детекции разных характеристик стимула. При этом не обнаруживается какого-то априорного основания для формирования сенсорного модуля в виде физической или логической «простоты» стимула. Так,

1 Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 07-06-00109а, и РГНФ, грант № 07-06-00184а.

например, различение интенсивности светового излучения и его спектрального состава осуществляется совершенно одинаковыми по конструкции ахроматическим и хроматическим модулями, хотя с физической точки зрения интенсивность излучения можно считать простым стимулом, поскольку это величина, скаляр, тогда как спектральный состав – это функция, или вектор. Аналогичным образом различение ориентации стимулов-линий во фронтальной плоскости и различение стимулов-углов (образованных двумя линиями, исходящими из одной точки) осуществляется совершенно такими же модулями, хотя с геометрической точки зрения фигура, образованная двумя линиями, сложнее, чем фигура, образованная одной линией. Не выдерживает критики и апелляция к субъективной простоте воспринимаемой характеристики стимула. Например, различение такой субъективно простой характеристики цвета, как насыщенность, осуществляется сложной сетью, состоящей из хроматического и ахроматического модулей, тогда как различение цветового тона, субъективно сложного, состоящего из четырех независимых качеств: синего, зеленого, желтого и красного, осуществляется только хроматическим модулем (Izmailov, Sokolov, 1991).

Таким образом, бесполезно обращаться к содержательным (физическим или субъективным) характеристикам для выявления базисных механизмов зрительного восприятия. Для решения этой задачи предлагается операциональный подход, который можно обозначить как построение сферической модели различения зрительных стимулов.

Сферическая модель ахроматического зрения. Рассмотрим в качестве примера построение сферической модели различения интенсивностей излучения с использованием стимулов в форме диск-кольцо (Соколов, Измайлов, 1984; Izmailov, Sokolov, 1991). Стимулы варьировались по семи уровням яркости маленького центрального диска (0,2, 1,2, 10, 20, 100, 200 кд/м²) и трем уровням яркости (1, 10, 100 к д/м²) большого окружающего кольца. Испытуемому монокулярно и последовательно предъявляли пару стимулов, и он оценивал различие по яркости между центральными дисками, не обращая внимания на окружение. Оценки всех пар стимулов усредняли по предъявлениям и сводили для каждого испытуемого в матрицу попарных различий. Матрицы анализировали метрическим методом многомерного шкалирования (Shepard, 1962, Измайлов, 1981). В результате анализа было получено, что для выполнения условия линейности между исходными оценками различий и межточечными расстояниями (Shepard, Carroll, 1966) необходимо двумерное евклидово пространство с расположением стимулов на этой плоскости в виде полукруга (рисунок 1а). Качество решения оценивается коэффициентом линейной корреляции Пирсона, который показывает степень совпадения исходных оценок различий с межточечными расстояниями в полученном пространстве, и «стрессом» Крускала, который служит обратной мерой – степени расхождения. Соответственно, чем больше коэффициент корреляции (или меньше «стресс»), тем лучше решение. Значения этих мер, приведенные в таблице 1, подтверждают адекватность двумерного решения.

Но положение точек на плоскости, показанное на рисунке 1а, имеет одну особенность. Точки-стимулы не заполняют плоскость равномерно, а образуют криволинейную траекторию в виде дуги. На одном конце этой дуги располагаются «черные»

Таблица 1

Показатели, характеризующие пространственные модели различения яркостей (Соколов, Измайлов, 1984) и ориентаций линии (Измайлов и др., 1990, 2004) по данным субъективных оценок межстимульных различий, полученных при раздельном исследовании указанных в таблице стимулов

Показатели качества решения	Различение яркости		Различение ориентации	
	Стимулы диск-кольцо	Пигментные стимулы	10 стимулов	18 стимулов
Средний радиус сферы	42,4	1,23	1,00	1,00
Ст. откл. радиусов	3,8	0,88	0,053	0,042
Коэф. вариации, %	9,0	7,1	5,3	4,2
Стресс	0,09	0,07	0,03	0,05
Коэф. корреляции	0,97	0,98	0,97	0,92

стимулы с минимально ярким диском и максимально ярким кольцом. На другом конце располагаются наиболее яркие стимулы с обратным соотношением яркостей диска и окружающего кольца. Все промежуточные точки располагаются также в соответствии с отношением яркостей диска и кольца. Это согласуется с двумерной геометрической моделью ахроматических цветов, построенной Хиггелюндом (1992) на основании экспериментов с аналогичными стимулами. Но, в отличие от модели Хиггелюнда, где декартова система координат интерпретируется в терминах сенсорных переменных «светлоты», «белизны» и «черноты», в нашей работе (Izmailov, Sokolov, 1991) полученные данные интерпретировались в терминах сферической модели детектирования яркости Фомина, Соколова и Вайткявичуса (1979). Математически такая структура выражается уравнением сферы:

Сферичность полученного пространства оценивается по величине коэффициента вариации, который характеризует отклонение экспериментальных данных от уравнения сферы. Для полученной методом многомерного шкалирования конфигурации точек-стимулов в пространстве определяется геометрический центр. Теоретически эта центральная точка должна находиться на равном расстоянии R от всех точек i , представляющих стимулы. Поскольку экспериментальные данные содержат случайные ошибки, эти радиальные расстояния (радиус-векторы точек) будут случайно варьироваться, поэтому центр сферы определяется так, чтобы дисперсия радиусов была минимальной. Для решения используется итерационная процедура, которая минимизирует дисперсию радиальных расстояний, сдвигая точку центра. Минимальная дисперсия характеризует разброс радиальных расстояний всех точек, т. е. толщину сферического слоя, в котором располагаются экспериментальные точки. Нормированное выражение этого разброса (отношение стандартного отклонения радиус-векторов точек к среднему радиусу) есть коэффициент вариации (Измайлов, Соколов, 1978; Измайлов, 1980). Приведенная в таблице 1 величина коэффициента вариации (0,07) показывает, что стимулы действительно образуют круговую траекторию на плоскости. Круговая траектория локализации точек приводит к выводу, что в качестве сенсорной переменной здесь выступает сферическая

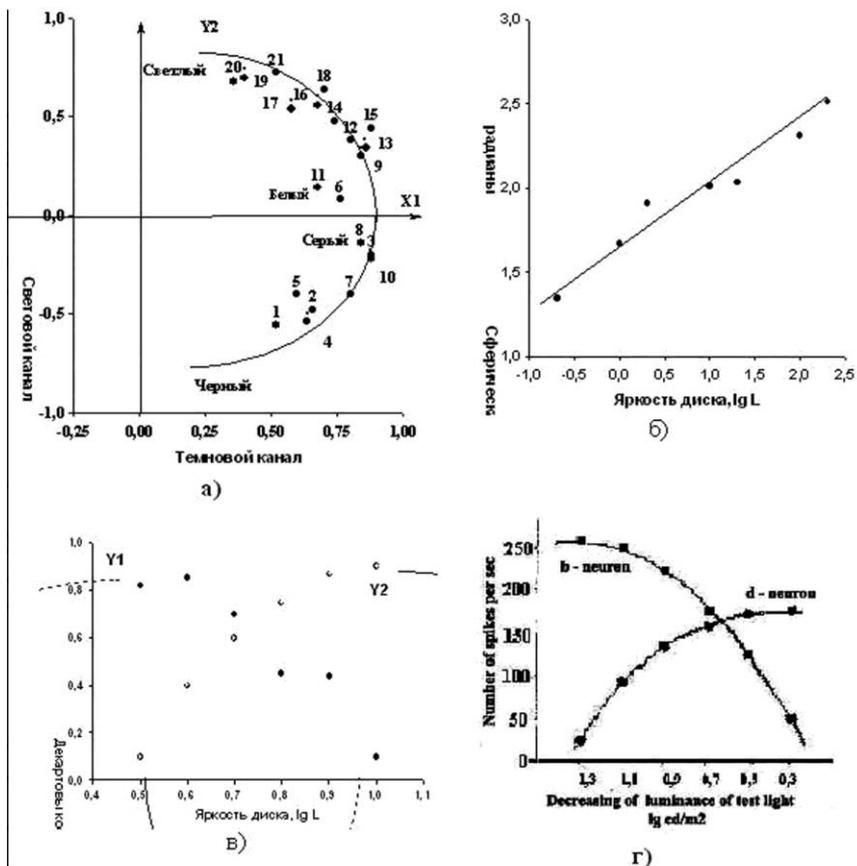


Рис. 1. Сферическая модель ахроматического зрения (Соколов, Измайлов, 1984, 1991). а) Двумерное пространство различения 21 стимула в форме диск-кольцо. Центральный диск варьировался по семи уровням яркости (0,2, 1, 2, 10, 20, 100 и 200 кд/м²), а окружающий фон – по трем уровням яркости (1, 10 и 100 кд/м²). Число рядом с точкой указывает порядок яркости диска от минимальной при максимальном фоне (номер 1) до максимальной при минимальном фоне (номер 21). Положение точек на плоскости показывает явную циркулярность полученной конфигурации точек-стимулов. Психофизическая функция светлоты для семи стимулов с разной яркостью диска, но одинаковым уровнем яркости фона (0,2 кд/м²), приведена на рис. 1б. По оси абсцисс здесь отложена яркость стимула в логарифмическом масштабе, а по оси ординат сферическая координата точки на плоскости Y1Y2, характеризующая воспринимаемую яркость стимула – светлоту. На рис. 1в показаны графики, характеризующие нейрофизиологическую интерпретацию декартовых осей в сферической модели ахроматического зрения как светового (b-канал) и темнового (d-канал) каналов зрительной системы. По оси абсцисс здесь также отложена яркость стимула, а по оси ординат – значения декартовых координат для стимулов, которые располагаются в правом верхнем квадранте плоскости Y1Y2. На рис. 1г показаны аналогичные функции, выведенные из данных спайковой активности оп- и off-клеток зрительной коры кошки, приведенные в работе (Poggio, 1969)

координата - горизонтальный угол точки-стимула на плоскости. Этот вывод легко проверить, построив график зависимости сферической координаты точек от яркости стимулов (рисунок 1б). На этом графике видно, что полученная функция в точности соответствует стандартной психофизической функции яркости, выведенной в свое время Г. Фехнером и подтвержденной в многих экспериментах (Фёдоров, 1935, Хартридж, 1952).

Следующая особенность сферической модели, предложенной в работе Фомина, Соколова и Вайткявичуса (1979), состоит в том, что две оси декартовой системы координат на плоскости Y_1Y_2 представляют нейронную сеть из двух каналов, образованных on- и off-клетками зрительной системы (рисунок 1в, г). Каналы взаимосвязаны реципрокным отношением, так что когда один канал в этой сети (световой) увеличивает свою активацию при возрастании интенсивности света (ось Y_1), то другой канал (ось Y_2) соответственно уменьшает свою активацию, и наоборот - при убывании интенсивности стимула первый канал уменьшает свою активность, а второй - увеличивает. При этом общая активность каналов, представленная величиной радиуса окружности, остается всегда постоянной, что и выражается уравнением сферы:

$$X_{jf} + X_{\ell} = R^2. \quad (1)$$

Но, в отличие от сферической модели Фомина, Соколова и Вайткявичуса (1979), где для измерения различий между стимулами предлагается сферическая метрика, наши данные (Измайлов, Соколов, 1978; Измайлов, 1980, 1981, 1995; Izmailov, 1982; Izmailov, Sokolov, 1991) показывают, что оценки воспринимаемых различий с большей точностью описываются евклидовой метрикой:

$$\Delta^2 = \sum_{i,j} (X_i - X_j)^2. \quad (2)$$

Таким образом, рассматриваемая в наших работах сферическая модель различения стимулов описывается системой уравнений (1) и (2). Значения стресса, коэффициента корреляции и коэффициента вариации, приведенные в таблице 1, показывают, что полученная в этих работах конфигурация ахроматических точек-стимулов в двумерном евклидовом пространстве полностью соответствует сферической модели различения стимулов, выраженной уравнениями 1 и 2.

Сферическая модель различения ориентации линий. Совершенно аналогичные результаты получаются при многомерном шкалировании оценок надпороговых различий по ориентации между линиями фиксированного уровня яркости (Izmailov, Sokolov, 1990, Измайлов и др., 2004). На рисунке 2а показаны конфигурации точек-стимулов в двумерном евклидовом пространстве, полученные в экспериментах с разными наборами стимулов-линий, а в таблице 1 приведены данные, показывающие степень соответствия полученных конфигураций сферической модели различения ориентаций стимулов. В соответствии со сферической моделью различения стимулов детектируемая ориентация представлена сферической координатой точки-стимула. Это демонстрирует приведенный на рисунке 2б график психофизической функции ориентации. Две декартовы оси характеризуют два оппонентных канала: вертикаль - горизонталь и наклон вправо - наклон влево (Измайлов и др., 2004; Шелепин, 1981).

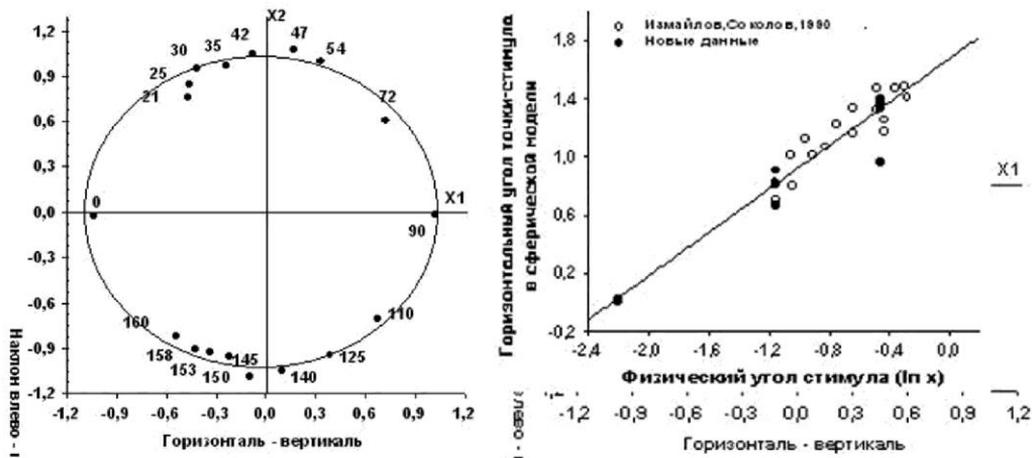


Рис. 2. Сферическая модель ориентации линий (Измайлов, Соколов, 1990, Измайлов и др., 2004). а) Двумерное пространство различения 18 стимулов в форме тонкой светлой линии на темном фоне. Число рядом с точкой указывает угол наклона линии к горизонту в градусах. Положение точек на плоскости показывает явную циркулярность полученной конфигурации точек-стимулов. Психофизическая функция ориентации для этих стимулов приведена на рис. 2б. По оси абсцисс здесь отложена ориентация стимула в радианах, а по оси ординат сферическая координата в радианах точки на плоскости X_1X_2 , характеризующая воспринимаемую ориентацию

Двухканальная нейронная сеть как базисный механизм (модуль) зрительной системы. Принципиальная особенность сферической модели различения зрительных стимулов состоит в том, что она охватывает одновременно и механизм нейрофизиологического кодирования стимулов в зрительной системе (который представлен системой декартовых координат), и механизм декодирования нейрофизиологического кода в сенсорную характеристику зрительного образа (которая представлена сферической координатой).

Представление в рамках одной и той же математической модели нейрофизиологического и сенсорного механизмов различения разных зрительных стимулов позволяет выделить данный двухканальный модуль как базисный механизм, с помощью которого в зрительной системе может специфицироваться каждая субъективная переменная (Sokolov, Izmailov, 1983, 1988; Izmailov, Sokolov, 1991; Измайлов, Исайчев, Шехтер, 1998). Главная особенность этого модуля состоит в том, что он не связан непосредственно ни с кодируемым стимулом, ни с декодируемой сенсорной характеристикой. Он представляет собой некоторое устройство, которое может быть использовано для преобразования любого стимула в произвольную сенсорную характеристику. Например, частота вибрации воздуха или жидкости может быть декодирована в цвет, а частота электромагнитных колебаний – в ориентацию линии. Специфика стимула определяется устройством входного звена двухканального модуля, а содержание кода, его сенсорное значение определяется специальным устройством выходного звена. Универсальность двухканального модуля позволяет комбинировать самые разные сочетания входных и выходных

устройств зрительной системы, формируя необходимый набор нейронных сетей для получения достаточной информации о внешней среде. Каждая такая сеть будет содержать в себе три звена: входное, рецепторное звено, двухканальный модуль, и выходное, детекторное звено. На основе структуры этой сети выделяются три этапа, или три стадии переработки сенсорной информации в зрительной системе как человека, так и других позвоночных.

Трехстадийная модель зрительной системы. Теоретически входное звено трехстадийной нейронной сети может состоять из любых рецепторов, в частности, зрительная система базируется на фоторецепторах, которые, как это хорошо известно, являются входными устройствами нейронных сетей преобразования интенсивности и частоты электромагнитного излучения в яркость и цвет. Однако, если входное звено зрительной системы ограничить только фоторецепторами, невозможно объяснить формирование конфигурации на основе детекции линии, угла и т. д. без телеологической апелляции к системам распознавания образов. Детекция линии, края, границы в зрительной системе позвоночных рассматривается многими исследователями как одна из ключевых характеристик нейронной сети распознавания образов (Иден, 1970, Уинстон, 1978, Измайлов и др., 2004, Шелепин, 1981). Особенно большую роль в развитии этой идеи сыграли работы Хьюбела и Визеля, обнаруживших в зрительной коре кошки нейроны-детекторы ориентации линии, а также нейроны, селективные к стимулам-фигурам, представляющим собой некоторые комбинации линий (Hubel, Wiesel, 1962; Супин, 1981). Первый тип нейронов был обозначен как детекторы простых признаков зрительного стимула, а второй, соответственно, как детекторы сложных признаков. Последующие исследования показали, что эти свойства зрительной коры распространяются на самые разные виды высших позвоночных.

В нашем подходе предлагается рассматривать детекторы ориентации линии как входное устройство, на базе которого формируются все узловыe элементы следующего уровня зрительной системы, т. е. весь конфигурационный алфавит, в том числе и линия как один из элементов алфавита (ограниченная линия, отрезок). Назначение этих устройств (детекторов яркости и ориентации линий) – собрать информацию о направлении протяженных перепадов яркости как границ, отделяющих одну часть зрительного поля от другой. Т. е. акцент ставится не на линии как отрезке, а только на ориентации линии. Такая гипотеза позволяет понять наличие в первичной проекционной зоне коры высших позвоночных большого числа детекторов ориентации линий и приписать им роль «квазирецепторов», выполняющих те же функции при анализе формы, какие выполняют рецепторы сетчатки при анализе спектрального состава излучения (Измайлов, Зимаяев, 2007; Измайлов, Соколов, Едренкин, 2008). В состав «квазирецептора» входят нейроны сетчатки и подкорковых структур, которые выполняют предварительный анализ пространственного распределения границ в уровне освещенности по зрительному полю. Это приводит к активации нейронов-детекторов линий разной ориентации.

Таким образом, в рамках обсуждаемой трехуровневой нейронной сети, ответственной в зрительной системе за построение конфигурации, на первом уровне происходит активация «квазирецепторов» в виде нейронов-детекторов линий разной ориентации.

На втором уровне из этих ориентаций комбинируется небольшое число элементов, аналогичных «узлам» Гузмана (Уинстон, 1978) в число которых входит и линия как отрезок. В этом случае значение определяется не ориентацией линии, а тем, что, как отрезок, она ограничена с одного или обоих концов и представляет собой равноправный признак контура наряду с другими «узлами», такими как дву-или трилинейными фигурами (Измайлов, Соколов, Едренкин, 2008). Анализ алгоритмов компьютерного зрения для распознавания трехмерных сцен также приводит к выводам о принципиальной важности таких конфигурационных признаков изображения, как линия, угол, образованный соединением двух линий в одной вершине, а также фигур, образованных соединением нескольких линий в одной вершине (Иден, 1970; Уинстон, 1978). И на третьем уровне из модулей разных узлов-признаков, как из элементов алфавита, составляются конфигурации, определяющие контурную форму предметов в поле зрения, аналогично тому, как из букв составляются слова. Эта функция связывается с корковыми нейронами, имеющими сложные и сверхсложные рецептивные поля. Здесь происходит спецификация линии как элемента конфигурации, т. е. формирование базисных, или узловых, элементов конфигурации, и последующее построение из них целостной формы предмета.

Формирование базисных единиц, или узловых элементов конфигурации.

Приведенные примеры показывают, что простые, одномерные стимулы разной модальности детектируются в зрительной системе однотипной нейронной сетью, которую мы обозначили как двухканальный модуль различения. В то же время объединение двухканальных модулей в сеть для детектирования более сложного, многомерного стимула оказывается неодинаковым для энергетических (длина волны и интенсивность излучения) и конфигурационных (ориентация линии, и угол между двумя линиями) стимулов. Это ставит под вопрос идею существования общего принципа соединения отдельных модулей в более сложную многомерную сеть, как это предусматривается в широко распространенных иерархических теориях зрительного восприятия.

В связи с этим в данной работе излагаются результаты экспериментального исследования надпорогового различения линий разной яркости и ориентации в рамках нового психофизиологического подхода к созданию единой теории зрительного восприятия.

Методика

Установка. Опыты проводились на компьютерной установке с высококачественным монитором.

Испытуемые. В опытах участвовали 7 испытуемых, в возрасте от 20 до 27 лет (мужчины и женщины).

Стимулы. В качестве стимулов использовались 5 линий разной ориентации (0° , 30° , 60° , 90° , 120°) и разной яркости (1, 2, 8, 16 и 32 кд/м²). Ширина линии равнялась 1 см, все линии проходили через центр поля зрения и имели одинаковую длину 15 см. Наблюдение велось бинокулярно, с точкой фиксации в центре экрана. Расстояние от экрана монитора до глаз испытуемого равнялось 80 см. Стимулы предъявлялись на темном экране, в условиях мезопического зрения.

В опытах испытуемому предъявляли одновременно две линии из 25, и он должен был оценивать степень общего субъективного различия между ними в баллах, от 1 (минимальное) до 9 (максимальное). Какое именно различие является минимальным или максимальным, испытуемому не указывалось, он должен был выбрать их сам, в ходе опыта. Пары выбирались из массива стимулов в случайном порядке, и общее число пар равнялось $n(n - 1)$. Каждая пара предъявлялась одному и тому же испытуемому не менее 5 раз. Предъявления также были рандомизированы.

Результаты

Многомерное шкалирование данных. Полученные в опытах оценки межсти-мульных различий усреднялись по предъявлениям, и затем проверялись на кор-релированность между испытуемыми – каждого с каждым. Для дальнейшего анализа использовались данные только пяти испытуемых, у которых коэффициент корреляции Пирсона был не менее 0,5. Матрица усредненных (по испытуемым и предъявлениям) оценок анализировалась методом многомерного шкалирования. В результате анализа были получены координаты 25 точек-стимулов в 6-мерном евклидовом пространстве и показатели значимости (стресс Краскела) для каждого из шести измерений пространства (таблица 2). Уменьшение стресса с добавлением каждой новой оси означает улучшение соответствия между исходными оценками межстимульных различий и межточечными расстояниями в полученном пространстве. Данные, приведенные в таблице 2, показывают, что с формальной точки зрения наиболее значимы первые три из шести измерений. Последующие показатели фактически уже мало отличаются от третьего. Но это не значит, что трех измерений достаточно для различения стимулов. Еще один формальный критерий для определения необходимого и достаточного числа измерений пространства различения стимулов связан с построением сферической модели в этом пространстве. Показатели сферичности для двух-, трех-, четырех- и пятимерного решений приведены также в таблице 2. Они показывают, что трехмерное пространство не удовлетворяет критерию хорошей сферичности, только при четырех измерениях мы получаем коэффициент вариации менее 10 %. Поэтому на основании формальных критериев необходимо рассматривать четырехмерное пространство. Исходя из простой комбинации яркостных и конфигурационных характеристик стимулов можно также предположить, что сочетание двумерных структур различения ориентаций и яркостей может привести и к четырехмерному пространству. Однако формальные

Таблица 2

Показатели, характеризующие пространственные модели различения линий, одновременно меняющихся по яркости и ориентации, в зависимости от размерности пространства различения «сложных» стимулов

	Размерность	1	2	3	4	5	6
1	Стресс	0,434	0,161	0,114	0,090	0,065	0,050
2	Средний радиус сферы		0,79	0,94	1,01	1,06	1,09
3	Ст. откл. радиусов		0,22	0,14	0,093	0,077	0,067
4	Коэф. вариации, %		28,5	14,4	9,3	7,3	6,3

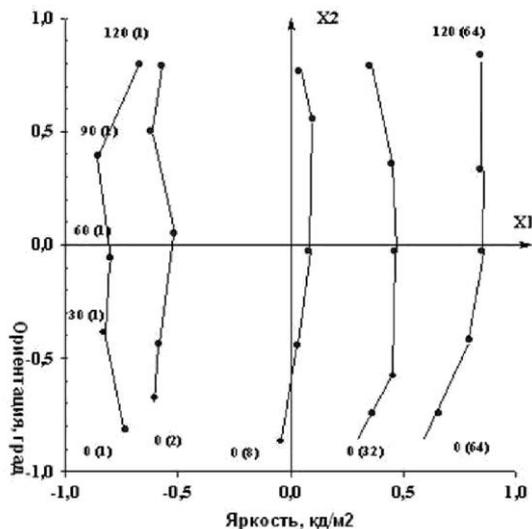


Рис. 3. Проекция стимулов-линий разной ориентации и яркости на плоскость первых двух координат (X1X2) четырехмерного пространства. Ось X1 характеризует изменение стимулов по яркости при одной и той же ориентации, а ось X2 – изменение стимулов по ориентации при одной и той же яркости. Рядом с точками показано значение ориентации стимулов относительно горизонтали, и в скобках – значение яркости. Положение точек, представляющих изменение стимулов только по одной характеристике, показывает систематическое отклонение траектории от евклидовой геодезической линии. Особенно это хорошо видно для стимулов-линий одной яркости, но разной ориентации, которые на рисунке соединены прямыми отрезками. Они образуют траекторию в виде дуги, характерной для геодезической линии сферы

критерии размерности полученного пространства должны опираться на содержательную осмысленность полученного решения.

Подпространство ориентации линий. Для содержательного анализа данных обратимся к приведенному на рисунке 3 расположению точек-стимулов относительно наиболее значимых с формальной точки зрения двух первых осей координат полученного пространства. На этом графике хорошо видно, что первая ось характеризует изменение стимулов по яркости при одной и той же ориентации, а вторая ось (X2) – изменение стимулов по ориентации при одной и той же яркости. Рядом с точками показано значение ориентации стимула-линии относительно горизонтали, и в скобках – значение яркости. Однако положение точек, представляющих изменение стимулов только по одной характеристике, показывает систематическое отклонение траектории от евклидовой геодезической линии. Особенно это хорошо видно для стимулов-линий одной яркости, но разной ориентации, которые на рисунке соединены прямыми отрезками. Они образуют траекторию в виде дуги, характерной для геодезической линии сферы. Из этого можно сделать вывод, что в положение точек-стимулов, представляющих ориентацию линии независимо от уровня яркости, вносит вклад еще один фактор. Его можно определить, спроецировав точки-стимулы на плоскость X2X3 полученного пространства.

На рисунке 4а хорошо видно, что на этой плоскости точки-стимулы сгруппированы в пять кластеров в соответствии со значением ориентации линии. Рядом с кластером показано значение ориентации стимулов относительно горизонтали в градусах. Каждый ориентационный кластер содержит точки, представляющие

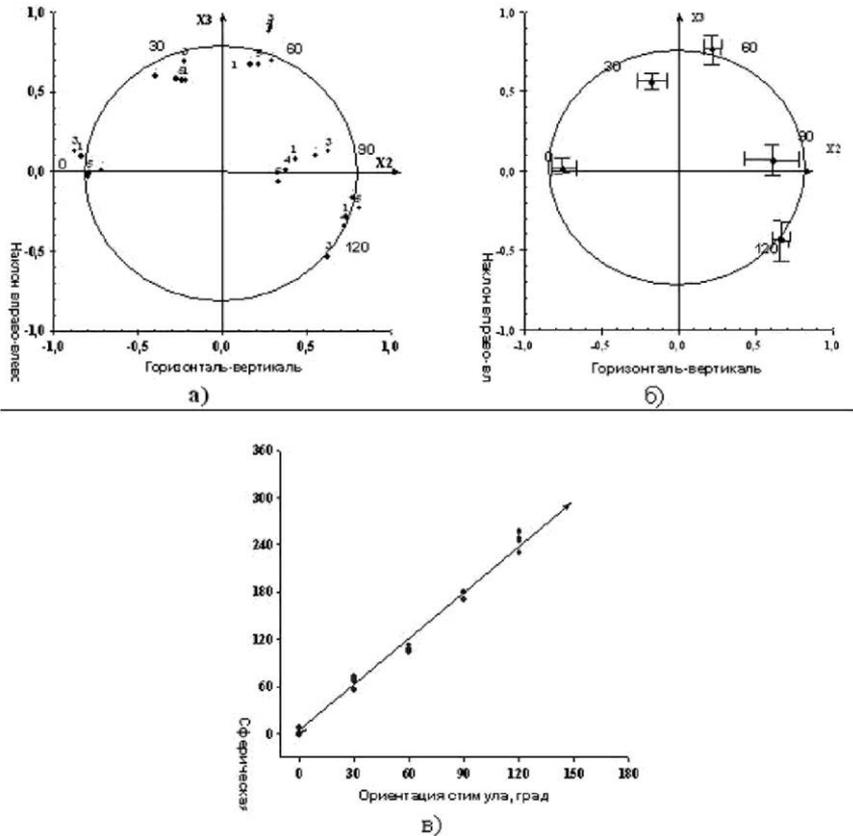


Рис. 4. а) Двумерное подпространство ориентации 25 стимулов-линий разной яркости, полученное как проекция четырехмерного пространства на плоскость осей X2X3. Каждый кластер точек характеризует стимулы разной яркости, но одной и той же ориентации. Рядом с кластером показано значение ориентации стимулов относительно горизонтали в градусах. Одна ось этого пространства (X2) характеризует оппонентность «горизонталь-вертикаль», а вторая ось (X3) – оппонентность «наклон влево – наклон вправо». Хотя точки каждого кластера представляют стимулы разной яркости, но внутри кластера они располагаются случайным образом. б) Пространство ориентации линий после преобразования каждого кластера в точку путем усреднения координат. Вертикальный и горизонтальный отрезки показывают величину стандартного отклонения от среднего арифметического по оси X3 и X2 соответственно. Окружность показывает, что точки располагаются на плоскости в прямом соответствии с их сферической координаты углу ориентации стимула. Степень этого соответствия показывается график на рис. 4в, где по оси абсцисс отложена ориентация стимула в градусах, а по оси ординат – сферическая координата соответствующей точки также в градусах

стимулы разной яркости, но внутри кластера они располагаются случайным образом. Если расположить оси координат X_2X_3 относительно кластеров так, чтобы точки, представляющие стимулы с ориентацией 0° , в точности попали на отрицательное направление оси X_2 , это выявит их круговую траекторию, в которой направление по часовой стрелке на плоскости X_2X_3 в точности совпадает с увеличением угла наклона стимула-линии. Это удобнее продемонстрировать на графике, где ориентационные кластеры представлены их средними точками (рисунок 4б). Горизонтальный и вертикальный отрезки, пересекающие точку, показывают величину одного стандартного отклонения от среднего по соответствующим координатам. На рисунке 4б видно, что точки не просто располагаются по часовой стрелке, но принадлежат одной окружности так, что горизонтальный угол точки-стимула на плоскости X_2X_3 линейно связан с углом ориентации этого стимула во фронтальной плоскости зрительного поля. График психофизической функции воспринимаемой ориентации (ось ординат) от угла наклона линии к горизонту (ось абсцисс) приведен на рисунок 4в. Из него следует, что воспринимаемая ориентация прямо соответствует удвоенному значению угла наклона линии.

Таким образом, в четырехмерном пространстве различения линий разной яркости и ориентации можно выделить отдельное двумерное подпространство различения ориентаций линии, независимое от яркости. Стимулы-линии разной ориентации и яркости представлены на этой плоскости в виде точек единой окружности, которые определяются только линейной функцией от ориентации стимула относительно горизонтали в зрительном поле.

Подпространство различения яркости линий. Аналогично данным по ориентации линий можно рассмотреть оставшееся четвертое измерение полученного пространства – имеет ли оно какое-то отношение к первому, яркостному измерению, или не имеет никакой содержательной интерпретации и должно быть отброшено как эффект экспериментального шума. С этой целью на рисунке 5а приводится проекция 25 точек-стимулов на плоскость X_1X_4 . Как отмечалось выше, ось X_1 демонстрирует однозначное соответствие яркости стимулов-линий. Точки-стимулы на каждом уровне яркости образуют отдельную группу, и все группы расположены вдоль оси X_1 в соответствии с их яркостью. Уровень яркости стимулов показан справа от каждой группы точек.

Что касается оси X_4 , здесь картина несколько сложнее. Точки одного уровня яркости, но разной ориентации довольно широко «разбросаны» по оси X_4 . Но этот разброс далеко не случаен. Если связать точки-стимулы одной и той же ориентации отрезками, то видно, что они располагаются на выпуклой кривой по отношению к положительному направлению оси X_4 . На рисунке 5а это сделано для ориентаций 0 и 90° , но это справедливо и для других значений ориентации линий. Форма этой выпуклой кривой явно демонстрируется на графике для стимулов-линий с ориентацией 90° , поскольку эта кривая практически лежит на плоскости X_1X_4 . Можно полагать, что для данного уровня ориентации стимулов плоскость X_1X_4 представляет двумерное круговое подпространство различения яркостей так, что горизонтальный угол точки-стимула на плоскости однозначно связан с яркостью этого стимула. На рисунке 5б через средние точки яркостных кластеров на плоскости X_1X_4 проведен эллипс, чтобы показать, что они принадлежат окружности общего

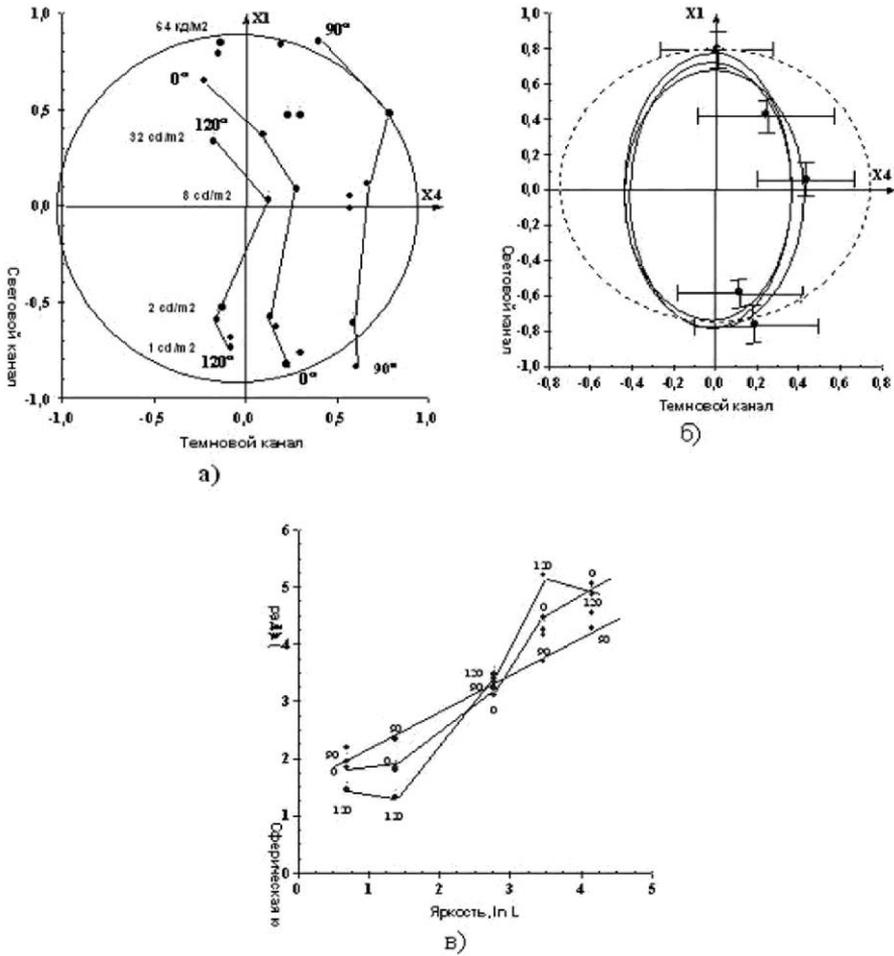


Рис. 5. а) Двумерное подпространство яркости 25 стимулов-линий, полученное как проекция четырехмерного пространства на плоскость осей X1X4. Одна ось этого пространства (X1) характеризует световой канал зрительной системы, а другая ось (X4) – темновой канал зрительной системы. Каждый кластер точек характеризует стимулы одинаковой яркости, но разной ориентации. Рядом с кластером показано значение яркости стимулов в cd/m^2 . Из этих данных видно, что ось X1 соответствует интерпретации этой оси как светового канала зрительной системы. Все точки-стимулы располагаются вдоль этой оси строго в соответствии с их яркостью. Хотя точки каждого кластера представляют стимулы одинаковой яркости, но внутри кластера они, в отличие от кластеров на рис 4а, располагаются неслучайным образом. Каждая группа точек, связанных ломаной линией, характеризует стимулы разной яркости, но одной и той же ориентации, которая обозначена в концах ломаной линии. Видно, что эти ломаные линии образуют параллельные криволинейные траектории с изгибом в одну сторону по оси X4. Это означает, что ось X4 вносит свой вклад в яркостную конфигурацию точек-стимулов, сходный с вкладом оси Y2 в ахроматическом пространстве, показанном на рис 1а, но этот вклад разный и зависит не только от яркости, но и от ориентации стимула. б) Пространство яркости линий-

стимулов после преобразования каждого кластера в точку путем усреднения координат. Вертикальный и горизонтальный отрезки показывают величину стандартного отклонения от среднего арифметического по оси X_1 и X_4 соответственно. Эллипс показывает, что точки располагаются на большом круге сферы в соответствии с яркостью, но сама плоскость этого большого круга располагается в четырехмерном пространстве под углом к двумерной плоскости X_1X_4 , поэтому проецируется на плоскость X_1X_4 в виде эллипса. Степень этого соответствия сферической координаты точки-стимула и яркости показывает график на рис. 5в, где по оси абсцисс отложена яркость в логарифмической шкале, а по оси ординат – сферическая координата соответствующей точки в градусах. На рис. 5в точки, представляющие стимулы одинаковой ориентации, соединены отрезками. Видно, что каждая группа точек-стимулов одной ориентации образует одинаковую монотонную функцию от яркости, но функции не объединяются, как в случае с ориентацией (рис. 4в), а каждая имеет свой наклон. Характерно, что график яркости для стимулов-линий с ориентацией 90° , которые на рис. 5а располагаются наиболее близко к экватору плоскости X_1X_4 , имеет линейную форму

четырёхмерного пространства, аналогично тому, как это было сделано для ориентационных кластеров на рисунке 4б. Горизонтальный и вертикальный отрезки, пересекающие точку, показывают величину одного стандартного отклонения от среднего по соответствующим координатам. Эллипс, представляющий изменение яркости линии с ориентацией 90° , показан на рис 5б пунктиром. Этот эллипс практически совпадает с окружностью, лежащей на плоскости X_1X_4 .

Таким образом, при фиксированном значении ориентации стимула-линии различение линий по яркости образует круговую траекторию на плоскости. Но яркостная плоскость каждого уровня ориентации повернута в четырехмерном пространстве вокруг оси X_1 на некоторый угол. Это демонстрируется графиком психофизической функции (рисунок 5в), показывающей зависимость горизонтального угла точки-стимула на плоскости X_1X_4 (ось ординат), измеренного против направления часовой стрелки, от логарифма яркости стимула (ось абсцисс). Для стимулов линий с ориентацией 90° функция имеет стандартную линейную форму. В то же время для стимулов-линий с другой ориентацией стимула отклонение от вертикали приводит к изменению наклона функции. Кроме того, функция становится нелинейной, уплощаясь на краях. При этом все функции пересекаются в точке среднего уровня яркости. Это значит, что на среднем уровне яркости стимулов влияние вертикальной ориентации на воспринимаемое различие по яркости минимально, оно начинает сказываться при выходе из среднего уровня как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения яркости линии. Причем чем дальше стимул от среднего уровня яркости, тем больше влияние ориентации на яркость.

Обсуждение результатов

Сравнение полученных данных с результатами независимого различения яркости и ориентации зрительных стимулов. Полученные результаты показывают, что в четырехмерном евклидовом пространстве различения линий разной яркости и ориентации можно выделить два отдельных двумерных подпространства – плоскость различения линий по ориентации и такую же плоскость различения линий по яркости.

Графики на рисунке 4 показывают, что подпространство различения ориентации линий разной яркости полностью совпадает с соответствующим графиками, приведенными на рисунке 2 для линий разной ориентации, но одной и той же яркости. Это означает, что процесс различения ориентации линий в зрительной системе не зависит от яркости линий.

Другая картина получается, когда мы обращаемся к подпространству яркости, представленному на рисунке 5. Эти данные показывают, что различение яркости линий, оказывается, зависит от ориентации линии в зрительном поле. Стимулы-линии разной яркости и разной ориентации действительно располагаются в общем четырехмерном пространстве в виде одной и той же конфигурации – точек полуокружности, но не на одной и той же плоскости, а каждый уровень ориентации имеет «свою» яркостную плоскость. Эти плоскости имеют общее начало координат, но они сдвинуты на некоторый угол относительно друг друга в четырехмерном пространстве. На рисунке 5а этот сдвиг представлен как параллельное смещение траекторий для точек-стимулов, имеющих одну и ту же ориентацию (они показаны отрезками, связывающими точки-стимулы разной яркости и одной ориентации). Положение точек на каждой криволинейной траектории строго упорядочено по яркости стимулов. Это означает, что их яркость определяется через горизонтальный угол на «своей» плоскости, и это показывают графики психофизической функции яркости на рисунке 5в. Для точек-стимулов, представляющих линии с ориентацией 90° , которые расположены на плоскости в четырехмерном пространстве, наиболее близкой к плоскости $X1X4$ (на рисунке 5а их траектория наиболее близка к окружности), психофизическая функция яркости, приведенная на рисунке 5в, имеет линейную форму, совершенно аналогичную стандартной психофизической функции яркости, приведенной на рисунке 1б. При изменении ориентации стимулов яркостная плоскость поворачивается в четырехмерном пространстве, и точки-стимулы проецируются на плоскость $X1X4$ со сдвигом, как это видно на рисунках 5а и 5б. Проекционный сдвиг на плоскости выражен не линейно, он сильнее искажает положение крайних точек на траектории (рисунок 5а), соответственно и психофизическая функция на рисунке 5в отклоняется от линейности на крайних значениях яркости стимула.

Результаты надпорогового различения линий разной яркости и ориентации во фронтальной плоскости зрительного поля обнаруживают принципиальное сходство с результатами независимого различения яркости (рисунок 1) и ориентации (рисунок 2) зрительных стимулов, полученными аналогичными методами в других наших работах (Izmailov, Sokolov, 1990, 1991; Измайлов и др., 2004, 2006). И для яркости (рисунок 1), и для ориентации линии (рисунок 2) конфигурации точек-стимулов на плоскости образуют круговую траекторию так, что сферическая координата точки прямо связана с сенсорной характеристикой стимула. Положение точек-стимулов относительно декартовых координат при одновременном различении сложных стимулов также однозначно совпадает с данными раздельного различения каждой из двух характеристик стимула-линии. На этом основании мы можем сделать вывод, что в различении сложного стимула участвуют два соответствующих двухканальных модуля. При этом они объединяются в четырехканальную сеть со специфическим взаимодействием между отдельными каналами этой

сети. Эта специфика заключается в одностороннем взаимодействии двух модулей, при котором именно активация модуля ориентации сказывается на активности яркостного модуля.

Полученные данные хорошо согласуются с результатами, которые мы получили методом регистрации электроретинограммы лягушки в ответ на мгновенную смену стимулов-линий разной яркости и ориентации (Измайлов, Зимачев, 2007; Izmailov, Zimachev, 2008). В этой работе было показано, что V-образная функция различения ориентации линий имеет типичную форму, когда линии имеют одинаковую яркость, и увеличение яркости линий на константу приводит к росту амплитуды ответа сетчатки и соответственно параллельному сдвигу V-образной функции ориентации. Это обнаружилось для всех точек V-образной функции, за исключением точки минимума, которая соответствует одинаковой ориентации линий разной яркости. В этой точке амплитуда ЭРГ резко возрастала, и поскольку это был ответ только на яркостную разность стимулов, был сделан вывод об одностороннем тормозном влиянии нейронной сети различения ориентации на сеть различения яркости. Эти результаты согласуются также с данными, полученными в работах на сетчатке высших позвоночных (Maffei, Fiorentini, 1990). Таким образом, можно сделать вывод, что показанное в данной работе взаимодействие ориентационного и яркостного модулей также объясняется односторонним тормозным влиянием ориентационного модуля на яркостный.

Полученная нами односторонняя тормозная взаимосвязь модулей яркости и ориентации линии является аналогичной взаимосвязи модулей яркости и цветового тона. Восприятие излучения фиксированной длины волны при изменении яркости меняется по цветовому тону (феномен Бецольда-Брюкке) таким образом, что уменьшение яркости приводит к смещению тона соседних излучений к константным красному и зеленому тонам спектра, а увеличение яркости приводит к обратному переходу к синей и желтой точкам спектра (Purdy, 1931; Hurvich. Jamson, 1961; Измайлов. 1981). В терминах двухканальных модулей различения яркости и цветового тона это объясняется тормозным взаимодействием основных каналов («светового» в яркостном модуле и «красно-зеленого» в цветовом модуле), которое происходит при объединении этих двухканальных модулей в четырехканальную нейронную сеть цветового зрения (Izmailov, Sokolov, 1991, 2004). Аналогичным образом при объединении двухканального модуля различения яркости и двухканального модуля различения ориентации в четырехканальную сеть происходит тормозное взаимодействие между каналами, которое приводит к наблюдаемым на рисунке 4в изменениям, по сравнению с процессом независимого различения (рисунок 1б). Однако характер взаимодействия при каждом объединении модулей имеет свою специфику (Измайлов, Чудина, 2006; Измайлов, Соколов, Едренкин, 2008).

Так, при объединении яркостного и цветового модулей изменение затрагивает только цветовой модуль, т. е. яркостный модуль здесь доминирует. А при объединении яркостного и ориентационного модулей, как это обнаружилось в данной работе и в работах по регистрации ЭРГ, изменение затрагивает, наоборот, яркостный модуль – здесь доминирует ориентационный модуль. Это доминирование одного модуля над другим можно интерпретировать как свидетельство приоритета сенсорных характеристик при детектировании сложного стимула. Иными словами,

яркостное различие для зрительной системы важнее цветового, а конфигурационное различие важнее яркостного. Такая интерпретация находится в соответствии с логикой биологического согласования процессов восприятия со свойствами среды. «Восприятие положения объектов в пространстве и их движения, очевидно, более важно для жизни живых организмов. Восприятие и представление цвета, конечно, вносит свой вклад в различие некоторых биологически релевантных объектов (например, красные ягоды на фоне зеленых листьев), необходимое для распознавания и обучения, но в более частых ситуациях (таких как идентификация человеческого лица с голубыми, карими или зелеными глазами, в обрамлении рыжих, черных или каштановых волос) совершенно несущественно как для животных, так и для человека» (Shepard, 1987. P. 1320). Аналогичное рассуждение можно сделать и относительно конфигурационных характеристик описания среды. Они дают существенно больше возможностей для формирования представления о многообразных вариациях среды, чем энергетические характеристики, поэтому имеют больший приоритет.

Литература

- Иден М.* Задачи распознавания образов и некоторые обобщения // Распознавание образов / Ред. А. Колерс и М. Иден. М.: Мир, 1970. С. 14–47.
- Измайлов Ч. А.* Сферическая модель цветоразличения. М.: Изд-во МГУ, 1980.
- Измайлов Ч. А.* Многомерное шкалирование ахроматической составляющей цвета // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений: По мат-лам советско-американского семинара / Под ред. Б. Ф. Ломова и др. М.: Наука, 1981. С. 98–110.
- Измайлов Ч. А., Соколов Е. Н.* Метрические характеристики сферической модели цветоразличения // Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология. 1978. С. 47–61
- Измайлов Ч. А., Соколов Е. Н.* Цветовое зрение. М.: Изд-во МГУ, 1984.
- Измайлов Ч. А., Зимачев М. М.* Детекция бимодальных стимулов в сетчатке лягушки // Журнал ВНД. 2007. Т. 57. № 1. С. 65–79.
- Измайлов Ч. А., Исайчев С. А., Шехтер Е. Д.* Двухканальная модель различения сигналов в сенсорных системах // Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология. 1998. Вып. 3. С. 29–40.
- Измайлов Ч. А., Соколов Е. Н., Едренкин И. В.* Интегрирование простых признаков стимула в нейронных сетях зрительной системы // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2008. № 5–6. С. 34–46.
- Измайлов Ч. А., Соколов Е. Н., Коршунова С. Г., Чудина Ю.* Геометрическая модель различения ориентации линии, основанная на субъективных оценках и зрительных вызванных потенциалах // Журнал ВНД. 2004. Т. 54. № 2. С. 267–279.
- Измайлов Ч. А., Зимачев М. М., Соколов Е. Н., Черноризов А. М.* Двухканальная модель ахроматического зрения лягушки // Сенсорные системы. 2006. Т. 20. № 1. С. 1–11.
- Супин А. Я.* Нейрофизиология зрения млекопитающих. М.: Наука, 1981.
- Уинстон П. П.* Компьютерное зрение // Психология машинного зрения / Под ред. П. П. Уинстона. М.: Мир, 1978.
- Фомин С. В., Соколов Е. Н., Вайткявичус Г. Г.* Искусственные органы чувств. М.: Наука, 1979.

Федоров Н. П. Курс общего цветоведения. М.: Радиотехника, 1935.

Хартридж Г. Современные успехи физиологии зрения. М., 1952.

Шеленин Ю. Е. Ориентационная избирательность и пространственно частотные характеристики рецептивных полей нейронов затылочной коры кошки // Нейрофизиология. 1981. Т. 13. № 3. С. 227–232. *Izmailov Ch. A. Uniform Color Space and Multidimensional scaling (MDS) // Psychophysical Judgment and the Process of Perception / Ed. by H. G. Geissler, F. Petsold. Berlin:*

VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1982. P. 52–62. *Izmailov Ch. A. Spherical model of discrimination of self-luminous and surface colors //*

Geometric representations of perceptual phenomena / Ed. by R. D. Luce, M. D. D’Zmura, D. Hoffman, G. J. Iverson A. K. Romney. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey, Hove UK, 1995, P. 153–168. *Izmailov Ch. A., Sokolov E. N.*

Multidimensional scaling of lines and angles discrimination //

Psychophysical Explorations of Mental Structures / Ed. by H. G. Geissler. Toronto –Bern–Stuttgart, Hogrefe and Huber Publishers, 1990. P. 181–189. *Izmailov Ch. A., Sokolov E. N.* Spherical model of color and brightness discrimination //

Psychological Science. 1991. V. 2 (4). P. 249–259. *Izmailov Ch. A., Sokolov E. N.*

Subjective and objective scaling of large color differences //

Psychophysics beyond sensation. Law and invariants of human cognition / Ed. by

C. Kaernbach, E. Schroger, H. Muller. Mahwah, N. J. Erlbaum, 2004. P. 27–42. *Izmailov*

Ch. A., Zimachev M. M. Differentiation of the bimodal stimuli in a frog’s retina //

Neuroscience and Behavioral Physiology. 2008. Vol. 38. № 2. P. 103–114 *Heggelund, P.*

1992. A bidimensional theory of achromatic color vision // *Vision Research.*

V. 32. P. 2107–2119. *Hubel D. N., Wiesel T. N.* Receptive fields, binocular integration and functional architecture

in the cat’s visual cortex // *J. Physiology.* 1962. V. 160. P. 106–154. *Maffei L., Fiorentini A.*

Electroretinographic responses to alternating gratings before and

after section of the optic nerve // *Science.* 1990. V. 211. P. 953–955. *Shepard R. N.*

Attention and the metric structure of the stimulus space // *J. of Mathematical*

Psychology. 1964. V. 1. P. 54–87. *Shepard R. N.* Towards a universal law of generalization for psychological space // *Science.*

1987. V. 237. P. 1317–1323. *Shepard R. N., Carroll J. D.* Parametric representation of nonlinear data structures //

Multivariate analysis / Ed. by P. R. Krishnaiah. N. Y.: Acad. Press, 1966. P. 561–592.

Sokolov E. N., Izmailov Ch. A. The Conceptual Reflex Arc: A Model of Neural Processing as Developed for Color Vision // *Modern Issues of Perception / Ed. by H. G. Geissler.*

Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1983. P. 192–216.

**Психодинамическая модель
«Эмоционально-волевого двигателя»
в человеческом поведении**

Д. В. Сочивко

В свое время основатель современной математики Готфрид Вильгельм Лейбниц написал: «Без настоящих единиц не может быть и множества». Поиск элементарных единиц является рубежным для каждой науки на этапе ее превращения из описательной области знания в собственно область научных изысканий, внутри которой осуществляется системное моделирование природных явлений. В психологии эта проблема была поставлена еще Демокритом. Сам Лейбниц предложил в качестве единицы психического свое понятие монады. Из более современных философов и психологов большое внимание этой проблеме уделяли Н. О. Лосский, который обобщил понятие психоида, предложенное Блейером, и Л. М. Веккер, во второй половине XX в. предлагавший в качестве такой единицы обобщенное понятие павловского рефлекса. Вообще во второй половине XX в. эта проблема стояла очень остро. Существовали самые разные концепции определения элементарной частицы психики, в том числе и с привлечением самых различных аналогий из физики, математики, естественных наук. Большое внимание уделялось этой проблеме и В. Ю. Крыловым, что выразилось, в частности, в разработке им автомата Крылова – Цетлина, а также в организации им многочисленных творческих конференций в бытность руководителем лаборатории математической психологии ИПАНа. Собственно говоря, для целей настоящей статьи нам необходимо лишь зафиксировать некоторое определение единицы психического, которым мы будем пользоваться при моделировании эмоционально-волевого поведения. Мы называем эту единицу «психоид». Более подробное описание наших подходов мы дали в другой более обширной публикации (Сочивко, 2007). Здесь же мы лишь ограничимся основными определениями с тем, чтобы перейти к построению моделей движения этих самых психоидов в субъективном пространстве-времени, что и есть, с нашей точки зрения, психодинамическая работа эмоционально-волевого двигателя.

- Психоид может быть элементарным, например элементарное ощущение света (точки на тахистоскопе), или сложно-составным, состоящим из множества элементарных уровней сложности организации (например, перцептивный образ, далее осмысленный образ, значение, смысл и т. д.). С этой точки зрения психоид есть единство внешнего и внутреннего плана восприятия действительности.

- Взятый в отношении к внешнему миру, психоид есть субстанциональный деятель, который также может быть элементарным, далее неделимый интуитивно-деятельностный элемент. Однако примеры здесь будут уже несколько другие, а именно интуитивно-деятельностный элемент – это любая психическая целостность – гештальт. Поэтому и элементарное ощущение (поскольку оно невозможно без элементарной деятельности, движения глаз например), и перцептивный образ, и сложный социоперцептивный образ человека являются *сложными* психоидами, но *элементарными* субстанциональными деятелями – интуитивно-деятельностными элементами, неделимыми далее. Субстанциональный деятель (в смысле Н. О. Лосского), таким образом, это целостное молекулярное психоидное образование. Высшим уровнем организации субстанционального деятеля является личность. Уровнем ниже, например, – личностная социальная роль, отношение к другому человеку, в гештальт-психологии – потребностная фигура, порождающая определенное поведение.

В эмоциях отражается *прошлое психологическое субъективное время* совпадения внешнего и внутреннего (психофизиологического) в явлении мира в его от ношении к психологическому настоящему. Связь же прошлого и будущего остается скрытой. Эта связь, как мы уже говорили, отражается в осмысленном психическом образе (второй уровень организации психоида). Присоединение эмоции к осмысленному образу порождает *страсть*. Страсть – это работа в физическом смысле. Следовательно, по количеству активности психоида, проще говоря, по количеству его движения между внешним и внутренним планом психоиду может быть присвоена некоторая температурная оценка: некоторое количество душевного тепла (Сочив-ко, 2007). Далее эта работа направлена на достижение того состояния психоида, когда в настоящем будет реализована одномоментность. Эмоция, таким образом, это в том числе и энергия, направленная на устранение разрыва в психологическом настоящем. Осмысленный образ в форме цели деятельности приобретает характер незавершенного гештальта. Возбужденный психоид передает свою энергию другим психоидам, и если ее будет достаточно, то данная деятельность становится ведущей для субстанционального деятеля. Эмоция, таким образом, – это количество душевного тепла, которое может рассеяться, заражая окружающих и постепенно угасая, а может стать страстью, «полезной» (мы не касаемся здесь нравственной оценки полезности) энергией – работой, проявляющейся в волевом действии.

Именно страсть, а не эмоция лежит в основе волевого действия. Таким образом, уравнение (психического) энергетического состояния деятельности опять же по аналогии с термодинамикой может выглядеть следующим образом:

$$S = \text{Эф} + \text{Эст}, \quad (1)$$

где S – внешняя стимуляция от объекта, осмысленный образ которого вызывает изменение внутреннего энергетического состояния системы (Эф), и влечет развитие влечения (или отторжения) объекта – страсть (Эст). Эф – фоновое эмоциональное состояние, эмоциональный тонус, внутренняя эмоциональная энергия личности. Эст – эмоция страсти, направленная на удовлетворение какой-то потребности, т. е. на внешний объект, способный эту потребность удовлетворить. Таким образом, Эст – эмоция страсти – описывается уравнением в рамках потребностно-

информационной концепции эмоций П. В. Симонова (Симонов, 1982), согласно которой эмоция (в нашем случае страсть) может быть представлена следующим образом):

$$\text{Эс т} = f [\text{П}, (\text{Ин} - \text{Ис}), \dots], \quad (2)$$

где Эс т – эмоция (страсть), ее степень, качество и знак; П – сила и качество актуальной потребности; разность (Ин – Ис) – оценка вероятности (возможности) удовлетворения потребности на основе врожденного и онтогенетического опыта; Ин – информация о средствах, прогностически необходимых для удовлетворения потребности; Ис – информация о средствах, которыми располагает субъект в данный момент. Если в уравнении П. В. Симонова раскрыть скобки, то, игнорируя многоточие, получаем:

$$\text{Эс т} = f \text{ П Ин} - f \text{ П Ис}, \quad (3)$$

если сопоставить с (1), то можно записать

$$\text{Эс т} = f \text{ П Ин} - f \text{ П Ис} = S - \text{Эф}. \quad (4)$$

Само по себе (4) ничего не говорит о соответствии друг другу отдельных членов уравнения, однако в целях для дальнейшего теоретического и экспериментального анализа можно предположить, что

$$f \text{ П Ин} = S, \quad f \text{ П Ис} = \text{Эф}. \quad (5)$$

Равенства (5) представляются нам весьма логичными и представляющими внутренний и внешний план психоида и субстанционального деятеля, однако их не следует рассматривать как строгие. Фоновое эмоционально-энергетическое состояние определяется информацией о наличных средствах, т. е. системой ассимилированных, знакомых образов внешнего мира, группирующихся вокруг потребности. Такова, например, группа образов о предстоящем обеде, группирующихся вокруг потребности в пище в знакомой рабочей обстановке, вызывающее лишь фоновые эмоции, что может приводить и к тому, что о еде человек забывает, если потребность в работе сильнее. Однако в незнакомой ситуации (в очень незнакомой, например, в чужом городе и без достаточных средств, когда непонятно, где и как добыть еду) потребность направляется во внешний мир, соединяется с новыми образами окружающей действительности в поисках тех из них, которые могут быть необходимыми средствами удовлетворения голода ($f \text{ П Ин}$), что приводит к разогреву психоида и, в свою очередь, ведет к возникновению эмоции-страсти, которая уже не позволит о себе забыть.

Приведенное уравнение (1) аналогично уравнению состояния термодинамической системы, отражающему первое начало термодинамики: при сообщении термодинамической системе некоторого количества теплоты Q в общем случае происходит изменение *внутренней энергии* системы DU и система совершает *работу* A :

$$Q = DU + A. \quad (6)$$

Уравнение (6) является определением изменения внутренней энергии системы (DU), так как Q и A – независимо измеряемые величины. Точно так же сообщение некоторой новой ассимилированной в психическом образе информации ведет к повышению внутренней душевной энергии психоида, который совершает деятельность, интенсивность которой измеряется страстной составляющей.

Внутреннюю энергию системы U можно, в частности, найти, измеряя работу системы в *адиабатном процессе* (т о е с т ь п р и $Q = 0$): $A_{ад} = -DU$, что определяет U с точностью до некоторой аддитивной постоянной U_0 :

$$U = U + U_0. \quad (7)$$

В наших терминах мы также можем положить $S = 0$, что повлечет соответствующее равенство $\mathcal{E}_{ст} = -\mathcal{E}ф$, что означает, что вся работа страсти равна внутренней энергии психоида. Такое состояние логично назвать состоянием медитации – полного бездействия, что, согласно нашим предположениям, является аналогом адиабатного процесса в термодинамике. При этом само это медитативное бездействие определяет внутреннюю энергию, опять же, до некоторой аддитивной постоянной \mathcal{E}_0 :

$$\mathcal{E} = \mathcal{E} + \mathcal{E}_0. \quad (8)$$

Возможно, эта постоянная и есть то, что представляет душу после смерти в различного рода околофизических теориях (аура, лептонная теория и т. п.). Концепция бесстрастного «недеяния» как жизненного пути, основанного на *познании*, известна с древности в противопоставлении концепции страстного «действия». Еще в Бхага-вадгите мы встречаем упоминания о йоге деяния и йоге познания, и далее во всех подробностях в индуизме и буддизме. О недеянии как способе бытия в мире указывают и христианские философы, опираясь на слова Апостола Павла «...должны быть... и пользующиеся мирским как не пользующиеся, ибо проходит образ мира сего» (1 Коринф. 7: 31). Здесь очень точно подмечена связь делания (неделания) с отказом или принятием образа мира (в наших терминах – S).

Обратимся теперь к вопросу ориентации волевой составляющей психоида в психологическом времени. Рассмотрим по порядку мотив, образ цели, действие, исключая желание как страстную составляющую воли, рассмотренную выше.

В волевой сфере гораздо в большей степени, чем в сфере эмоциональных и когнитивных процессов, прослеживается неразрывная связь всех трех составляющих психоида – известных из истории психологии как *психологическая триада* (**эмоции** – *переживание прошлого*, **познание** – *анализ настоящего*, **воля** – *акцентор будущего*). На это особо указывал С. Л. Рубинштейн:

В. М. Русалов, различая волевые процессы, не противопоставляет их интеллектуальным и эмоциональным и не устанавливает взаимоисключающей противоположности между интеллектом, чувством и волей. Один и тот же процесс (психоид в наших терминах. – Д. С.) может быть (и обыкновенно бывает) и интеллектуальным, и эмоциональным, и волевым. Изучая волевые процессы, мы изучаем волевые компоненты психических процессов. Вместе с тем волевой процесс еще более непосредственно и органически, чем процессы эмоциональный и интеллектуальный, включен в действие и неразрывно связан с ним. Так что изучение волевого акта непосредственно переходит в изучение действия, или, вернее, *изучение волевого акта – это и есть изучение действия* в отношении способа его регуляции (Русалов, 2000). Такая связь волевого компонента психоида с действием указывает на еще одно специфическое отличие воли от других психических процессов – их *осознанность*. Неосознаваемое же в данном случае точнее было бы называть *незнаемым* (еще), хотя уже интуитивно представленным в психоиде. Если опять обратиться к формуле эмоций (страсти) П. В. Симонова:

$$\mathcal{E} = f [П, (Ин - Ис), \dots], \quad (9)$$

то можно видеть, что незнаемое представлено здесь разностью имеющихся средств удовлетворения потребности и необходимых. Если необходимых больше, чем имеющихся, то развивается познавательная-волевая активность по овладению

необходимыми внешними объектами как средствами удовлетворения потребности. Работа воли заключается в том, что сфера сознания расширяется, в то время как эмоция-страсть остывает. Такое положение психоида можно назвать внешне-ориентированным, т. е. ориентированным на внешнее действенное познание, овладение внешним миром. Внешне-ориентированное состояние психоида сменяется на внутренне-ориентированное, связанное, прежде всего, с оценкой того, насколько же удовлетворена ведущая потребность. Это удовлетворенность может быть и малой, что приводит к новому разжиганию эмоции-страсти. Если теперь назвать внешне-ориентированное состояние психоида холодным (эмоционально), внутренне-ориентированное – горячим, то получится, что работа воли хорошо описывается термодинамическим циклом Карно. Труд, в котором он описал идеальную тепловую машину, назывался «О движущей силе огня». Эта «машина» в несколько упрощенном изложении представляется в виде идеально теплоизолированного цилиндра, наполненного фиксированным количеством рабочего тела (газа) и снабженного движущимся без трения поршнем. Машину можно без энергетических потерь переносить с одной подставки на другую. Одна подставка, поддерживаемая при температуре T_1 , служит нагревателем. Другую, поддерживаемую при более низкой температуре T_2 , назовем холодильником. Сначала цилиндр стоит на нагревателе, и газообразное рабочее тело изотермически (т. е. поглощая теплоту) расширяется, толкая поршень. После этого машину переставляют на холодильник, и газ изотермически сжимается, отдавая теплоту холодильнику и втягивая поршень. Далее цикл повторяется (см. напр.: Бэр, 1973). Не будем здесь снова останавливаться на том, что мы усматриваем здесь не просто аналогию, а вполне закономерное расширение начал термодинамики в области психологии – заложение основы психодинамики. Следует, однако, добавить, что воля совершает и еще одну существенную работу по *направлению* деятельности психоида. Эта работа может быть описана похожим образом, но связана с ориентацией психоида *внутри* субстанционального деятеля, где холодной и горячей «подставкой» психоиду служит разогретое вытесненным негативом бессознательное и холодное рассудочное сознательное.

Итак, до того, как начинает развиваться действие, само желание может быть познано и либо принято, либо отвергнуто. Первая ступень овладения желанием нашим сознанием есть его соединение с мотивом. Такое состояние в святоотеческой литературе обычно называется помыслом. Помысел может быть либо принят сознанием, либо отвергнут. В последнем случае обычно также происходит некоторое рассуждение, анализ помысла (охлаждение его страстности), что ведет к следующей ступени осознания желания. В случае же принятия помысла также происходит дальнейшее осознание желания, однако уже в форме сосложения (разогревание страстного помысла), через которое человек уже начинает утрачивать власть над своим желанием, и оно овладевает его сознанием, разогревая всю страстную составляющую психоида, подчиняя его волю. Принятие помысла без рассуждения (должной меры охлаждения) лишает человека свободы воли, рассуждение же сохраняет ее на этом этапе действия. Этот процесс иногда называют также принятием решения. Однако этот более формализованный термин не охватывает, на наш взгляд, всего объема понятия «рассуждение».

Итак, желание соединяется с мотивом, образуя уже осознанный побуждатель к действию. Далее, если не возникло необходимого рассуждения или же действие настолько просто, что не требует такового, в нашем сознании начинает строиться особый психический образ, называемый образом цели. Это образ того, что произойдет в будущем, когда будут совершены все предполагаемые действия, т. е. образ потребного будущего, образ того, чего еще нет. Вслед за этим начинает развиваться само действие, направляемое сравнением мотива, образа цели, который изменяется по мере изменения окружающей ситуации, т. е. развивается вышеописанная работа воли, направленная вовне. Итак, добравшись до интегрирующей компоненты психоида – воли, мы видим два контура его функционирования. Это внешняя работа по организации действия по овладению внешним миром с целью удовлетворения потребности и внутренняя работа по разогреванию и направлению энергии страстной составляющей эмоций. Нестрастная (циклическая, фоновая – см. выше) составляющая эмоций является внутренней энергией психоида и непосредственным источником разогревания страсти. Фактически речь здесь идет не просто об аналогиях, а о **расширении** начал *термодинамики* на область *психодинамики*, что становится возможным с указанием субстратного элемента психики (в качестве которого мы предлагаем *психоид* в выше определенном смысле).

Рассмотрим теперь, как такая количественная модель объясняет давно исследованную в практической психологии модель работы эмоционально-волевого двигателя, которая носит названия цикл контакта (в гештальт-психологии и гештальт-терапии). Цикл контакта начинается с сообщения психоиду некоторого количества душевной теплоты (стимуляции) или *изнутри организма*, или вследствие *восприятия чего-то во внешней среде, что пробуждает потребность*. Этот момент описывается приведенным выше уравнением внутренней энергии психоида $S = \Delta\Phi + \Delta\text{Эст}$, где S – внешняя стимуляция от объекта, осмысленный образ которого вызывает изменение внутреннего (эмоционального) состояния системы ($\Delta\Phi$), и влечет развитие влечения (или отторжения) объекта – страсти ($\Delta\text{Эст}$). Это действие внешней стимуляции, повышающее внутреннюю энергию всей системы психоида субстанционального деятеля, выталкивает психоид с его потребностью из сферы подсознательного (фона).

Далее, на втором этапе контактинга, психоид как интуитивно-деятельностный элемент переносится во внешний (холодный) план (см.: Лебедева, Иванова, 2005).

Разогреть своим душевным теплом все события окружающего внешнего мира у психоида – парциального (соответствующего некоторой конкретной потребности) субстанционального деятеля просто не хватит энергии. Однако он остывает, отдавая свое тепло некоторому *выбранному* объекту. И тогда, на третьем этапе, как пишут авторы, все, кроме «Я и Ты», уходит в фон. **Граница между объектом и субъектом растворяется**, и в спонтанном единении ощущений, чувств, мыслей и движения происходит реализация потребности (там же). Таким образом, на этом этапе происходит остывание психоида в холодном внешнем мире до определенного уровня и одновременное нагревание выбранного объекта, когда количество душевного тепла становится общим, т. е. равным, и происходит ассимиляция объекта психо-идом и удовлетворение потребности.

На завершающем этапе постконтакта «в качестве фигуры начинает снова выплывать Я», происходит дальнейшее остывание психоида до некоторой степени, равной душевной теплоте внутреннего плана целостного субстанционального деятеля – личности, которым психоид и поглощается. Это целостный психодинамический цикл, который реализуется в любом гладко организованном действии и поведении того или иного уровня сложности и организации. Однако такой целостный цикл состоит из более мелких циклов постоянной смены внешнего и внутреннего планов. Так, в примере выбора и съедания яблока как удовлетворения потребности, который приводят авторы учебника, можно выделить достаточно мелкие контакт-реакции, например, откусывания и т. д. Сами авторы приблизительно так пишут об этом: по сути, волна цикла контакта не гладкая, но представляет собой результат наложения друг на друга множества мелких волн. Эти мелкие циклы редко становятся объектами специального внимания (там же). Таким образом, в целом работу волевого двигателя можно в прямом смысле слова представить как циклическую работу, которая состоит в быстрой смене внутреннего и внешнего планов психоида.

Выше мы уже говорили о том, что существует большое количество различающихся описаний цикла контакта. Более того, как принято считать, каждый практикующий психотерапевт ориентируется на какой-то свой, несколько уточненный. Исходя из целей нашего изложения, нам необходимо сопоставить цикл контакта с циклом субъективного времени, т. е. с его спиралевидной структурой.

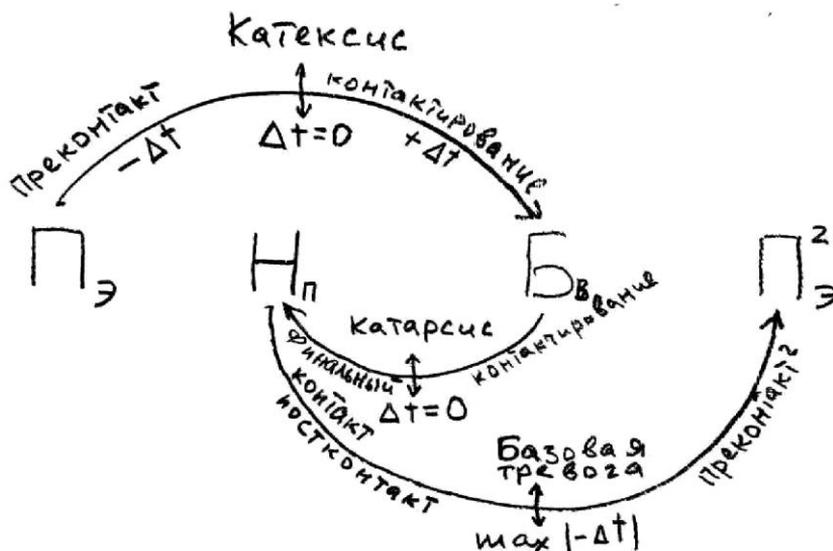


Рис. 1. Цикл контакта в субъективном психологическом времени

Большие буквы на рисунке 1 означают прошлое (Π), настоящее (Π) и будущее (Π), нижние буквенные индексы – соответственно эмоции (Э), познание (П) и воля (В). Верхний цифровой индекс означает следующий, второй цикл контакта. Дельта t означает разность температуры внешнего и внутреннего планов психоида: $dt = T_{\text{внш}} - T_{\text{вну}}$. На этапе преcontactа $T_{\text{внш}}$ мало, так как объект еще не опознан,

еще только едва теплится в сознании (его душевное тепло для нас мало). Нахождения объекта потребности (катексис) происходит в точке равенства душевного тепла внутреннего и внешнего планов психоида. На этапе контактирования идет активный разогрев внешнего плана, потребного объекта, его осознание, изучение, гештальтирование, наконец. Поэтому dt больше нуля. Контактное взаимодействие заканчивается в психологическом будущем и перетекает в психологическое настоящее в точке катарсиса, где dt также становится равным нулю, но уже **при высоких значениях душевной температуры** как внешнего, так и внутреннего планов психоида. На этапе финального контакта происходит остывание внешнего плана психоида. Если использовать, опять же, пример еды, то это ситуация, когда есть уже не хочется, но еще приятно смотреть на еду (есть глазами). На этапе постконтакта начинает происходить остывание и внутреннего плана психоида. Гештальт завершается и уходит в фон. Остывание внутреннего плана происходит достаточно медленно, но от его скорости зависит, с какой интенсивностью будет развиваться базовая тревога. Если остывание внутреннего плана запаздывает, что и бывает чаще всего, так как это и есть механизм дальнейшего развития жизнедеятельности, то между душевной температурой внутреннего и внешнего (уже остывшего) плана образуется большая отрицательная dt , что и является началом преконтакта. Собственно базовая тревога не есть преконтакт. В неопсихоанализе этот термин используется для обозначения того, что заменяет беспокойное либидо с его агрессивностью и сексуальностью.

Предложенная нами схема цикла контакта вводит три узловых точки, согласованные с общей теорией психодинамики и принципами работы волевого двигателя. Это первое равенство dt нулю (катексис) при невысоких значениях количества душевного тепла внешнего и внутреннего планов психоида, второе равенство dt нулю (катарсис) при гораздо более высоких соответствующих значениях, и, наконец, точка максимума отрицательной разницы температуры внешнего и внутреннего планов психоида – точка возникновения базовой тревоги, запускающей следующий цикл.

Эти три точки являются важными температурными константами поведения, которые, как мы сейчас попытаемся показать, характеризуют всю работу волевого двигателя как «в норме», так и при наличии *сопротивлений*.

Перлз очень емко и точно характеризует работу этих четырех механизмов сопротивлений: *интродектор поступает так, как хотят от него другие, проектор делает другим то, в чем обвиняет их по отношению к себе, человек в патологическом слиянии не знает, кто кому что делает, а ретрофлексор делает себе то, что хотел бы сделать другим* (Перлз, 2004).

Мы также ограничимся понятиями **внешнего** и **внутреннего** планов субстанционального деятеля (психоида), полагая внутренний план всегда *сознательным*, а внешний – содержащим тот или иной (потенциальный или реальный) элемент *неосознаваемого* (по причине ли незнания, незнакомости объекта, или по причине его вытеснения в предсознательное и подсознание в терминах аналитиков). Что происходит между внешним и внутренним планами в двух критических точках – катексиса и катарсиса, указанных на схеме, в которых душевная температура внешнего и внутреннего плана психоида становится равной? Первое, что следует отметить, – в этих точках мы имеем две константы душевного тепла:

$$\begin{aligned} T_{внш} = T_{вн} u = \text{const} = \min (\text{катексис}), \\ T_{внш} = T_{вн} u = \text{const} = \max (\text{катарсис}), \end{aligned} \quad (10)$$

где $T_{внш}$ – душевная температура внешнего плана психоида, $T_{вн}$ – душевная температура внутреннего плана психоида. Таким образом, температура внешнего и внутреннего планов дважды становится одинаковой: один раз вокруг точки катексиса при низких значениях количества душевного тепла и один раз вокруг точки катарсиса при высоких значениях количества душевного тепла.

Возникновение того или иного сопротивления мы связываем со смещением точки $dt = 0$ в сторону прошлого, будущего или настоящего субъективного времени. Смещение точки катексиса в сторону прошлого на линии движения от прошлого к будущему (см. рисунок 1) приводит к тому, что dt становится равной нулю при еще недостаточно знакомом и разогретом внешнем плане психоида. Температура внутреннего плана как бы искусственно занижается, и внешний, еще не достаточно знакомый, принимается как искомый, как необходимый для удовлетворения потребности. На наш взгляд, эта ситуация соответствует такому сопротивлению, как *слияние*. Далее, смещение катексиса в сторону будущего (см. рисунок 1) приводит, наоборот, к перегреву психоида. При этом катексис так и не наступает, объект так и не выбран. В результате человек, говоря словами Ф. Перлза, *делает себе то, что хотел бы сделать другим*. Это ретрофлексия. Волевой двигатель работает в перегретом внутреннем плане, не доставая объекта. Итак, с предложенных позиций теоретической психодинамики такие *сопротивления, как слияние и ретрофлексия, развиваются на той части спирали психологического времени, которая связывает прошлое и будущее*. Но тогда очевидными становятся и следующие наисущественнейшие, на наш взгляд, следствия о том, что происходит непосредственно в точке катексиса.

- Первое: катексис есть полное слияние субъекта с объектом, полная утрата границ. В гештальт-психологии об этом пишут как о тех пределах, где слияние является нормой, а не патологией. Теперь у нас есть и критерий такой нормы, а именно точка $dt = 0$.
- Второе: катексис есть полная ретрофлексия, т. е. полный примат внутреннего плана. Ф. Перлз так писал об этом почти дословно так: «Ретрофлектор умеет проводить границу между собой и средой и проводит ее вполне четко – только проводит он ее точно посередине себя самого», и далее: «Он **перестает направлять свою энергию вовне** (выделено мной. – Д. С.), чтобы произвести в окружающем изменения, которые удовлетворили бы его потребности; вместо этого он направляет свою активность внутрь и делает объектом своих воздействий не среду, а себя самого» (Перлз, 2004). Таким образом, **в точке катексиса ретрофлексия является нормой**. Нам не приходилось встречать описаний ретрофлексии как нормы в гештальтистской литературе. Тем не менее мы считаем признание этого факта очень важным как для психодинамической теории, так и для психотерапевтической практики. На определенном этапе включение ретрофлексии вместе со слиянием является не только нормальным, но и необходимым моментом цикла контакта. Ретрофлексия в норме есть что-то вроде **совестливого** действия – примерить на себя то, что ты дальше будешь делать с объектом.

- Третье: *В точке катексиса происходит одновременно полное слияние с объектом и полная ретрофлексия объекта.* Катексис есть точка равенства слияния и ретрофлексии. На наш взгляд, это и есть то состояние субстанционального деятеля, которое Н. О. Лосский называл *интуитивным проникновением в объект.* С одной стороны, проникновение в него (слияние), с другой – его полное принятие в себя (ретрофлексия).
- И наконец, четвертое: точка катексиса есть эмоционально-волевое равновесие, что следует из приведенного выше сопоставления компонентов субъективного психологического времени (прошлого и будущего) и психологической триады (эмоции, воля). Эта точка, где страстная часть эмоций обуздывается волей, точка равенства эмоциональной желательности и волевой готовности к овладению объектом, полному принятию его в пространство психоида. В этих терминах смещение катексиса влево, в сторону эмоций, есть греховная страсть, смещение вправо – ханжество.

Проведенный теоретический анализ психологических защит, расположенных на линии, связывающей субъективное прошлое и будущее, имеет значение не только для психодинамической теории, но и для практики гештальт-терапии. Распространенная ориентация психотерапевта на демпфирование слияния (путем про-страивания границ) и ретрофлексии (путем фокусировки на внешнем объекте) должна быть существенно уточнена. Эти защиты совсем не нужно демпфировать, наоборот, следует использовать энергию их сопротивления, но в нужный момент достаточного разогрева психоида и равенства температуры внешнего и внутреннего плана. Задача меняется на противоположную – привести клиента к полноценному слиянию. Так, например, требование психотерапевта заменить в речи «мы хотим» на «я хочу» (подавление слияния) есть на самом деле не подавление, а торможение слияния и необходимый разогрев внутреннего плана (я хочу), чтобы сделать будущее слияние полноценным (теперь **я точно знаю, что этого хочу я**, и я знаю, что **этого хочешь ты**, поэтому – **мы хотим**). Не во всех, по крайней мере, описанных в литературе гештальт-сессиях можно наблюдать это доведение слияния до полноты. Что же дает распространенное подавление слияния? Чувство того, что я – это я, а ты – это ты. Это первая часть гештальтистской лозунг-молитвы. Но только первая. Это важно на определенном этапе (низкой душевной температуры психоида). Далее в молитве (см.: Перлз, 2004) говорится о том, что если наши ожидания совпали, то это прекрасно (если нет, этому нельзя помочь). Человек живет именно тягой к прекрасному. Повседневное простраивание границ гораздо большее сумасшествие, чем слияние.

Перейдем, однако, к анализу следующей критической точки временного цикла контакта – катарсису, который также предполагает равенство dt нолю, но при высоких значениях $T_{внш}$ и $T_{вну}$. Дальнейшее движение по спирали психологического времени от будущего к настоящему предполагает дальнейший разогрев волевого двигателя (психоида – субстанционального деятеля), который происходит, в первую очередь, за счет быстрого роста температуры внешнего плана. При движении в сторону точки катарсиса объект становится не только все более желаемым – он становится вождельным. Даже самая тщедушная собачонка, если у нее отбирают кость до полного насыщения, пожертвует жизнью, чтобы укусить узурпатора.

По мере насыщения нагревается и внутренний план вплоть до наступления катарсиса (душевного оргазма). Что произойдет, если катарсис будет преждевременным, т. е. температура внешнего плана еще не достигнет своего максимума? Объект не готов расплавиться в психоиде, не готов к усвоению, поэтому ассимилируется «холодным», а следовательно, не переваривается, т. е. имеет место быть *интроек-ция*. Такие переваренные установки, способы действия, чувства, оценки, – пишет Ф. Перлз, – психологически называются *интроектами*, а механизм, посредством которого эти чуждые образования попадают в личность, мы называем интроекцией (Перлз, 2004). Но вот точка катарсиса пройдена. Начинается очень *быстрое охлаждение внешнего плана психоида*, свойственное финальному контакту. Вожделенный объект уже не так привлекателен, – можно и еще поесть, но уже не очень и хочется. Если смещение точки катарсиса происходит вправо, в сторону настоящего, то приходится довольствоваться «остывшим» объектом, а это неприятно. Тогда объект начинает искусственно наделяться душевным теплом внутреннего плана, т. е. ему приписываются те теплые и знакомые свойства, которых у него нет, или уже нет. Здесь мы имеем дело с *проекцией*.

Таким образом, в проекции мы сдвигаем границу между собой и остальным миром немного «в свою пользу», – как писал Ф. Перлз, – что дает нам возможность снимать с себя ответственность, отрицая принадлежность себе тех аспектов личности, с которыми нам трудно примириться, которые кажутся непривлекательными или оскорбительными (Перлз, 2004). Действительно, если катарсис сдвинут вправо от точки $dt = 0$, само выражение dt меняет знак с $+$ на $-$, т. е. внешний объект быстро остывает, а тепловые границы внутреннего соответственно несколько расширяются. Само это изменение знака, влекущее смену интроекции на проекцию, очень точно описывает Перлз: «Проецирующий невротик, как и интроектор, неспособен различать грани собственной целостной личности, которые действительно принадлежат ему самому, и то, что навязано ему извне. Он рассматривает свои интроекты как себя самого, а те части себя, от которых он хотел бы избавиться, он рассматривает как переваренные и несъедобные интроекты. Посредством проецирования он надеется освободить себя от воображаемых „интроектов“, которые в действительности являются вовсе не интроектами, а аспектами его самого» (там же). Итак, прилагая эмпирические описания психологических защит к временной структуре психоида на этом участке движения от будущего к психологическому настоящему (от воли к познанию), мы также можем сделать несколько существенных теоретических выводов о состоянии катарсиса.

- Первое: на общем фоне полного слияния и ретрофлексии объекта, происшедший при катексисе, катарсис есть полная интроекция объекта. Это не невротическая интроекция, но и не обычная интроекция, когда, например, знания заучиваются, без достаточного понимания, что-то принимается на веру – «как надо». Это полное и безусловное принятие объекта на том уровне душевного тепла, который достаточно высок и равен моему. Это состояние влюбленности в объект в высших его формах. Я принимаю тебя целиком и полностью таким, каков ты есть.
- Второе: катарсис – это полная проекция себя в объект, или внутреннего плана субстанционального деятеля во внешний. Каждому моему движению что-то

Психодинамическая модель «эмоционально-волевого двигателя»

отвечает в объекте. Высокий уровень душевного тепла в точке катарсиса обеспечивает то, что все желаемое мною в объекте воплощается. Влюбленные понимают друг друга без слов. Если я что-то только подумал, партнер (объект) уже стал таким.

- Третье: в точке катарсиса происходит одновременно полная интросекция объекта и полная проекция себя в объект. В точке катарсиса психод как бы выворачивается наизнанку. Каждой проекции меня соответствует интросекция объекта.
- Четвертое: точка катарсиса есть когнитивно-волевой баланс, равновесие делания и знания, деяния и познания. Еще в Бхагавадгите написано: «в действии бездействие и в бездействии действие находит мудрый».

Следующая линия движения на спирали субъективного времени не входит ни в один из известных нам циклов контакта. Возможно, что это предзадано первой гудмановской моделью цикла контакта, которая не включает то, что должно сделать цикл циклом, т. е. замыкание – начало следующего витка. Мы говорим о переходе из психологического настоящего к некоторому прошлому, с которого начинает выплывать из фона новая фигура, новая потребность, новый незавершенный еще гештальт.

Литература

Бэр Г. Техническая термодинамика. М., 1973.

Веккер Л. М. Психика и реальность. Единая теория психических процессов. М.:

Смысл, 1998. Лосский Н. О. Современный витализм // Диалог. Карнавал. Хронотоп. Витебск, 1993.

№ 2–3. Лебедева Н. М. Иванова Е. А. Путешествие в гештальт. СПб:

Речь, 2005. Лосский Н. О. Мир как осуществление красоты. М., 1998.

Лосский Н. О. Чувственная интеллигенция и мистическая интуиция. СПб, 1938. Перлз Ф.

Практика гештальт-терапии. М., 2004. Русалов В. М. Природные предпосылки и индивидуально-психосоциальные

особенности личности // Психология личности. Хрестоматия. М., 2000 Симонов П. В.

Потребностноинформационная теория эмоций // Вопросы психологии.

1982. № 6. С. 44–56. Сочинко Д. В.

Психодинамика. М., 2000.

Учет «человеческого фактора» при моделировании состязаний

А. С. Баканов

Понятие «человеческий фактор» используется во многих научно-практических сферах исследований и разработок. «Человеческий фактор» учитывается при построении систем управления, организации процессов управления. Учет «человеческого фактора» крайне важен для научной организации процессов производства, поэтому данное понятие используется специалистами по экономике, социологии, психологии труда и эргономики (Журавлев, 2004, 2005).

В широком значении понятием «человеческий фактор» обозначаются характеристики человека, человеческих групп, его общностей, которые оказывают влияние на более общие системы. По своему содержанию «человеческий фактор» – это интегральное образование, изучаемое разными научными дисциплинами в соответствии с включенными в него содержательными компонентами.

Понятие «человеческий фактор» относится к числу достаточно универсальных и широко используемых в самых разных науках, как гуманитарных, так и технических. Математическая психология – раздел, в котором разрабатываются теоретические и практические проблемы разработки математического аппарата для описания и моделирования объектов, обладающих психическими свойствами.

История человечества есть история состязаний – на заре развития человечество соревновалось с другими видами за выживание. Затем соревнования начали происходить между племенами в борьбе за ресурсы, и в конечном итоге также за выживание, но уже племени. Олимпийские игры – один из древнейших примеров состязания – проводятся и поныне, привлекая к себе внимание миллиардов людей. Все это подчеркивает актуальность проведения исследований и моделирования состязаний с учетом «человеческого фактора».

При моделировании состязаний необходимо учитывать индивидуально-психологические особенности как каждого участника состязания, так и всей команды в целом. При этом целесообразно выделять три основных типа ролей: командная, групповая и индивидуальная. Под командной ролью мы будем понимать совокупность действий, направленных на достижение целей команды. Групповая роль – действия, направленные на достижения целей группы. Соответственно, индивидуальная роль – достижение целей индивидуума. Таким образом, учет «человеческого фактора» в состязании можно интерпретировать как сочетание всех трех типов

ролей. Тип роли мы будем понимать как некоторую «оболочку», в которую «входят» конкретные люди (Журавлев, 2005). Таким образом, поведение человека в процессе состязания, игры сводится скорее к символическому, чем к реальному поведению. Поэтому «человеческий фактор» в состязании приобретает скорее символическое, чем конкретное содержание. Межличностное взаимодействие в группе, команде мы будем понимать как взаимодействие не между людьми, а между ролями-символами. Однако следует признать, что ролевые отношения иногда сводятся к минимуму в новых, нестандартных, критических и тому подобных ситуациях, а также и в неструктурированных группировках, что создает определенные трудности при моделировании и прогнозировании результата.

Поэтому при моделировании «человеческий фактор» не следует интерпретировать только чисто символически, так как реальное поведение человека-участника состязаний не может быть с психологической позиции содержательно и полно описано исключительно в терминах роли.

В последние годы значение теории игр для многих областей гуманитарных и технических наук существенно возросло. Уже в момент ее зарождения, которым считают публикацию в 1944 г. монографии Дж. Неймана и О. Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение» (Нейман, Моргенштерн, 1976), многие предсказали революцию в экономических науках благодаря использованию нового подхода. Эти прогнозы нельзя было считать излишне смелыми, так как с самого начала данная теория претендовала на описание рационального поведения при принятии решений во взаимосвязанных ситуациях (Льюис, Райфа, 1961). Такие тематические области, как стратегическое поведение, конкуренция, риск и неопределенность, являются ключевыми в теории игр и непосредственно связаны с управленческими задачами (Оуэн, 1971).

Следует отметить, что уже в 1980-х годах М. Портер ввел в обиход некоторые ключевые понятия теории, в частности такие, как «стратегический ход» и «игрок».

На начальном этапе моделирования необходимо определить участников. В нашем случае это участники состязания, объединенные в команды. Практика показывает, что не обязательно идентифицировать всех игроков – надо выделить наиболее важных, ключевых, равно как нет необходимости рассматривать все команды, поскольку интерес представляют только те из них, которые могут оказать влияние на исход состязания.

Состязание охватывает несколько периодов, в течение которых игроки (команды) предпринимают последовательные или одновременные действия. Эти действия мы будем обозначать термином «ход». Временные периоды, в течение которых игроки делают свои ходы, будем называть этапами игры. Выбранные на каждом этапе ходы, в конечном счете, определяют выигрыш или проигрыш в состязании каждого игрока, каждой команды, которые могут выражаться в материальных или моральных ценностях (призовой фонд, кубок и т. д.).

Еще одним понятием, которое необходимо учитывать при моделировании, является стратегия игрока (команды). Под ней мы будем понимать возможные действия, позволяющие игроку (команде) на каждом этапе игры выбирать из определенного количества альтернативных вариантов такой ход, который представляется ему «лучшим ответом» на действия или бездействие других игроков. Относительно кон-

цепции стратегии следует заметить, что игрок определяет свои действия не только для этапов, которых фактически достигла конкретная игра, но и для всех ситуаций, включая и те, которые могут и не возникнуть в ходе данной игры.

Опишем моделируемое состязание следующим образом. Две команды участвуют в гонках, побеждает тот, кто приходит первым на финиш. Каждая команда участников перед началом состязания определяет свои цели. В одном случае целью может быть желание прийти к финишу в первой тройке, в первой десятке, или просто дойти до финиша. В другом случае целью может быть занять первое место. Для достижения поставленных целей команды вырабатывают стратегии поведения в состязании. Например, стратегией может быть препятствование обгону при вступлении в конкурентную борьбу с соперником, с целью сохранения текущей



Рис. 1. Экран программного комплекса

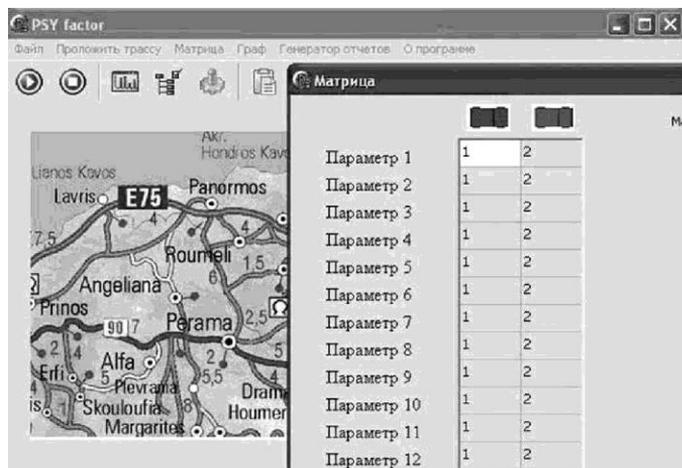


Рис. 2. Параметры, отражающие психологические характеристики участников состязания



Рис. 3. Результаты состязания

позиции, текущего рейтинга. Или наоборот, не препятствовать обгону. «Человеческий фактор» мы будем учитывать как совокупность параметров, определяющих такие показатели, как эмоциональный настрой, уверенность в достижении поставленной цели и т. д. Стратегия может находиться в зависимости от результатов ходов соперника и меняться под их воздействием. Например, команда, возглавляющая гонку и желающая прийти к финишу в первой тройке, может не препятствовать обгону до какого-либо события (например, два успешных обгона) и начать препятствовать обгону после него. Эмоциональный настрой как команды, так и ее участников может варьироваться в довольно широких пределах: от полной уверенности в победе и в своих силах вначале состязания до отчаяния от неминуемого поражения в конце.

Для моделирования влияния «человеческого фактора» на исход состязания в Институте психологии РАН разработан программный комплекс (рисунок 1). В основе разработанного программного комплекса лежит модель, учитывающая и отражающая связь во времени между психическими свойствами игрока и процессом выбора им той или иной стратегии поведения в игре (а также готовностью игрока (команды) отстаивать выбранную стратегию и претворять ее в жизнь).

Перед началом моделирования в разделе «меню > матрица» определяется количество участников состязания и параметры, отражающие психологические характеристики участников состязания (рисунок 2).

Программный комплекс позволяет в процессе моделирования наблюдать за изменениями характеристик и отслеживать их взаимосвязь с результатами состязания (рисунок 3).

Использование разработанного математического аппарата возможно не только для прогнозирования, но и в целях коррекции исхода (результата) состязания.

Также следует отметить, что существующая версия программной реализации модели обладает рядом ограничений (количество игроков (команд) должно быть не более двух, количество учитываемых параметров – не более 14). В связи с этим при интерпретации результатов моделирования следует соблюдать известную осторожность.

Литература

- Журавлев А. Л.* Психология управленческого взаимодействия. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2004.
- Журавлев А. Л.* Психология совместной деятельности. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005.
- Нейман Дж. Моргенштерн О.* Теория игр и экономическое поведение / Пер. с англ. М., 1970.
- Льюс Р., Райфа Х.* Игры и решения / Пер. с англ. М., 1961.
- Карлин С.* Математические методы в теории игр, программировании и экономике / Пер. с англ. М., 1964.
- Оуэн Г.* Теория игр / Пер. с англ. М., 1971.

РАЗДЕЛ IV

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Математические модели принятия решений

В. Ю. Крылов, А. В. Дрынков, Т. Н. Савченко

Процесс принятия решений занимает одно из ведущих мест в структуре человеческой деятельности (Ломов, 1981). В психологии принятие решений традиционно рассматривается как волевой акт, связанный с выбором цели и способов поведения. При этом в психофизиологии изучается принятие решений на нейронном уровне (Соколов, 1981), в психофизике – на сенсорно-перцептивном (Забродин, 1976), общая психология изучает принятие решений в индивидуальной и групповой деятельности, социальная психология исследует принятие коллективных и управленческих решений (Филиппов, 1981).

Принятие решений пронизывает весь процесс переработки информации человеком. Мы обнаруживаем его и при формировании цели, и при классификации поступающей информации, и при построении прогноза результата действия, и при выборе способов поведения и т. д. (Ломов, 1981).

Таким образом, термин «принятие решения» охватывает ряд явлений, различающихся и по уровню взаимодействия человека с окружающей средой, и по положению в структуре целостного поведенческого акта.

При построении моделей принятия решений несомненно важно учитывать уровень и стадию переработки информации. Однако для построения математических моделей принятия решений необходимо знать и то общее, что позволяет объединить столь различные явления одним термином «принятие решений».

Абстрагируясь от конкретного материала и вскрывая только структурно-функциональные характеристики, можно сказать, что все современные математические модели принятия решений опираются на некоторую формализованную структуру, которая представляется следующим образом. В каждой конкретно описанной задаче дана совокупность альтернатив $A = \{a, b, \dots\}$, и субъект, принимающий решение, выбирает одну из них. Каждая альтернатива, или вариант решения, приводит к одному из возможных исходов или последствий поведения. Эти «исходы» обладают некоторой ценностью для лица, принимающего решение (Козелецкий, 1979). Такая ценность может быть выражена объективно как некоторая нормативно одобрен-

Статья была напечатана в сб.: «Математическая психология: методология, теория, модели». М.: Наука, 1985.

ная величина (размер выигрыша, соответствие нормативно одобренной стратегии поведения, количество выработанной продукции, точность выполнения задания и т. д.). Вместе с этим каждый «исход» обладает некоторой субъективной ценностью, которая называется полезностью. В зависимости от типа субъекта, принимающего решение, характеристик процесса принятия решения и среды, в которой принимается решение, можно предложить следующие компоненты ситуаций принятия решений:

- 1) субъект принятия решений: индивид, коллектив (группа);
- 2) процесс принятия решений: уникальный выбор, многократный выбор;
- 3) знания субъекта, принимающего решение: полная информация, неполная информация;
- 4) зависимость результатов от выбранного действия: детерминированная, стохастическая;
- 5) характеристика среды в зависимости от времени: стационарная, нестационарная;
- 6) наличие собственной активности среды: нейтральна (принятие решений, игра с природой), активна (игра).

Приведенная классификация охватывает почти все ситуации принятия решения. Например, принятие решений при детерминированной зависимости следствий от выбранного действия при полной информации называют принятием решений при определенности; если существует вероятностная зависимость «исходов» от действий и эта вероятность известна субъекту (полная информация), то такая ситуация называется принятием решения при риске; если вероятности «исходов» неизвестны субъекту (неполная информация), говорят о принятии решений при неопределенности.

Одной из математических теорий, претендующих на моделирование принятия решения, явилась теория игр (Нейман фон, Моргенштерн, 1970), которая описывает поведение человека в конфликтных ситуациях. Согласно приведенной классификации, ход игрока в игре можно расценивать как принятие решения в активной среде, что существенно отличает эту ситуацию от поведения в нейтральной среде. В отличие от соперника природа «хитроумна, но не злонамеренна».

Формально игра представляется набором следующих множеств:

$$G = \langle I, \{F_i, iGZ\}, \{H_i, iGI\} \rangle, \quad (1)$$

где $I = \{i: i = 1, \dots, v\}$ множество игроков; $F_i = \{f^i: k = 1, \dots, n_i\}$ - множество чистых стратегии i -го игрока, H_i - функция выигрыша i -го игрока, определенная на прямом

произведении множеств чистых стратегий игроков $X = \prod_{i \in I} X_i$. Обычно множество

чистых стратегий, выбранных игроками в какой-либо момент времени t , называют партией.

Если для каждой партии определены выигрыши каждого игрока: $a_i = H_i(f_1, \dots, f^n)$, т. е. задана структура (1), то говорят, что задана игра v лиц в нормальной форме.

Игру, в которой выигрыши игроков v таковы, что $\sum_{i=1}^v a_i = 0$ для любой партии, называют игрой с нулевой суммой.

Наиболее хорошо изученной является игра двух лиц или биматричная игра. В этом случае $v = 2$.

Пусть $g_1 = g_2, g_3 = m$.

Пусть $F_1 = \{f_1, \dots, f_m\}, F_2 = \{g_1, \dots, g_n\}$.

Пусть $d_j = H_3(f, g) = a \quad i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m;$

$a_2 = H(f, g) = b \quad i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$. Таким образом, игра двух лиц полностью задана, если заданы две матрицы $A = \|a_{ij}\|$ и $B = \|b_{ij}\|$ размера $n \times m$.

Если задана биматричная игра и всегда выполнено условие $a_{ij} = -b_{ij} \quad i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$, то такая игра называется антагонистической игрой двух лиц. Для определения такой игры достаточно задать лишь одну матрицу $A = \|a_{ij}\|$ выигрышей первого игрока. Смешанной стратегией i -го игрока в игре v лиц называется вероятностный вектор $x^i = \|x_{ij}\|, \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1$ где

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_i}$$

Дальнейшим развитием теории игр являются так называемые кооперативные игры. В ситуации кооперативной игры допускается возможность выбора совместной (кооперативной) стратегии. Это приводит к расширению множества возможных стратегий. В частности, множество смешанных стратегий будет множеством всех вероятностных мер на множестве чистых стратегий.

Примером может служить биматричная неантагонистическая игра, хорошо известная как «семейный спор». В этой игре $F_1 = \{f_1, f_2\}, F_2 = \{g_1, g_2\}$. При этом матрицы выигрышей выглядят следующим образом:

$$\begin{matrix}
 & g_1 & g_2 \\
 f_1 & 2 & -1 \\
 f_2 & -1 & 1
 \end{matrix}$$

Эта игра не имеет решения ни в чистых, ни в смешанных стратегиях. Однако выбор кооперативной стратегии такой, что оба игрока выбирают то первую, то вторую стратегию, что позволяет соблюсти принцип Парето. Этот принцип определяет выбор такой кооперативной стратегии, при которой отклонение любого игрока от нее приводит к уменьшению или его собственного выигрыша, или выигрыша другого игрока. Множество таких стратегий называют множеством Парето.

Классическая теория игр обладает рядом недостатков с точки зрения моделирования реальной ситуации принятия решения игроком. Во-первых, формализации подвергается лишь сама игра (ее правила), а не поведение игроков. Во-вторых, игра в нормальной форме в принципе статична, в ней нет динамики. В-третьих, решение игры и точки равновесия существуют для весьма ограниченного класса игр.

Рассмотрим на примере игры «семейный спор», как можно было бы формализовать принятие решения игроком в процессе игры. Предположим, что каждый игрок стремится максимизировать свой выигрыш. При этом ему известна матрица его выигрышей и ход, который делает он сам и его соперник в данный момент времени.

И это естественно, так как если игроку известен хотя бы только его выигрыш, получаемый в результате произведенного им действия, то получить полную информацию о ходе игры, очевидно, не составляет труда.

Далее, каждому игроку известно, что его выигрыш зависит не только от его личного хода, но и от хода соперника. В качестве первого варианта рассмотрим случай, когда игрок, выбирая ход, предполагает, что соперник не изменит своего действия.

Пусть в начале игры игроки A и B выбирают первое действие. Тогда в соответствии с приведенным правилом выбора следующего хода ни игроку A , ни игроку B не выгодно менять своего решения, т. е. наблюдается ситуация равновесия. То же самое происходит, если оба игрока выбирают вначале второе действие.

В том случае, если игра начинается с выбора игроком A первого, а игроком B – второго действия, критерий принятия решения приводит к колебаниям между ситуациями $(A \rightarrow f_1'; B \rightarrow f_2')$ и $(A \rightarrow f_2'; B \rightarrow f_1')$, что крайне невыгодно обоим игрокам.

Рассмотрим случай, когда при выборе хода каждый из игроков предполагает, что соперник сменит свое действие. Тогда легко показать, что независимо от начала игры будут реализовываться колебания между ситуациями $(A \rightarrow f_1'; B \rightarrow f_1')$ и $(A \rightarrow f_2'; B \rightarrow f_2')$, что соответствует хорошо известной парето-оптимальной смешанной кооперативной стратегии.

Предварительные эксперименты показали, что в игре «семейный спор» достаточно часто возникает ситуация равновесия, описанная выше. При выборе игроком A первого действия теоретически игрок B , последовательно выбирая действие 2, может вынудить игрока A перейти на кооперативную стратегию поведения. Однако практически такое поведение оказывается нереализуемым, так как при этом игрок B вынужден решиться на временный проигрыш.

Проведенный анализ позволяет сформулировать предположение о необходимости описывать выбор действия игроком как некоторую функцию от критерия выбора и предыстории игры, которая может содержать и прогноз поведения соперника. Игра при этом будет рассматриваться как последовательность ходов игроков, а по характеристикам изменения среднего выигрыша игрока в зависимости от номера хода можно оценивать эффективность выбранной стратегии поведения.

Активно используется для моделирования процессов принятия решений и теория стохастических автоматов, которая описывает принятие решений в вероятностной среде.

Задаче изучения и моделирования принятия решения при вероятностном выборе суждено было стать одной из первых в развитии математической психологии. В рамках этого направления был построен ряд моделей принятия решений, таких как линейная модель С. Буша и Ф. Мостеллера (Буш, Мостеллер, 1972), модель выбора Д. Люсса, модель случайного блуждания Г. Бауэра, общая модель случайного блуждания В. Эстеса, модель, основанная на теории отбора стимула. Перечисленные модели обладали существенными недостатками. Во-первых, они описывали поведение, которое наблюдалось в данном конкретном эксперименте, т. е. были моделями *ad hoc*. Во-вторых, выбор типа модели в виде марковской цепи с поглощающими концами был достаточно произволен. В-третьих, эти модели не отражали изменения поведения в процессе научения, зависящее от условий эксперимента, в частности от инструкции.

Подход к моделированию поведения в случайной среде, основанный на теории стохастических автоматов, на наш взгляд, свободен от указанных недостатков.

Конечный стохастический автомат обычно задается пятеркой объектов

$A = \langle \theta, S, F, \Phi, \Phi \rangle$, где $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ - множество входов (входной алфавит); $F = \{f_1, \dots, f_m\}$ - множество выходов (выходной алфавит); $S = \{s_1, \dots, s_k\}$ - множество состояний (алфавит внутренних состояний).

Функции Φ и Φ называются соответственно функциями вывода и переходов:

$$f(x) = p(s(f)),$$

$$s(f) = ty(s(t-1), x(t-1)).$$

Эти уравнения называются каноническими уравнениями конечного автомата. В случае стохастического автомата функции Φ и Φ представляют собой стохастические матрицы, элементами которых являются переходные условные вероятности:

$$a_{ij} = Pr(f(i) = f | s(i) = s)$$

$$b_{ij} = Pr(s(t) = s | s(t-1) = s, x(t-1)), \quad \mathbf{f}$$

при этом $0 \leq a_{ij} \leq 1$, $0 \leq b_{ij}(x) < 1$ для любого x и $\sum_j a_{ij} = 1$ и $\sum_j b_{ij}(x) = 1$ для любого x .

Модели, построенные с помощью теории стохастических автоматов, удается успешно применять в психологических исследованиях.

В работе В. Ю. Крылова (1981) было показано, как на основе теории стохастических автоматов могут быть построены нормативная, а затем и дискриптивная модели принятия решений в вероятностной среде. Применению стохастических автоматов к описанию процесса научения в задачах идентификации понятий посвящена работа А. В. Дрынкова (1983).

Необходимо отметить, что, в отличие от теории игр, стохастический автомат позволяет формализовать не только правила игры, но и правила принятия решения игроком.

В последнее время в зарубежной литературе существенно возрос процент публикаций по теории полезности для принятия решений. Несмотря на то что история теории полезности начинается с работ Крамера и Бернулли, а одно из первых аксиоматических построений теории было предложено в 40-х годах нашего столетия и работе фон Неймана-Моргенштерна (Нейман фон, Моргенштерн, 1970), наиболее интересные результаты в этом направлении получены за последние 20 лет.

Теория полезности для принятия решений преследует две цели: первая - научить человека принимать решения, максимизирующие либо объективные показатели его поведения, либо субъективную ценность этого поведения; вторая - описать, как в действительности происходит выбор того или иного способа поведения.

Основным постулатом теории принятия решений служит утверждение о том, что индивид каждый раз выбирает альтернативу в соответствии с максимумом полезности (субъективной ценности) в данный момент. Обычно предполагается, что множество альтернатив и их полезность не меняются во времени. Но если первое утверждение не приводит к особым затруднениям (так как всегда можно представить отсутствие альтернативы, априорно приписывая ей минимальную полезность), то постоянство полезности может оказаться слишком сильным ограничением.

Экспериментальные исследования выбора одной из пары альтернатив привели к введению понятия бинарного отношения предпочтения на множестве альтернатив. Запись $a < \mathbf{B}$ означает, что из двух альтернатив $\{a, \mathbf{B}\}$ выбирается \mathbf{B} , т. е. « \mathbf{B} более предпочтительно, чем a ». Безразличие в выборе альтернатив обозначается как $a \sim \mathbf{B}$. Таким образом, отношение $<$ и \sim будем называть соответственно отношениями предпочтения и безразличия.

Перечислим основные свойства бинарных отношений:

- 1) если $a \sim a$, то \sim рефлексивно;
- 2) если из $a \sim \mathbf{B}$ следует $\mathbf{B} \sim c$, то \sim симметрично;
- 3) если из $a \sim \mathbf{B}$, $\mathbf{B} \sim c$ следует $a \sim c$, то \sim транзитивно;
- 4) если из $a < \mathbf{B}$ следует $a \not\sim \mathbf{B}$, то $<$ антирефлексивно;
- 5) если из $a < \mathbf{B}$, $\mathbf{B} < a$ следует, что одно из отношений неверно, то $<$ антисимметрично;
- 6) если из $a < \mathbf{B}$, $\mathbf{B} < a$ следует $a = \mathbf{B}$, то $<$ антисимметрично.

(Более подробно о бинарных отношениях и их свойствах см.: Фишберн, 1978). Центральным понятием теории принятия решений является функция полезности. Это вещественно значимая функция u , определенная на множестве альтернатив A и удовлетворяющая следующим условиям:

$$\begin{aligned} &\text{для любых } a, \mathbf{B} \in A, \\ &a < \mathbf{B} \Rightarrow u(a) < u(\mathbf{B}), \\ &a \sim \mathbf{B} \Rightarrow u(a) = u(\mathbf{B}). \end{aligned} \quad (1)$$

В некоторых случаях условия (1) могут быть заменены более слабыми (Фишберн, 1978).

Основные задачи теории принятия решений: определение условий (свойства бинарных отношений $<$ и \sim ; значение исходов; характеристика альтернатив и т. д.), при которых существует функция полезности, и собственно построение этой функции по экспериментальным данным.

Введенные выше понятия позволяют перейти к анализу различных конкретных ситуаций выбора из множества альтернатив. Во всех случаях, где это не оговорено особо, будем полагать, что множество альтернатив A не более чем счетно.

Рассмотрим задачу принятия решений, которая согласно приведенной классификации определяется как индивидуальный уникальный выбор в нейтральной детерминированной среде с полной информацией. И этом случае принимающему решению известно, что выбор определенной альтернативы с достоверностью приводит к определенному исходу.

Достаточно легко можно доказать следующее утверждение.

Теорема. Если отношение безразличия \sim рефлексивно, симметрично и транзитивно (т. е. является эквивалентностью), а отношение $<$ транзитивно и антирефлексивно (т. е. является отношением строгого порядка), то на A существует вещественно-значная функция, такая, что для любых $a, \mathbf{B} \in A$

$$\begin{aligned} &a < \mathbf{B} \Rightarrow u(a) < u(\mathbf{B}), \\ &a \sim \mathbf{B} \Rightarrow u(a) = u(\mathbf{B}). \end{aligned}$$

Алгоритмы построения u выглядят так. Пусть $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k, \dots\}$.

Положим $u(a_1) = 0$. Тогда для $a_1, a_2 > a_1$ будет выполнено одно из условий. Либо $a_1 \sim a_2$, $a_1 < a_2$, тогда $u(a_2) = u(a_1)$. Либо $a_1 < a_2$, $a_2 < a_1$, $a_1 < a_2$, тогда

если a , менее или более предпочтительно, чем все a_i , $i = 1, \dots, k$, то соответственно можно положить $u(a_i) = \min u(a_i)$ или $u(a_i) = \max u(a_i) + 1$.

В реальности может встретиться случай нарушения транзитивности отношения безразличия. Например, вам может быть безразлично, две крупинки сахара в вашей чашке кофе или три, и совершенно безразлично, две или 1000. Тогда можно показать, что если отношение \sim рефлексивно и симметрично, $<$ - отношение строгого порядка (транзитивно и антирефлексивно), то существует функция полезности такая, что:

$$\begin{aligned} a \sim B &\Rightarrow u(a) < u(b), \\ a < B &\Rightarrow u(a) < u(b), \\ a \sim B &\Rightarrow u(a) = u(b). \end{aligned} \quad (2)$$

Алгоритм построения u изменяется так, что если $a \sim B$, $B \sim c$ и $a < c$, то $u(b) = u(a)$ или $u(b) = u(c)$.

В ситуации вынужденного выбора из двух альтернатив может отсутствовать отношение безразличия, а отношение предпочтения перестает быть антирефлексивным, т. е. если $a < B$, то это не означает, что $a \not\sim B$. В этом случае отношение предпочтения приобретает свойство рефлексивности. Если при этом $<$ является антисимметричным, то говорят, что отношение предпочтения представляет собой нестрогое упорядочение. Отношение нестрогого порядка на множестве альтернатив будем обозначать через $<*$. Тогда можно показать, что существует u такая, что:

$$a < B * \Rightarrow u(a) < u(b). \quad (3)$$

Алгоритм построения такой функции полезности очевиден.

Мы рассмотрели случаи нарушения транзитивности отношения безразличия на множестве альтернатив, однако наиболее существенные трудности возникают при нарушении транзитивности отношения предпочтения.

Многие исследователи указывают на часто встречающееся в эксперименте нарушение отношения предпочтения при выборе из множества альтернатив. В работе Ю. Козелецкого (1979) отмечается, что нетранзитивность выбора может появляться даже в том случае, если испытуемые пользуются для принятия решений весьма разумными правилами.

Очевидно, что если отношение предпочтения нетранзитивно, то невозможно построить вещественно-значную функцию (Буш, Мостеллер, 1983), так как отношение «меньше» на множестве действительных чисел транзитивно.

Для описания таких предпочтений П. Фишберном (1978) было предложено другое определение функции полезности. Для детерминированного множества альтернатив аналог теоремы Фишберна выглядит следующим образом.

- Теорема.** Если на конечном A : 1) отношение \sim является эквивалентностью; 2) для любых $a, b \in A$ либо $a < b$, либо $b < a$, либо $a \sim b$, т. е. альтернативы сравнимы; 3) из $a < c$ и $b < c < d$ следует, что либо $d < c$, либо $c < d$, то существует вещественно-значная функция u , определенная на A . u , такая, что:

- 1) $a < b \Rightarrow v(a, b) < 0$;
- 2) $a \sim b \Leftrightarrow v(a, b) = 0$;
- 3) $v(a, b) = -v(b, a)$;
- 4) $|v(a, b)| + |v(a, c)| > |v(a, c)|$, $\forall a, b, c \in A^*$.

Доказательство теоремы очевидно, так как функция v и определяет полный помеченный граф. Узлами графа являются классы эквивалентности на A , а другие имеют направление (знаки) и величину ($|v|$).

Нетранзитивность предпочтений, по-видимому, всегда связана с выбором из множества альтернатив, описываемых несколькими параметрами. Вернее, мы можем объяснить наблюдаемую в эксперименте нетранзитивность выбора только путем введения дополнительного качества, которое измеряется на другой шкале, так как отношение «меньше» на множестве чисел не допускает нетранзитивности.

Рассмотрим теперь вопрос построения функции полезности на множестве случайных исходов. В этом случае предполагается, что на множестве альтернатив A заданы вероятностные меры $p \in P$. Будем обозначать через p элемент множества P , т. е. некоторую вероятностную меру на A , а через $p(a)$, $a \in A$ - соответственно вероятность появления альтернативы a согласно мере p . В зависимости от контекста задачи распределения называются ставками, играми, лотереями и т. д. В этом случае выбор человека заключается в предпочтении одной из возможных лотерей.

Таким образом, $p(a)$ является объективной вероятностью появления исхода a . Функция полезности на множестве P определяется аналогично (1). Функцией полезности называется вещественно-значная функция u , удовлетворяющая условию:

для любых $p, q \in P$:

$$p < q \Leftrightarrow u(p) < u(q),$$

$$p \sim q \Leftrightarrow u(p) = u(q).$$

Такая функция полезности называется совершенной.

В рассматриваемом случае наличие определенных структурных свойств у множества P приводит к тому, что функция u обладает свойством линейности, которое определяется следующим образом:

$$u(ap + (1 - a)q) = au(p) + (1 - a)u(q),$$

для всех $0 < a < 1$ и $p, q \in P$. Далее можно поставить два вопроса. Во-первых, при каких условиях возможно построение функции полезности; во-вторых, как полезность связана с объективной ценностью.

Ответ на первый вопрос дает следующая теорема.

Теорема. Если:

- 1) $<$ на P является слабым упорядочением;
- 2) $p < q \Rightarrow ap + (1 - a)r < aq + (1 - a)r$ для любого $0 < a < 1$;
- 3) $p < q$ и $q < r \Rightarrow ap + (1 - a)r < p$ и $q < |\beta|p + (1 - |\beta|)r$ для некоторых a и $|\beta|$, лежащих строго между 0 и 1, то этого необходимо и достаточно для существования совершенной линейной функции полезности для отношения $<$ на P .

Основным требованием, заключенным в первом условии, является требование транзитивности отношения $<$. Непосредственно из второго условия выводится ли-

нейность функции полезности, а третье условие позволяет вместе с двумя другими обеспечить вещественность функции полезности.

Первое, второе и третье условия в приведенной теореме достаточно сильны и часто подвергаются критике со стороны экспериментаторов.

Существенно ослабляет систему аксиом отказ от условия транзитивности отношения предпочтения. В этом случае, как и в случае детерминированных исходов, удастся построить другую функцию полезности, удовлетворяющую условиям

- 1) $p < q^*$ и $(p, q) < 0$;
- 2) $u(p, q) = -u(q, p)$;
- 3) $v(ap + (1 - a)q, r) = \lambda$ и $(p, r) + (1 - a)u(q, z)$, $a \in [0, 1]$, $\forall p, q, r \in P$. Необходимые и достаточные условия существования такой функции получены П. Фишберном.

Дальнейшее развитие теория полезности получила в направлении исследования альтернатив, зависящих от нескольких параметров: $a(x_1, \dots, x_n)$, $a \in A$. При этом рассматривается вопрос как о построении функции полезности на A , так и о построении функций полезности для значений отдельного параметра. Наиболее подробно исследованы условия существования аддитивной функции полезности. В этом случае $u(a) = u_1(x_{i1}) + u_2(x_{i2}) + \dots + u_n(x_{in})$.

Весьма перспективно исследование так называемой лексикографически упорядоченной полезности. Формально такая функция полезности определяется следующим образом. Альтернатива $a = \{x_{i1}, \dots, x_{in}\}$ считается менее предпочтительной, чем $a' = \{x'_{i1}, \dots, x'_{in}\}$, т. е. $a < a'$, тогда и только тогда, когда существует m такое, что для всех $s < m$ выполнено $x_{is} \sim x'_{is}$ и $x_{im} < x'_{im}$. В соответствии с описанной упорядоченностью предпочтений строится функция полезности: $u(a) < u(a')$ существует m такое, что для любого $k < m$, $u(x) = u_k(x_k)$ и $u(x) < u(x')$.

Лексикографическая упорядоченность полезности позволяет описать наиболее интересный момент в принятии решений - выбор между слабо различающимися альтернативами. В исследованиях по многомерному шкалированию было замечено, что довольно часто размерность и метрика пространства, получаемые при исследовании больших различий между стимулами, существенно отличаются от размерности и метрики, полученных при изучении малых различий. Это, по-видимому, вызвано тем, что «человек, находящийся в бурджанской ситуации, прибегает к помощи искусственно вводимых вспомогательных мотивов или стимулов» (Выготский, 1983). Лексикографическая ситуация упорядоченности полезности на множестве параметров позволяет формально отразить тот факт, что при равенстве значений определенных параметров человек прибегает к сравнению альтернатив по другим, дополнительным параметрам. Однако неясным остается вопрос о том, как и какие именно параметры формируются в той или иной ситуации выбора. Исследования процесса изменения субъективного пространства при переходе от больших различий между альтернативами к малым, несомненно, весьма актуально.

Проведенный в данной работе краткий обзор и анализ направлений моделирования процесса принятия решений позволил сформулировать ряд теоретических и экспериментальных задач, которые, на наше мнение, представляют интерес с точки зрения как развития психологической теории, так и применения результатов психологического исследования в практике.

Литература

- Буш Р., Мостеллер Ф. Стохастические модели обучаемости. М., 1972.
- Выготский Л. С. История развития высших психических функций. Соч. Т. 3. М., 1983.
- Дрынков А. В. Вероятностные модели процесса научения в задачах идентификации // Психологический журнал. 1983. Т. 4. С. 102–107. Забродин Ю. М. Процессы принятия решения на сенсорно-перцептивном уровне //
- Проблемы принятия решений. М., 1976. С. 33–55. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. М., 1979. Крылов В. Ю. Нормативные модели принятия решений в вероятностной среде //
- Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. М., 1981. С. 39–46. Ломов Б. Ф. Математика и психология в изучении процессов принятия решений //
- Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. М., 1981. С. 5–21. Нейман фон Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. М., 1970. Соколов Е. Н. Психофизиология принятия решения // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. М., 1981. С. 75–83. Филиппов А. В. Психологическая характеристика процессов генерации и принятия управленческих решений // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. М., 1981. С. 168–175. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М., 1978. Фишберн П. Теория полезности // Исследование операций М., 1981. Т. 1. С. 448–480. Цетлин М. Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М., 1969. Bower G. H. Choice-point behaviour // Studies in mathematical learning theory. Stanford, 1959. С. 89–104. Estes W. K., Burke C. S. A theory of stimulus variability in learning // Psychol. Rev., 1953. V. 60. P. 270–286.

**Модель рефлексивного поведения В. А. Лефевра:
частные случаи, варианты аксиоматики,
возможные обобщения**

В. Ю. Крылов, А. Ю. Казанцева

Главной задачей математической психологии является построение математических моделей поведения человека. Первые модели, такие как аксиома выбора Люса, стохастические модели обучения Буша, Мостеллера, Аткинсона, Бауэра, Эстеса, Цетлина и другие, явились важными результатами в решении этой задачи. Однако каждая из этих моделей описывала поведение человека для сравнительно ограниченного круга ситуаций. С самого начала существования математической психологии было ясно, что наиболее важной задачей является поиск такой парадигмы, которая позволила бы разработать общую модель поведения человека.

Единственной к настоящему времени удачной попыткой создания такой общей модели является формула человека В. А. Лефевра. В качестве содержательной основы модели В. А. Лефевр взял феномены рефлексии, на пути моделирования рефлексивного поведения человека В. А. Лефевру удалось создать очень общую модель, обладающую большой прогностической мощностью.

Модель В. А. Лефевра в различных вариантах описана в ряде публикаций (Ле-февр, 1991; Lefebvre, 1992), а также в докладе (Lefebvre, 1993). Однако представляется целесообразным изложить здесь основы теории В. А. Лефевра, чтобы было возможно читать настоящую работу независимо.

В теории рефлексивных процессов В. А. Лефевра предполагается, что субъект живет в мире, в котором существуют два полюса: по зитивный и негативный. Субъекту соответствуют четыре переменные

$$X_1, x_1, x_2, x_3 \in [0, 1].$$

Значение x_1 – это мера давления мира, склоняющего субъекта выбрать положительный полюс. Значение x_2 – это субъективный образ меры давления мира в сторону позитивного полюса. Значение x_3 – это мера потенции субъекта выбрать позитивный полюс. Наконец X_1 – это мера готовности субъекта выбрать положительный полюс.

Теоретической моделью субъекта является формальный оператор.

$$X_1 = \text{Sub } x_1, x_2 (x_3) = f(x_1, x_2, x_3).$$

Опубликовано в: *Крылов В. Ю., Казанцева А. Ю.* Модель рефлексивного поведения В. А. Лефевра: частные случаи, варианты аксиоматики, возможные обобщения. М.: ИП РАН, 1994.

Чтобы определить конкретный вид этой функции, В. А. Лефевр (Лефевр, 1991) формулирует три аксиомы.

1. Аксиома свободы воли: если $X = 0$ и $X = 0$, то $\text{Sub} (X) = X$ для любых $X \in [0, 1]$.

Содержательно аксиома свободы воли означает, что если мир плох ($X = 0$) и воспринимается субъектом ($X = 0$) как плохой, то любая субъективная интенция превращается в объективную готовность $X_3 = X$.

Позже В. А. Лефевром было дано следующее толкование смысла аксиомы свободы воли: если мир склоняет человека совершить плохой поступок ($X = 0$) и если человек знает это ($X = 0$), то человек ответственен за свой поступок (Лефевр, 1992, 1993).

2. Аксиома незлонамеренности: если $X = 1$, то $\text{Sub} (x_0) = 1$ для любых $x, E [0, 1]$ и $x_3 \in [0, 1]$.

Содержательно аксиома незлонамеренности утверждает, что если мир подталкивает субъекта к совершению хорошего поступка ($X = 1$), то тот всегда совершает хороший поступок: $X = 1$ при любых X и X .

3. Аксиома доверчивости: если $X = 0$ и $X = 1$, $\text{Sub} (1) = 0$ для любых $X, E [0, 1]$.

Содержательно аксиома доверчивости утверждает, что если мир толкает субъекта совершить плохой поступок ($X = 0$), а субъект видит мир склоняющим его совершать только хорошие действия ($OC = 1$), то в этой ситуации субъект совершает плохое действие $X_3 = 0$ при любой субъективной интенции X . Можно сказать, что в этом случае субъект совершает плохой поступок просто потому, что не ведает, что творит.

Далее, В. А. Лефевр вводит технический постулат о связи переменных с переменной X , а именно вводится предположение, что функция $x = f(x, x_0, x_3)$ линейна

по каждой из переменных x, x_0, x_3 , т. е.:

$$X = (a, x, + b) (ajc_n + b) (CLJC, + b) = a + 6x, + fLx_0 + Bx, + ux_n x_0 + v_2^* \cdot x, + yL, x_n +$$

$5x, x, x,$

Легко проверяется, что если функция $f(x, x^*, *)$ линейна по каждой из пере-

менных и выполнены все аксиомы, то $X = f(x, +x_0, 4-x) = x, +x, -x, x_0 - x_0 X, +x, x_0 x_0$.

Заметим, что это выражение можно записать в виде:

$$X_1 = \phi(x_p, \phi(x_2, x_3)), \text{ где функция } (p(u_1, u_2) = 1 - u_2 + u_1 u_2.$$

В других обозначениях полученный результат можно записать следующим образом:

$$\{X = \phi(x, x_A$$

$$\{X_2 = \phi(x_2, x_3).$$

Интерпретация последних формул состоит в том, что предполагается, что у субъекта есть образ себя, и функция $x = \phi(x_0, x_3)$ соответствует этому образу. При такой

интерпретации самоописание субъектов, $x = \phi(x_2, x_3)$ и его описание с внешней позиции $X_3 = \phi(x_p, x_2)$ представляются одной и той же функцией

$$\phi(u_1, u_2) = 1 - u_2 + U_j U_2.$$

При этом переменная x_3 соответствует воздействию мира, а переменная u_2 - образу себя. Заметим, что переменная x_3 при таком истолковании приобретает дополнительный смысл: она представляет образ себя, который есть у образа себя.

Последние соображения позволяют дать другой вывод основной формулы субъекта.

Предположим, как и раньше, что теоретической моделью субъекта является формальный оператор

$$X_1 = \text{Sub}_{x_1, x_2}(X_3) = f(x_1, x_2, x_3).$$

Однако вместо аксиом свободы воли, незлонамеренности и доверчивости, а также вместо постулата линейности введем следующие два предположения.

Предположение 1. Функция $X_1 = f(x_1, x_2, x_3)$ имеет вид:

$$X_1 = \Phi(x_1, \Phi(x_2, x_3)).$$

Содержательно это предположение означает, что у субъекта есть образ себя X_2 и что самоописание субъекта $X_2 = \Phi(x_2, x_3)$ и его описание с внешней позиции $X_1 = \Phi(x_1, x_2)$ представляются одной и той же функцией $\Phi(u_1, u_2)$.

Предположение 2. Функция $U = \Phi(u_1, u_2)$ соответствует логической функции импликации. Это предположение означает следующее. Рассмотрим логическую функцию импликации. Пусть a, b, c – булевы переменные, т. е. переменные, принимающие лишь значения нуль или единица. Пусть $c = b \rightarrow a$, т. е. является логической функцией импликации. Предположим, что таблица истинности для импликации имеет вид:

b	a	c = b ^ a
00		1
011		
10		0
111		

Введем вероятности того, что переменные a, b, c принимают значения единица, а именно, пусть

$U = \text{Pr}\{c = 1\}$, $U_1 = \text{Pr}\{a = 1\}$, $U_2 = \text{Pr}\{b = 1\}$. Тогда в соответствии с таблицей истинности будем иметь:

$U = \text{Pr}\{c = 1\} = (1 - u_2)(1 - u_1) + (1 - u_2)u_1 + u_1u_2 = 1 - u_2 + u_1u_2$. Таким образом, в соответствии с предположением 2 получаем, что $U = \Phi(u_1, u_2) = 1 - u_2 + u_1u_2$, что соответствует функции, удовлетворяющей аксиомам В. А. Лефевра.

Вывод «формулы человека» закончен

Таким образом, В. А. Лефевром показано, что столь простая модель обладает чрезвычайно большой прогностической способностью. Так, с помощью модели В. А. Лефевра удастся выявить особую роль золотого сечения в задачах выбора, объяснить различие в результатах психофизических опытов с категориальной и магнитудной стимуляцией. Следствием модели В. А. Лефевра является классическая модель выбора Брэдли–Терри–Люса. При некоторых дополнительных предположениях модель В. А. Лефевра объясняет естественную генерацию музыкальных интервалов и ряд других результатов.

В связи с изложенным естественно возникает ряд проблем, относящихся к модели рефлексивного поведения В. А. Лефевра.

Первая проблема – это проблема единственности предложенной Лефевром модели. Эту проблему можно сформулировать, например, следующим образом: не существует ли других систем аксиом, приводящих к другим моделям рефлексивного поведения человека, однако обладающим теми же или аналогичными свойствами?

Вторая проблема – это проблема моделирования патологических форм рефлексивного поведения. Поиск таких моделей можно искать как на пути анализа частных

случаев модели В. А. Лефевра, так и на пути изменения состава аксиом, специально подобранных для моделирования той или иной формы патологического поведения.

Наконец, третьей группой проблем является нахождение таких типов рефлексивного поведения человека, которые не описываются моделью В. А. Лефевра и, следовательно, требуют разработки обобщенной модели рефлексивного поведения.

Настоящая работа является первой попыткой подхода к анализу всех трех групп проблем, связанных с моделью В. А. Лефевра.

О единственности модели В. А. Лефевра

Примем, что рефлексивное поведение удовлетворяет следующим трем аксиомам:

Аксиома 1. $\text{Sub}_{0, x_2}(X_3) = 0$, что содержательно означает: если внешний мир осуществляет давление в сторону выбора негативного полюса, то субъект выбирает негативный полюс при любом образе мира и любом своем намерении.

Аксиома 2. $\text{Sub}_{1, 0}(X_3) = 1$, что содержательно означает: если внешний мир осуществляет давление в сторону выбора позитивного полюса, а образ мира негативен, то субъект выбирает позитивный полюс при любом своем намерении.

Аксиома 3. $\text{Sub}_{1, 1}(X_3) = X_3$, что содержательно означает: если внешний мир осуществляет давление в сторону выбора позитивного полюса и образ мира позитивен, то субъект при своем выборе реализует свое намерение.

Подставляя соотношения между переменными, следующие из данных аксиом, в трилинейную формулу и находя ее коэффициенты, получаем, что оператор субъекта имеет вид:

$$X_I = x_1 - x_1x_2 + x_1x_2x_3 = \Psi(x_1, \Psi(x_2, x_3)), \text{ где}$$

$$\Psi(u_1, u_2) = u_1 - u_1u_2.$$

Выше было показано, что оператор В. А. Лефевра соответствует логической функции импликации.

Найдем логическую функцию, которой соответствует

$$U = \Psi(u_1, u_2) = u_1 - u_1u_2.$$

Рассмотрим логическую функцию $c = b \rightarrow a$ – отрицание импликации.

Таблица истинности этой функции имеет вид:

В		a		c = b ^ a
000				0 1
110				
01				

Как это было сделано выше, введем вероятности того, что переменные a, b, c принимают значения $y = 1$, а именно: пусть $U = \Pr\{c = 1\}$, $u_1 = \Pr\{a = 1\}$, $u_2 = \Pr\{b = 1\}$.

Тогда в соответствии с таблицей истинности будем иметь:

$$U = \Pr\{c = 1\} = (1 - u_2)u_1 = u_1 - u_1u_2.$$

Таким образом, функция $U = \Psi(u_1, u_2) = u_1 - u_1u_2$ соответствует логической функции отрицания импликации.

Рассмотрим теперь некоторые свойства двух моделей: $X_I = \Phi(x_1, \Phi(x_2, x_3))$ и $X_I = \Psi(x_1, \Psi(x_2, x_3))$.

Задача 1. Категоризация объектов по биполярному конструкту «хорошо-плохо».

1

Пусть испытуемому предъявляются абсолютно идентичные объекты, т. е. $X_1 = X_2$, и их просят рассортировать их на «хорошие» и «плохие». Естественно предположить, что испытуемый производит в данном случае осознанный выбор, т. е.

$X_1 = x$, т. е. мера готовности выбрать позитивный полюс (X_3) совпадает с намерением выбрать позитивный полюс (x_3). Предположим также, что субъективная оценка образа мира (X_2) совпадает с намерением (x_2), полностью определяя его: $x_2 = x$,.. Обозначим через x общее значение равных переменных:

$$x = X_1 = x_2 = x_3.$$

Для модели В. А. Лефевра имеем:

$$X = -X - X^2 + X^3, \text{ или } X^3 - X^2 + X - 1 = 0.$$

Откуда

$$-1 + \sqrt{5} \\ 2 \approx 0,618,$$

что является золотым сечением.

Для второй модели обозначим общее значение переменной через

$$Y = X_1 = X_2 = X_3: Y = -Y - Y^2, \text{ или } Y^2 - 3Y + 1 = 0.$$

Откуда: $3 - \sqrt{5}$

$$y = \frac{3 - \sqrt{5}}{2} \approx 0,382,$$

где

$$y = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} \approx 0,618,$$

что тоже является золотым сечением (его меньшей частью).

Задача 2. Модель Брэдли-Терри-Люса. В своей последней работе В. А. Лефевр показал, что из его модели следует модель Брэдли-Терри-Люса.

Как и в предыдущей задаче, будем считать, что $x_1 = x_2 = x_3$, и будем обозначать их общее значение через

Тогда из модели Лефевра следует, что $X \gg X'$ ■■
 2-х Предполагая теперь, что давление x , мира в сторону позитивного полюса равно

"2 где V_1 и V_2 - значения функции полезности объектов A_1 и A_2 , подлежащих выбору, получим:

$$\frac{V_1}{V_2}$$

что и есть модель Брэдли-Герри-Люса.

Предполагая для второй модели, что x , определяется отношением полезностей:

$$X = x_3 = x_2 = x_1 \quad i$$

$$x_1 = -\frac{L}{V_2}$$

и находя, что $X = \frac{x_i}{1 + X^2}$,
получаем

$$\frac{1 + YL}{V_2} = \frac{V_1 + V_2}{V_2}$$

что совпадает с предыдущим результатом.

Из приведенных примеров видно, что вторая модель обладает некоторыми (хотя и не всеми) свойствами модели В. А. Лефевра.

Вернемся снова к аксиомам, лежащим в основе модели Лефевра, т. е. к аксиомам свободы воли, незлонамеренности и доверчивости.

Покажем, что эта система аксиом не является единственной в том смысле, что можно указать другую систему аксиом, однако приводящую также к модели Лефевра. Чтобы это показать, выпишем аксиомы Лефевра в более подробном виде. Аксиома свободы воли:

- 1) $0 \Rightarrow (0, 0, 0)$
- 2) $1 \Rightarrow (0, 0, 1)$.

Аксиома незлонамеренности:

- 3) $1 \Rightarrow (1, 0, 0)$
- 4) $1 \Rightarrow (1, 0, 1)$
- 5) $1 \Rightarrow (1, 1, 0)$
- 6) $1 \Rightarrow (1, 1, 1)$.

Аксиома доверчивости:

- 7) $0 \Rightarrow (0, 1, 0)$
- 8) $0 \Rightarrow (0, 1, 1)$.

Перегруппируем эти восемь утверждений и объединим их в следующие три аксиомы.

Утверждения:

- 1) $0 \Rightarrow (0, 0, 0)$
- 3) $1 \Rightarrow (1, 0, 0)$.

Можно представить в виде новой аксиомы: аксиома № 1 (аксиома фатальности): $x = f(x, 0, 0)$ для любого x , что содержательно означает: если образ мира плох ($x = 0$) и имеется интенция совершить плохой поступок ($x = 0$), то давление мира X пре-вращается в готовность совершения поступка: $X = x$. Утверждения:

- 5) $1 \Rightarrow (1, 1, 0)$
- 6) $1 \Rightarrow (1, 1, 1)$

- 7) $0 \neq (0, 1, 0)$
 8) $0 \neq (0, 1, 1)$

можно представить в виде аксиомы: аксиома № 2 (аксиомы веры в добро): $x \neq (x, 1, x_3)$ для любого x что содержательно означает: если образ мира хорош ($x = 1$), то при любой интенции x , давление мира x , превращается в готовность: $X_1 = x_1$. Наконец, утверждения:

- 2) $1 \neq (0, 0, 1)$
 4) $1 \neq (1, 0, 1)$

можно представить в виде аксиомы: аксиома № 3 (аксиомы неверия в зло): $1 \neq \{x, 0, 1\}$ при любом x , что содержательно означает: если образ мира плох ($x = 0$), а имеется интенция совершить хороший поступок ($x = 1$), то при любом давлении мира x , реализуется готовность совершить хороший поступок $X = 1$.

Из вывода этих аксиом очевидно, что они приводят к формуле субъекта, выведенной В. А. Лефевром.

О моделировании патологических форм рефлексивного поведения

Очевидно, что одной из интересных задач является задача моделирования патологических форм рефлексивного поведения. Целесообразно сразу же разделить эту задачу на две. Первая задача - моделирование различных патологий рефлексивного поведения в рамках модели субъекта, предложенного В. А. Лефевром.

Вторая задача - моделирование таких форм патологий рефлексивного поведения, которые не описываются в рамках модели субъекта В. А. Лефевра и для моделирования которых необходимо изменение аксиоматики поведения субъекта.

Рассмотрим возможные подходы к решению этих задач.

В работе В. А. Лефевра рассматривается ситуация осознанного выбора, когда субъективная интенция x , превращается в объективную готовность X , т. е. $X = x$. В этом случае для модели В. А. Лефевра получается, что

$$x = \dots \cdot j \cdot \dots \wedge 2 \sim \wedge 1 \wedge 2$$

Вообще говоря, можно рассмотреть и другие виды связи переменных в модели В. А. Лефевра, в том числе описывающие определенные виды патологии рефлексивного поведения. Приведем хотя бы один пример.

Пусть, например, в модели В. А. Лефевра $X_3 = x$, т. е. давление на субъекта со стороны внешнего мира x , превращается в объективную готовность X . Тогда:

$$X_1 = 1 - (1 - X + X \wedge X) + x_3(1 - X + X \wedge X),$$

откуда $X_3 = 1$, т. е. субъект всегда выбирает только положительный полюс.

Вторая задача - это возможная патология на уровне аксиоматики, т. е. изменения вида модели.

Рассмотрим возможные примеры.

Пусть, например, как это было в модели В. А. Лефевра,

$$X_1 = F(x_1, F(x_2, x_3))$$

но функция $F(u_1, u_2)$ отличается от функции $sr(u_3, u_2) = 1 - u_1 + u_1 u_2$, рассмотренной В. А. Лефевром. Так, например, в предыдущем параграфе была рассмотрена функция

$F(n_p, n_2) = q > (n_p, n_2) = n_1 - n_1 n_r$, Эта функция, как уже отмечалось, соответствует логической функции отрицания импликации и приводит к некоторым интересным феноменам поведения, также рассмотренным в предыдущем параграфе.

Возможно также рассмотрение других видов функции $F(n, \text{гс})$, в частности от-вечающих другим функциям алгебры логики.

В качестве примера более глубокой патологии можно рассмотреть зависимость вида $X = F(x, G(X, X))$, где функции $F(n, \text{гс})$ и $G(n, \text{гс})$ - различны. Это содержа-тельно означает, что у такого субъекта закономерности связей образов и намерений существенно иные, чем закономерности связей готовности к действию с интегральной оценкой ситуации. Так, в частности, можно рассмотреть такие две модели:

$$X = \underset{1}{\Phi}(x, \underset{1}{\Phi}(x_0, x_1)) \text{ и } \underset{3'}{!} = \underset{1}{\Phi}(x, \underset{1}{\Phi}(x_0, x_1)).$$

В настоящий момент подробный анализ патологий рефлексивного поведения еще не проводился. Его проведение планируется на последующих этапах.

О моделировании таких форм рефлексивного поведения субъекта, которые требуют обобщения модели В. А. Лефевра

В этом параграфе будут намечены некоторые возможные обобщения модели субъекта, предложенной В. А. Лефевром. Такие обобщения могут оказаться необходимыми или в том случае, когда для задачи, решаемой субъектом, нужно выйти за рамки модели, или если представляется необходимым учесть более детально «внутреннюю» структуру субъекта. В качестве обобщения первого типа естественно рассмотреть более высокие уровни рефлексии. В модели В. А. Лефевра рассмотрено два уровня. Однако для ряда задач, например для моделирования поведения субъекта в игровой ситуации, возможно понадобятся следующие уровни рефлексии.

Рассмотрим здесь лишь одно обобщение такого рода, а именно исследуем, что может дать учет следующего (третьего) уровня рефлексии.

Итак, предположим, что оператор, описывающий поведение субъекта, задается формулой:

$$X_j = \Phi(x_3, \Phi(x_2, \Phi(x_3, x_4))), \text{ где функция } \Phi(n_p, n_2) = 1 - n_2 + n_1 n_2 \text{ соответствует импликации.}$$

Заметим, что $a > (n, 1) = n$, так что формула В. А. Лефевра получается из последней формулы при $x_4 = 1$.

Далее, следуя идеологии В. А. Лефевра, целесообразно рассмотреть собственные функции, соответствующие осознанному выбору, т. е. случай, когда $x_3 = x_3$. В обобщенной модели имеется дополнительная переменная x_4 , так что интересно рассмотреть также собственные функции с условием $\hat{=} x_3 = x_4$, что приводит к необходимости решения квадратного уравнения для X , и более громоздким формулам для выражения собственных функций:

$$(a-1) \pm \sqrt{(g-1)^2 - 4ab} / a$$

$$\text{где } a = x_3 + x_2 - x_3 x_2 - 1, b = 1 - x_2 + x_3 x_2.$$

Второй тип обобщения может быть связан с необходимостью учета в модели более сложной структуры субъекта. Так, например, если следовать теории транс-

акционного анализа Э. Берна, то субъект должен быть представлен структурой, состоящей из Взрослого, Родителя и Ребенка. Для того чтобы описать поведение такого субъекта, необходимо кроме переменных x_1, x_2, x_3 , относящихся к Взрослому, ввести переменные y_1, y_2, y_3 , относящиеся к Родителю, и переменные z_1, z_2, z_3 , относящиеся к Ребенку.

Далее в модели можно описать в терминах введенных переменных такие феномены, описанные Э. Берном, как исключительность Родителя, Взрослого или Ребенка, заражение Взрослого Родителем (предрассудки) или Ребенком (бредовые идеи), а также выключение Родителя или Ребенка. Можно рассмотреть и другие теории, например, соционику, и соответствующие модели субъекта, отвечающие Ю-модели и А-модели соционики.

Рассмотрим более подробно следующий тип обобщения, связанный с необходимостью описания усложненной структуры психики субъекта по Э. Берну.

В этой работе не будет приводиться подробное описание рассматриваемой структуры. Для дополнительной информации см. книгу Э. Берна «Трансакционный анализ и психотерапия» (1992).

В контексте структурного анализа Берн предполагает, что психика человека состоит из трех гипотетических частей:

- экстеропсихика,
- неопсихика,
- археопсихика,

которым соответствуют три состояния Я субъекта – Я-родительское (Родитель), Я-взрослое (Взрослый) и Я-ребенок (Ребенок).

При условии, что субъект находится во Взрослом состоянии, он ведет себя как нормальный член общества, отвечающий требованиям соответствующей формации. Поэтому логично предположить, что такое состояние эквивалентно описанной В. А. Лефевром модели с его уравнением и аксиоматикой.

Следующий шаг состоит в введении новых переменных, несущих ту же нагрузку, что и предложенные Лефевром, но относящиеся к Родительскому и Детскому состояниям.

Родитель:

y_1 – мера давления мира на субъекта в состоянии Я-Родитель,

y_2 – мера субъективной оценки, в сторону положительного полюса, мира в состоянии Я-Родитель,

y_3 – мера желания выбрать положительный полюс в состоянии Я-Родитель,

Y_i – мера готовности субъекта выбрать положительный полюс в состоянии Я-Родитель.

$y_i, Y_i \in [0, 1], i = 1 \dots 3.$

Ребенок:

z_1 – мера давления мира в сторону положительного полюса на субъекта в состоянии Я-Ребенок,

z_2 – мера субъективной оценки в сторону положительного полюса в состоянии Я-Ребенок,

z_3 – мера желания выбрать положительный полюс в состоянии Я-Ребенок,

Z_3 – мера готовности субъекта выбрать положительный полюс в состоянии Я-Ребенок.

Берн в основном рассматривал свою структуру в целях описания патологических состояний. В контексте данной статьи рассматривается не патологический случай. В связи с этим сделаем два предположения:

Предположение 1:

$y_1 = x_1 = z_1$ – мир на данном уровне рефлексии не зависит от состояния субъекта;

Предположение 2:

$y_3 = 1 = x_1$ – функция Родителя – ограничить желание Ребенка.

Введем следующую аксиоматику:

I Аксиомы Лефевра

- 1 Свобода воли: $f(0, 0, x_3) = x_3$.
- 2 Доверчивость: $f(0, 1, x_3) = 0$.
- 3 Незлонамеренность: $f(1, x_2, x_3) = 1$.

II Аксиомы, соответствующие состоянию субъекта «Я-родительское»

- 1 «Несвобода» воли Родителя – если мир плох и субъект оценивает его как плохой, в этом состоянии Я-субъект выбирает положительный полюс $\theta(0, 0, y_3) = 1$.
- 2 Доверчивость Родителя – соответствует доверчивости в любом состоянии Я $\theta(0, 1, y_3) = 0$.
- 3 Незлонамеренность Родителя – Родитель, так же как и Взрослый, при условии, что мир подталкивает субъекта к выбору положительного полюса, выбирает положительный полюс $\theta(1, y_2, y_3) = 1$.

III Аксиомы, соответствующие состоянию субъекта «Я-детское»

- 1 «Несвобода» воли Ребенка. Из психоаналитических соображений и из первого предположения Ребенок при $z = z = 0$ выбирает отрицательный полюс: $h(0, 0, z_3) = 0$.
- 2 Доверчивость Ребенка: $h(0, 1, z_3) = 0$.
- 3 Неуправляемость Ребенка – несмотря на давление мира на субъекта в сторону положительного полюса субъект в состоянии Я-Ребенок действует так, как «ему хочется»: $h(1, z_2, z_3) = z_3$.

Напомним теорему Лефевра:

Теорема 1. При учете аксиом 1-й группы и предполагая, что функция f имеет вид:

$f(x_1, x_2, x_3) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1x_2 + a_5x_1x_3 + a_6x_2x_3 + a_7x_1x_2x_3$, имеет

место уравнение:

$1 - (1 - x_3 + x_1x_3) + x_1(1 - x_3 + x_2x_3) = X$.

Опустим доказательство данной теоремы и доказательства следующих двух теорем:

Теорема 2: При учете аксиом II-й группы и предполагая, что функция $\theta(y_1, y_2, y_3)$ имеет вид:

$\theta(y_1, y_2, y_3) = b_0 + b_1y_1 + b_2y_2 + b_3y_3 + b_4y_1y_2 + b_5y_1y_3 + b_6y_2y_3 + b_7y_1y_2y_3$, имеет место

уравнение: $1 - y_2 + y_1y_2 = Y$.

Теорема 3. Учитывая аксиомы III-й группы и предполагая, что функция $h(z, z, z)$ имеет вид:

$$h(z, z, z) = c_{10} + c_{11}z + C_0Z_0 + c_{12}z + c_{13}z_0 + c_{14}z_0 + c_{15}z_0 + c_{16}z_0 + C^{\wedge}Z_0Z_0,$$

как результат сказанного выше выпишем модель, представляемую следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} 1 - (1 - x_3 + x_3x_3) + x_3(1 - x_3 + x_3x_0) &= X_3, \\ 1 - Y_2 + Y_2Y_2 &= Y_2, \\ z_3z_0 &= Z_3, \\ Y_3 &= 2, X_3, \\ y_3 &= 1 - X_3, \end{aligned}$$

Из полученной модели нетрудно вывести следующие результаты:

- 1) Поведение ребенка зависит только от внешнего мира как такового и желаний субъекта в контексте установленных аксиом.
- 2) Ребенок поступает плохо тогда и только тогда, когда мир довлеет в сторону отрицательного полюса, или субъект склоняется в сторону отрицательного полюса в своих желаниях, или эти события имеют место одновременно.
- 3) Верны следующие формулы:

$$\begin{aligned} h(0, z_0) &= 0, \\ M_1(z_3) &= z_0, h(z_3, 1) = z_3, \\ h(1, 1) &= 1, \\ Z_3 = 1 \text{ * } > z_3 = z_0 = 1 \text{ (без доказательства),} \\ h(z_3, 0) &= 0. \end{aligned}$$

- 4) Поведение субъекта в состоянии Родителя зависит только от давления внешнего мира и оценки мира субъектом и не зависит от его готовности выбрать отрицательный или положительный полюс.
- 5) Если мир хорош ($y_3 = 1$) - субъект в Родительском состоянии всегда поступает хорошо.
- 6) Если оценка мира субъектом в состоянии Родителя склоняется к отрицательному полюсу, он в своих действиях выбирает положительный.
- 7) Теорема $Y = 0$ тогда и только тогда, когда $y = 0$, $y = 0$ (без доказательства), т. е. существует всего одна возможность, при которой субъект в своих действиях склоняется к отрицательному полюсу (в контексте данных аксиом) - когда он заблуждается и переоценивает мир, считая его хорошим, когда на самом деле он плох.

И в заключение отметим, что данная модель является примером того, как практика, сведенная к теории, получает новый приток знаний, данных и информации.

По-видимому, следующим шагом здесь должно стать построение функции перехода, вообще говоря, нелинейного вида: $P = P(a, [3, y])$, где переменные, описанные Э. Берном, имеют вид:

$$a = a(x, y, z),$$

$$P = \wedge (X_j, y, Z),$$
$$y = y(x, y, z),$$
$$i = 1, 2, 3.$$

Заключение

В работе рассмотрены некоторые проблемы, связанные с моделью рефлексивного поведения субъекта, предложенной В. А. Лефевром.

Настоящая работа в основном содержит лишь постановку проблем, разработка которых запланирована на последующих стадиях выполнения проекта. Поэтому различные задачи, рассмотренные в данной работе, находятся на различных стадиях разработки: от уже готовых моделей до идей обобщения модели В. А. Лефевра.

В заключение еще раз констатируем, что модель В. А. Лефевра, несмотря на свою простоту, является одной из самых перспективных моделей поведения человека, предложенных за всю историю существования математической психологии.

Литература

Лефевр В. А. Формула человека. М.: Прогресс, 1991.

Lefevr V. A. A psychological theory of bipolarity and reflexivity. The Edwin Mellon Press. Lewinston. Quecnon. Lampeter, 1992.

Lefebre V. A. From the representation of rationality to the representation of free will. Mathematical Psychology Group 24th Annual Meeting. Evening lecture. Moscow, 1993.

Автомат Крылова и модели игр в размещения

Г. М. Головина

В 1960-е годы в нашей стране стали появляться работы А. А. Ляпунова, М. Л. Цетлина, В. И. Варшавского, Д. А. Поспелова, связанные с построением моделей коллективного поведения. Развиваемые учеными идеи об эволюции технических систем и управлении ими опередили свое время и стали по-настоящему востребованными лишь в самом конце XX–начале XXI вв. Об этом говорит подготовка нового издания популярной монографии В. И. Варшавского и Д. А. Поспелова «Оркестр играет без дирижера», впервые опубликованной в 1984 г. В основе базовых понятий и моделей теории коллективного поведения и управления лежит гипотеза простоты, высказанная М. Л. Цетлиным: «Любое достаточно сложное поведение складывается из совокупности простых поведенческих актов» (Цетлин, 1963). На этой гипотезе строятся автоматные модели: автомат с линейной тактикой М. Л. Цетлина, «доверчивый» автомат В. И. Кринского. В. Ю. Крылов, работая с М. Л. Цетлиным, с энтузиазмом вносил новые идеи. Им была разработана новая модель автомата – «осторожный» автомат В. Ю. Крылова.

В дальнейшем исследователями искусственного интеллекта были также разработаны модель автомата с переменной структурой, предназначенного для функционирования в динамических средах, и общая концептуальная схема коллективного поведения автоматов, взаимодействующих со средой.

Данное исследование посвящено разработке новых автоматных моделей. Что же такое стохастический автомат? Можно сказать, что это математическая модель агента, обладающего памятью о принятых ранее решениях и способного принимать решения на основании вероятности выигрыша при том или ином действии.

В работах Гинзбурга, Крылова, Цетлина был предложен язык и аппарат моделирования – стохастические автоматы, с помощью которых удалось построить нормативные модели принятия решений.

На рисунке, сделанном Крыловым (рисунок 1), в каждой подвеске по четыре состояния. Выбор этого числа состояний произволен. Каждая подвеска может содержать не четыре, а большее или меньшее число состояний.

Обозначим это число через q . Оно называется глубиной памяти автомата. Смысл этого параметра заключается в следующем. Чем больше q , тем более инерционен автомат, ибо тем большая последовательность проигрышей вынуждает его к смене

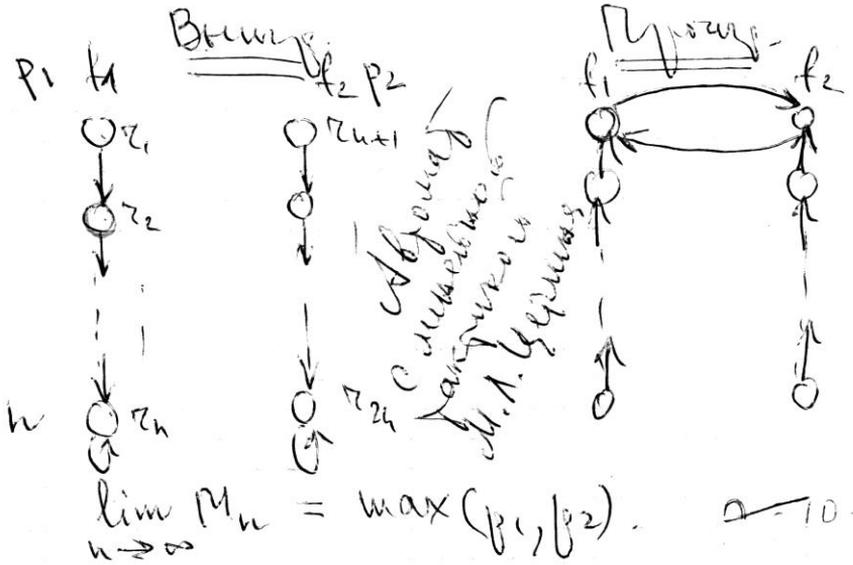


Рис. 1. Автомат с линейной тактикой Цетлина

действий. Интуитивно ясно, что чем больше инерционность автомата, тем ближе он к тому, чтобы, выбрав наилучшее в данной среде действие, продолжать выполнять только его. С ростом глубины памяти растет целесообразность поведения автомата в стационарных средах. И наоборот, при малом значении q функционирование автомата более подвержено воздействию проигрышей, которые могут перевести автомат в новое положение. Конструкция автомата, рассмотренная нами выше, была названа М. Л. Цетлиным автоматом с линейной тактикой (Цетлин, 1963). Эта простая в технической реализации система решает сложную задачу о целесообразном поведении в любой заранее не фиксированной стационарной среде. Факт этот вызывает глубокое изумление. Сколь же просты оказываются конструкции, способные выполнять процедуры адаптации, представляющиеся на первый взгляд весьма сложными. Но оказывается, что целесообразное поведение – это еще не все. М. Л. Цетлин показал, что если $\min P$ не превосходит 0,5, то при росте величины q мы получим последовательность автоматов с линейной тактикой со все увеличивающейся глубиной памяти, которая является асимптотически оптимальной. Это означает, что при $q \rightarrow \infty$ имеет место $M(q, E) \rightarrow M$, где M – минимальный суммарный штраф, который можно получить в данной стационарной случайной среде. Таким образом, во многих таких средах конструкция, предложенная М. Л. Цетлиным, обеспечивает при достаточно больших значениях q поведение, сколь угодно близкое к наилучшему. А это уже совсем фантастично.

Опишем еще одну конструкцию автомата (предложенного В. Ю. Крыловым), обеспечивающего целесообразное поведение в любой стационарной среде и дающего возможность построить асимптотически оптимальную последовательность автоматов, позволяющую получать минимальный возможный штраф в данной

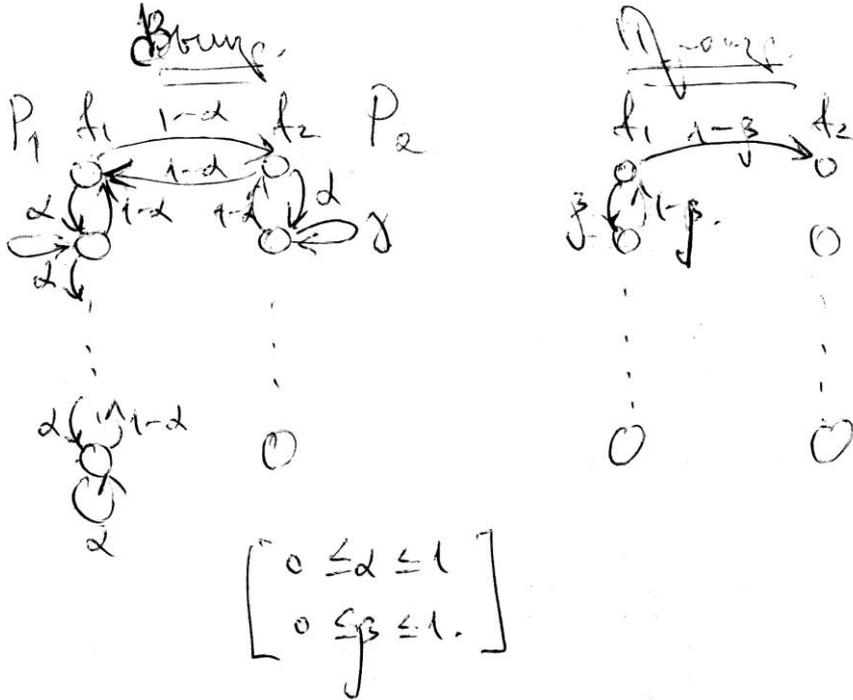


Рис. 2. Автомат Крылова

среде с любой наперед заданной точностью. В отличие от ранее рассмотренных, конструкций этот автомат будет не детерминированным, а вероятностным. Устроен он подобно автомату с линейной тактикой. При поступлении сигнала «выигрыш» смена состояний в нем происходит так, как показано на рисунке, сделанном также В. Ю. Крыловым (рисунок 2).

Но при сигнале «проигрыш» такой автомат не спешит менять состояние. Сначала он «подбрасывает монетку» и по результату подбрасывания либо переходит в состояние по пунктирной стрелке, показанной на рисунке 2, либо сохраняет то состояние, в котором автомат получил сигнал «проигрыш». Эта конструкция, предложенная В. Ю. Крыловым, может быть названа «осторожным» автоматом.

Автомат Крылова имеет n положений (объем памяти). Переход от положения к положению зависит от выигрыша или потери и номера положения на предыдущем шаге. Такой автомат является асимптотически оптимальным в стохастической среде, задаваемой с помощью вероятностей выигрыша (P_1, \dots, P_m) . Это означает, что предельное математическое ожидание выигрыша автомата равно максимальной вероятности P_i в среде f_i $i = 1, \dots, m$:

$\lim M = \max P_i$. Целью настоящей работы является исследование случая коалиционной игры с несколькими заранее фиксированными коалициями, а также коалиционная игра с возможностью входа игроков в коалицию и выхода из нее. Предлагаются правила,

которые моделируют психологические механизмы, такие как мотивация, принятие себя, социальная активность.

В работе Крылова впервые рассмотрена однородная игра многих одинаковых автоматов. Этой работой было открыто новое направление в применении автоматных моделей: моделирование коллективного поведения при помощи автоматов асимптотически оптимальных в стационарной случайной среде. Пример коллективного поведения автоматов авторы назвали игрой в размещение.

Дадим определение игры в размещение. Пусть в игре участвуют K игроков, каждый из которых может выбрать в каждой партии игры одно действие из возможных m . Игра определяется набором выигрышей. Рассмотрим коалиционный вариант игры в размещение. Предположим, все игроки образовали одну коалицию, и суммарный выигрыш делится между членами коалиции.

Пусть игроки A_j $j = 1, \dots, K$ в каждой партии выбирают действия независимо друг от друга. Обозначим через K число игроков, выбравших в данной партии действие, и пусть в этой партии игрок A_j выбирает действие f_i $i = 1, \dots, m$, тогда для любого игрока выигрыш определяется по формуле: $W_j = P_i/K_i$.

Выигрыш каждого игрока равен выигрышу за данные действия, деленному на общее число игроков, выбравших это действие. Определенную таким образом игру будем называть **игрой в размещения**.

Пусть действие f_i выбрали K_i игроков $K_1 + K_2 + \dots + K_m = K$ и числа K_i удовлетворяют неравенству: $P_i/K_i > P_l/K_{l+1}$ для любых пар $i, l = 1, 2, \dots, m; i \neq l$.

Ясно, что в этом случае ни одному из игроков невыгодно изменять свое действие. Набор K_1, K_2, \dots, K_m будем называть точкой равновесия.

Рассмотрим теперь **коалиционный вариант игры в размещения**.

Предположим, что все игроки образовали одну коалицию и договорились о том, что суммарный выигрыш, полученный всеми игроками, делится поровну между членами коалиции (принцип общей кассы). Тогда очевидно, что в случае $M > K$ (действий больше, чем игроков) наибольший суммарный выигрыш будет получен, если игроки выберут первые K действий: $K_1 = K_2 = \dots = K_k = 1; K_{k+1} = \dots = K_m = 0$.

При этом выигрыш каждого игрока будет определяться формулой:

$W_j = 1/k \sum W_j$, где $j = 1, \dots, K$. Такое распределение игроков всегда будет обеспечивать наибольший суммарный выигрыш. Однако если игра бескоалиционная, то игроку, выбравшему действие, может оказаться выгодным сменить действие на действие с максимальным значением выигрыша.

Рассмотрим теперь игру автоматов, соответствующую описанной игре в размещения. Для этого будем интерпретировать числа P_i , $i = 1, \dots, m$ как вероятности единичного выигрыша игрока, выбравшего соответствующее действие, при условии, что оно выбрано только одним этим игроком. Проигрышей нет. Они равны нулю. Тогда числа P_i являются не только вероятностями единичного выигрыша, но и математическими ожиданиями выигрыша игрока, избравшего действие. В соответствии с определением игры в размещения предположим, что в случае, когда действие f_i выбрало K игроков, для любого игрока A вероятность единичного выигрыша определяется по формуле:

$W_j = 1/k \sum W_j$, где $j = 1, \dots, K$.

Пусть теперь в качестве игроков A_j в игре в размещения участвуют автоматы, являющиеся обобщением описанных автоматов (Крылов, 1963).

Участие в игре в размещения фактически является для автоматов функционированием в случайной среде. Важно отметить, что автоматы (в случае отсутствия коалиции) не обладают информацией ни об условиях игры, ни даже о том, что они участвуют в игре. Для каждого автомата действия остальных участников игры приводят лишь к образованию некоторой случайной среды, определяя связь между действиями автомата и величиной вероятности единичного выигрыша при выбранном действии.

В работе сравниваются для одного и того же набора вероятностей (выигрышей) следующие случаи:

- бескоалиционная игра K -автоматов,
- коалиционная игра, при которой все автоматы объединены в одну коалицию,
- коалиционная игра K -автоматов с несколькими фиксированными коалициями,
- коалиционная игра K -автоматов с возможностью образования коалиций и выхода из них в соответствии с некоторыми правилами.

Случаи 1 и 2 были разобраны ранее Крыловым и Цетлиным. Случаи 3 и 4 впервые разобраны в данной работе. Уточним, что коалицией в игре в размещения мы будем называть множество игроков, объединившихся друг с другом, чтобы делить суммарный выигрыш по принципу «общей кассы».

Задача определения выигрышей в различных упомянутых ситуациях достаточно плохо поддается аналитическому решению. Было проведено имитационное моделирование для конкретного набора вероятностей. Выбраны следующие конкретные значения параметров, определяющих игру в размещения:

число действий: $M = 10$, число автоматов, принимающих участие в игре: $K = 6$, вероятности выигрышей соответственно:

$$P_1 = 0,9; P_2 = 0,9; P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 0,2;$$

$$P_7 = P_8 = P_9 = P_{10} = 0,1.$$

1 В случае бескоалиционной игры максимальный выигрыш будет получен каждым игроком при следующем распределении их по действиям:

$K_1 = 3; K_2 = 3; K_3 = \dots = K_{10} = 0$. При этом выигрыш каждого игрока $W_1 = 0,30$.

Проведен вычислительный эксперимент, в котором в качестве игроков использовались автоматы с различными значениями параметра памяти. Для предельного значения числа шагов ($t \approx 15000$) экспериментальное значение выигрыша оказалось равным $W^*1 = 0,35$.

2 В случае коалиционной игры в размещения с общей кассой для всех игроков максимальный выигрыш получается при распределении игроков по действиям:

$K_1 = \dots = K_6 = 1; K_7 = \dots = K_{10} = 0$ и равен $W_2 = 0,43$. Вычислительный эксперимент показал, что в этом случае среднее значение выигрыша равно $W^*2 = 0,42$.

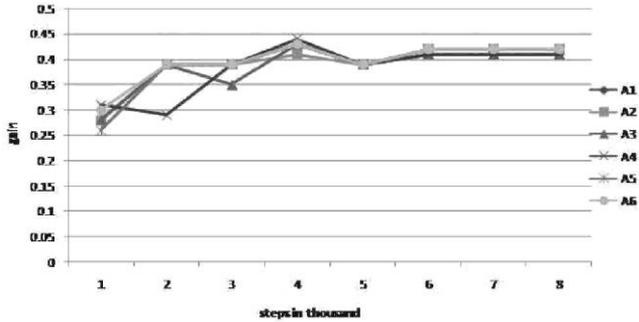


Рис. 3. Зависимость от времени выигрыша каждого автомата из коалиции

Данные выигрыши получены при значении параметра памяти $p = 5$. В общем случае автоматы меняют свои действия по сравнению с теоретической ситуацией. Очевидно, что в рассмотренной среде средний экспериментально полученный выигрыш в первом случае может оказать больше теоретического, а во втором случае обязательно будет не больше теоретического.

На рисунке 3 показана зависимость от времени выигрыша каждого автомата из коалиции.

3 В качестве третьего случая в вычислительном эксперименте было выбрано три фиксированные коалиции. В первой коалиции 4 игрока, во второй и третьей – по одному.

Из теоретических соображений ясно, что четыре игрока, составляющих первую коалицию, будут выполнять по одному четыре первых действия с максимальными вероятностями выигрыша. Если предположить, что при этом каждый из оставшихся игроков (каждый из которых образует свою «коалицию», состоящую из одного игрока) будет выполнять действия с максимальной вероятностью выигрыша, то первый будет выполнять первое действие, а второй – второе. Теоретические значения

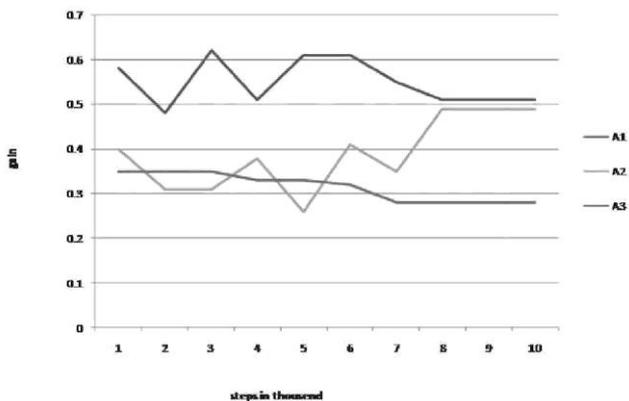


Рис. 4. Зависимость выигрыша от времени каждого автомата и автоматов, входящих в коалицию

выигрышей следующие: для каждого из игроков первой коалиции $W(1) = 0,325$, а для игроков второй и третьей коалиции $W(2) = W(3) = 0,450$.

В результате вычислительного эксперимента были получены следующие значения выигрышей: $W^*(1) = 0,28$; $W^*(2) = 0,49$; $W^*(3) = 0,51$

На рисунке 4 показана зависимость выигрыша от времени индивидуальных автоматов и коалиции.

4 Случай образования коалиций в ходе игры в размещения. Приняты следующие правила. Если индивидуальный выигрыш за фиксированный интервал времени меньше, чем выигрыш коалиции, то игрок вступает в коалицию с некоторой вероятностью «А». Если теоретический индивидуальный выигрыш при выходе из коалиции больше фактически получаемого среднего выигрыша в коалиции, то игрок выходит из коалиции с некоторой вероятностью «Б».

Интересно сравнить предельное значение выигрыша при одинаковом объеме памяти для различных вариантов, рассмотренных выше.

Предельный выигрыш зависит от величины объема памяти как для бескоалиционной игры, так и для игры с одной фиксированной коалицией, объединяющей автоматы по принципу «общего дохода».

При всех значениях объема памяти предельный выигрыш каждого игрока, входящего в коалицию, больше, чем предельный выигрыш индивидуалистов. С ростом объема памяти различия в предельном выигрыше автомата, включенного в коалицию, и автомата-индивидуалиста, растут.

Сравнивались предельные значения выигрыша для различных вариантов. Предельный выигрыш каждого игрока, входящего в коалицию, больше, чем предельный выигрыш игроков, не входящих в коалицию. В случае, когда некоторые игроки объединены в коалицию, а другие играют индивидуально, последние получают значительно больший выигрыш, чем объединенные в коалицию.

Таким образом, рассмотрена теория и проведен компьютерный эксперимент для моделирования коллективного и индивидуального поведения в случайной среде. Полученные эмпирические данные хорошо согласуются с теоретической моделью. С помощью автоматов можно моделировать многие психологические механизмы, например: тип когнитивного стиля (рефлексивность, ригидность, мобильность), стиль жизни, тип удовлетворенности жизнью, субъективное качество жизни, психодинамический тип. В настоящее время нами собран эмпирический материал для того, чтобы определить параметры автомата – вероятности выигрыша в различных средах, объем памяти и другие для моделирования удовлетворенности жизнью различных типов людей.

Литература

- Вариавский В. И.* Коллективное поведение автоматов. М.: Наука, 1973.
- Вариавский В. И., Поспелов Д. А.* Оркестр играет без дирижера: Размышления об эволюции некоторых технических систем и управлении ими. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984.
- Гинзбург С. Д., Крылов В. Ю., Цетлин М. Л.* Об одном примере игры многих одинаковых автоматов // Автоматика и телемеханика. 1964. Т. 25. № 5. С. 43–55.
- Цетлин М. Л.* Некоторые задачи о поведении конечных автоматов. М.: ДАН СССР, Т. 139. № 4. 1963. С. 57–65.

Моделирование функциональной структуры личности в ситуации принятия решения

Л. В. Иванова, Т. Н. Савченко, Д. В. Сочивко

Данная работа посвящена исследованию функциональной структуры личности в ситуации принятия решения и динамике психических состояний, непосредственно связанных с формированием и поддержанием этой структуры. Объектом исследования является личность человека в ситуации принятия решения (ПР).

Предмет исследования – функциональная структура личности в ситуации ПР.

Цель исследования – разработка математической модели функциональной структуры личности в ситуации ПР.

Гипотеза исследования – функциональная структура личности в ситуации ПР включает три взаимосвязанных между собой уровня: образ себя; эмоциональные, волевые и когнитивные свойства личности; психические состояния человека. Модальность образа Я обусловлена соотношением эмоциональных, волевых или когнитивных свойств личности.

Психическое состояние определяется как уравновешенная, относительно устойчивая система характеристик психических процессов, на фоне которых разворачивается их внутренняя динамика. Детерминантами состояния являются потребности, возможности и условия среды. Состояния, как и все психологические явления, изменчивы, динамичны. Психические процессы и структуры неделимы и нерасторжимы, они проникают друг в друга, одна структура психики является необходимой частью другой (Брушлинский, 1978), из этого положения исходит нерасторжимость взаимосвязи между психическими состояниями и свойствами, которые из них формируются. Важнейший, относительно устойчивый компонент психических состояний – доминирующее настроение. Оно определяется как относительно устойчивый фон эмоционального состояния человека. Настроения, как и состояния, разделяют на доминирующие и текущие (Куликов, 2000).

Необходимость динамического рассмотрения свойств личности подчеркивается А. Ф. Лазурским, В. Н. Мясищевым, С. Л. Рубинштейном, Т. Н. Савченко, Д. В. Сочивко. Эти подходы выводят нас на изучение динамики психических состояний как факторов формирования, сохранения и развития устойчивых личностных свойств в концепции «динамической структуры личности» К. К. Платонова (Платонов, 1986). Однако Д. В. Сочивко подчеркивает необходимость рассмотрения динамики не только

Моделирование функциональной структуры личности при принятии решения

в физическом времени, но и в «психологическом» времени субъекта. Им проведено исследование динамики психических состояний в субъективном психологическом времени и введен термин «психодинамическое измерение» в исследовании структур личности. Психологическое время личности определяется как фактор целостности восприятия деятельности, разрозненной в физическом времени, но объединенной одной целью.

Исследования В. И. Вернадского в классической механике показали, что структуры времени в физической, биологической, геологической и социальных системах качественно различны. С. Л. Рубинштейн сформулировал тезис о зависимости времени от тех систем, в которые оно включено. Сегодня в психологии рассматриваются основные аспекты психологического (субъективного) времени (Абульханова-Славская, 1991; Головаха, Кроник, 2008): психофизический, психофизиологический, социально-психологический и личностно-психологический.

Психологическое время личности включает: 1) оценки, 2) переживание сжатости и растянутости, прерывности и непрерывности, ограниченности и беспредельности времени; 3) осознание возраста, возрастных этапов (Головаха, Кроник, 2008); 4) представление о вероятной продолжительности жизни, об исторической связи собственной жизни с жизнью предшествующих и последующих поколений. (Абульханова-Славская, 1991). В работах А. А. Кроника говорится о нарушении последовательности «прошлое – настоящее – будущее» в психологическом (субъективном) времени личности. Ориентированность в будущее в работах Е. И. Головаха соотносится с таким понятием, как жизненные перспективы, цели и планы: они представляют собой последовательность реализации жизненного пути личности, в основе которых лежит процесс принятия решений (Головаха, Кроник, 2008). Основу принятия решений о целях и планах составляют: 1) ценностные ориентации, приобретенные при взаимодействии социальной ситуации и устойчивых во времени свойств личности; 2) психические состояния, циклично сменяющие друг друга в рамках психологического времени личности.

Включенное в социальный контекст, психологическое время личности начинает оказывать влияние на социальное восприятие времени. Таким образом, будущее начинает влиять на настоящее. Показано, что последовательность «прошлое–будущее–настоящее» является характеристикой адаптивного типа личности, а традиционная физическая временная последовательность характеризует неадаптивный тип личности (Сочивко, 2003). Способность человека формировать психологическое (субъективное) представление о времени позволяет ему лучше адаптироваться к изменчивой среде.

Основной вывод, к которому приходят практически все исследователи, состоит в том, что уровень развития временной перспективы личности связан с уровнем ее психического и социального развития. Видение жизненной перспективы позволяет ориентироваться на нее при принятии решений в сложных ситуациях.

Одной из задач данной работы является исследование внутренней динамики психических состояний в психологическом времени. Ее можно рассматривать и с точки зрения физического времени – для этого необходимо исследовать особенности изменений личностных состояний в процессе выполнения деятельности на каждом ее этапе. Однако мы не найдем таким образом внутренних коррелятов

происходящим изменениям личностных свойств, только внешние (особенности ситуации и задач на каждом этапе принятия решения). А именно они тесно взаимосвязаны с функциональной структурой личности в ситуации ПР.

В работе рассматриваются подходы к диагностике психических состояний и их динамики. Описываются методы психодинамической диагностики. Они являются, по существу, формализованным описанием некоторого выбранного свойства в сфере чувств, волевого действия или познавательной активности. Но свойство это образуется постоянно повторяющейся, цикличной динамикой элементарных состояний в сфере чувств, воли и познания. На сегодняшний день разработаны и прошли апробацию следующие методы психодинамической диагностики: «Эмоции», «Воля», «Познание», «Чтение», «Конфликт», «Решение» и др. (Сочивко, 2003).

В качестве наиболее адекватного рассматривается подход к структурному и математическому моделированию личностных составляющих, в частности состояний. Любое состояние является результатом процесса, поэтому адекватным методом является метод моделирования динамики на макроуровне на основе результатов моделирования микродинамических процессов. Т. е. статические состояния рассматриваются как результат моделирования микродинамики и построения предельных циклов. Предложен подход, основанный на структурном математическом моделировании личностных составляющих (Савченко, 2005).

В процессе выполнения исследования использовались: общенаучные методы познания, теоретический анализ, систематизация и обобщение научных изданий по проблеме исследования. Методами организации данного исследования выступают: метод поперечных срезов, констатирующий и сравнительный эксперименты, экспертная оценка эффективности деятельности. С помощью экспертной оценки была сформирована группа успешных и наиболее перспективных руководителей. Для создания лабораторной среды, адекватной ситуации принятия перспективного решения руководителями был использован тренинг «Принятие решений», в рамках которого были созданы ситуации, изоморфные ситуации ПР. Тестирование составляющих личности осуществлялось при помощи следующих методик: личностный опросник 16-PF Кеттелла, опросник «Стиль мышления» А. А. Алексеева и Л. А. Громова. Исследование психических состояний: динамические коэффициенты по тесту Люшера, тесты-опросники динамики психических состояний Д. В. Сочивко («Воля», «Эмоции», «Познание», «Конфликт»), тест-опросник исследования динамики психических состояний «Решение» (разработанный Л. В. Ивановой, Д. В. Сочивко). Для проведения математико-статистического анализа полученных данных использовались методы математической статистики: уровневый анализ и многомерные методы (факторный, кластерный и регрессионный анализ), методы структурного и математического моделирования.

В исследовании приняли участие 3 группы испытуемых по 40 человек в каждой.

- 1 Руководители с разным стажем управления: от 1 до 3 лет (38 %), от 4 до 8 лет (34 %), более 8 лет (28 %), работающие на разных по величине предприятиях: малых – от 16 до 100 чел. (46 %), средних – от 100 до 500 чел. (54 %). Среди них мужчин 52 %, женщин – 48 %.
- 2 Студенты факультета менеджмента 4–5 курсов.

3 Исполнители, не принимающие решений в сфере управления и несущие ответственность в узких организационных рамках.

Экспериментальный анализ свойств и состояний личности в ситуациях ПР проведен по следующему плану: эмоционально-волевая, когнитивная сферы.

Математическое моделирование функциональной структуры личности в ситуации ПР основано на результатах факторного, регрессионного анализа и метода структурных уравнений.

В результате применения методики «Стили мышления» были выделены следующие стили мышления: синтетический, прагматический, идеалистический, аналитический и реалистический.

Синтетический стиль мышления проявляется в том, чтобы создавать что-то новое, оригинальное, комбинировать несходные, часто противоположные идеи, взгляды, осуществлять мысленные эксперименты. «Синтезаторы» стремятся создать по возможности более широкую, обобщенную концепцию, позволяющую объединить разные подходы, «снять» противоречия, примирить противоположные позиции. Это теоретизированный стиль мышления: такие люди любят формулировать теории и строить свои выводы на их основе, любят замечать противоречия в чужих рассуждениях и обращать на это внимание окружающих людей, любят заострить противоречие и попытаться найти принципиально новое решение, интегрирующее противоположные взгляды, они склонны видеть мир постоянно меняющимся и любят перемены, часто ради самих перемен.

Идеалистический стиль мышления проявляется в склонности к интуитивным, глобальным оценкам без осуществления детального анализа проблем. Особенность «идеалистов» – повышенный интерес к целям, потребностям, человеческим ценностям, нравственным проблемам; они учитывают в своих решениях субъективные и социальные факторы, стремятся сглаживать противоречия и акцентировать сходство в различных позициях, легко, без внутреннего сопротивления воспринимают разнообразные идеи и предложения, успешно решают такие проблемы, где важными факторами являются эмоции, чувства, оценки и прочие субъективные моменты, порой утопически стремясь всех и вся примирить, объединить.

Прагматический стиль мышления опирается на непосредственный личный опыт, на использование тех материалов и информации, которые легко доступны, стремясь как можно быстрее получить конкретный результат (пусть и ограниченный), практический выигрыш. Поведение прагматиков может казаться поверхностным, беспорядочным, но они придерживаются установки: события в этом мире происходят несогласованно, и все зависит от случайных обстоятельств, поэтому в непредсказуемом мире надо просто пробовать. Прагматики хорошо чувствуют конъюнктуру, успешно определяют тактику поведения, используя в свою пользу сложившиеся обстоятельства, проявляя гибкость и адаптивность.

Аналитический стиль мышления ориентирован на систематическое и всестороннее рассмотрение вопроса или проблемы в тех аспектах, которые задаются объективными критериями, склонен к логической, методичной, тщательной (с акцентом на детали) манере решения проблем. Прежде чем принять решение,

аналитики разрабатывают подробный план и стараются собрать как можно больше информации, объективных фактов, используя и глубокие теории. Они воспринимают мир логичным, рациональным, упорядоченным и предсказуемым, поэтому склонны искать формулу, метод или систему, способную дать решение той или иной проблемы, поддающейся рациональному обоснованию.

Реалистический стиль мышления ориентирован только на признание фактов, когда «реальным» является только то, что можно непосредственно почувствовать, лично увидеть или услышать, прикоснуться и т. п. Реалистическое мышление характеризуется конкретностью и установкой на исправление, коррекцию ситуаций в целях достижения определенного результата.

В таблице 1 приведены основные мыслительные стратегии, которые используют представители различных стилей мышления.

Таблица 1
Основные мыслительные стратегии

СИНТЕЗАТОР	ИДЕАЛИСТ	ПРАГМАТИК	АНАЛИТИК	РЕАЛИСТ
Открытая конфронтация	Интерес к целому	Инкремента-лизм (кусочечный подход)	Систематический анализ вариантов	«Что? Где? Когда и Как? Зачем и Почему?»
Ошеломляющие вопросы и ответы	«Дальний прицел»	Экспериментирование и инновации	Запрос дополнительных данных	Инвентаризация ресурсов
Позиция «стороннего наблюдателя»	Определение целей и критериев	Поиск быстрой отдачи	Консервативное фокусирование	Стремление к практическим результатам
Инкубация противоречий	Рецептивное слушание	Тактическое мышление	Картирование ситуации	Упрощение
Фантазирование в стиле «что, если»	Поиск средств для достижения согласия	Маркетинговый подход	Конструктивное внимание к деталям	Опора на мнение специалистов
Негативный анализ	Апология гуманности	Планирование возможностей	Анализ через синтез	Острая коррекция

Полученные на объединенной выборке (в которую входят руководители малого и среднего бизнеса, исполнители, работающие в сфере управления, и лица, обучающиеся менеджменту – студенты) результаты были подвергнуты нами кластерному анализу. Выделенные два кластера статистически значимо отличаются по стилям мышления. К первому кластеру был отнесен 61 человек, ко второму – 46 человек. Наиболее существенные различия наблюдаются по аналитическому стилю мышления. У испытуемых 1-го кластера данный показатель находится в пределах 63 баллов, а у 2-го кластера – в пределах 50 баллов. Отсюда следует, что в объединенной выборке, включая руководителей, студентов и исполнителей испытуемых, ориентированных на менеджмент, управленческую деятельность и руководство, могут быть выделены две группы: с высокими и с низкими показателями аналитического мышления. В связи с чем возникает вопрос: являются ли низкие показатели аналитического мышления препятствием к эффективному принятию стратегических

Моделирование функциональной структуры личности при принятии решения

решений? Также этот вопрос является существенным для подготовки управленческих кадров в российских вузах и трудоустройства потенциальных управленческих работников.

Анализируя результаты кластерного анализа по группе студентов, мы можем сделать следующие выводы. К первому кластеру были отнесены 33 студента. Данные студенты предпочитают решать стратегические задачи с помощью аналитического стиля мышления, чуть реже – с помощью прагматического и реалистического стилей мышления.

Ко второму кластеру были отнесены 34 студента. Данные студенты предпочитают решать стратегические задачи с помощью идеалистического стиля мышления, чуть реже – с помощью синтетического стиля мышления. Интересен тот факт, что у данной группы студентов нет существенных отличий в предпочитаемых стилях мышления (самый высокий показатель равен 57 баллам, самый низкий – 51 баллу). Отсюда следует, что у лиц, обучающиеся менеджменту, может быть два направления развития, а именно с высоким уровнем аналитическим мышлением при низком синтетическом стиле мышления и с высоким идеалистическим стилем мышления.

Полученные данные могут дать дополнительную информацию по отбору студентов для подготовки наиболее эффективных бизнес-руководителей.

Анализируя результаты кластерного анализа по группе руководителей, работающих в сфере бизнеса, мы можем сделать следующие выводы. К первому кластеру были отнесены 25 руководителей. Руководители первого класса предпочитают решать стратегические задачи с помощью аналитического стиля мышления, при низких показателях по синтетическому мышлению.

Ко второму кластеру были отнесены 14 руководителей. Данные руководители предпочитают решать стратегические задачи с помощью прагматического и реалистического стилей мышления, при низких показателях синтетического стиля мышления.

Таким образом, мы видим, что выделяются два типа: с высоким уровнем аналитического мышления при низком синтетическом стиле мышления и с высоким прагматическим и реалистическим стилями мышления.

Представляется интересным тот факт, что во всех трех выбранных нами для исследования группах (руководители малого и среднего бизнеса, лица, обучающиеся менеджменту, и исполнители, работающие в сфере бизнеса) выделяется один и тот же кластер с высокими показателями аналитического стиля мышления и низкими показателями синтетического, возможно это говорит профессиональной специфике объединенной выборке.

Таким образом, если рассматривать отдельно руководителей, то в целом они используют мыслительные стратегии всех стилей мышления, с небольшим преобладанием стратегий аналитического стиля. Это преобладание предположительно связано с одним из наиболее сложных этапов принятия решений – аналитическим, требующим фокусной переработки огромного количества разнообразной информации. Характерные для аналитического стиля стратегии: систематический анализ вариантов, запрос дополнительных данных, консервативное фокусирование (концентрация на изолированном признаке, избегание предварительных гипотез

и поспешных решений), структурирование и картирование ситуации, конструктивное внимание к деталям (анализ рисков), анализ через синтез (анализ факта через включение его в новые связи).

В ситуации принятия решения эффективными могут быть оба типа когнитивных стилей: с высоким аналитическим мышлением и с низкими показателями аналитического мышления.

Из этого следует вывод о том, что подготовка соответствующего тренинга может обеспечить личностный рост исполнителя до уровня руководителя. Однако вопрос заключается в том, кто же не может быть руководителем. Для ответа на него перейдем к анализу результатов, полученных с помощью факторного анализа.

Для исследования динамики психических состояний в ситуации ПР нами разработана методика «Решение». При построении экспресс-методики «Решение» мы исходили из того, что ПР предшествует началу действий, которые могут осуществляться в двух субъективных временах: «здесь и сейчас» и «на перспективу». Поведение человека в процессе ПР может характеризоваться сменой циклов «решение – не решение». Субъективное же время представлено категориями «здесь и сейчас» и «перспектива».

Таким образом, полная схема процесса ПР должна выглядеть следующим образом:

Фактическое состояние	Субъективное время	
	«здесь и сейчас»	«перспектива»
Решение (принимается)	Рс	Рп
Не решение (не принимается)	не Рс	не Рп

Тест, в своей опросной части, состоит из четырех пунктов, описывающих то или иное состояние (их основных всего четыре), в котором может пребывать личность в той или иной субъективной ситуации.

Выделены существенные особенности состояний в ситуации ПР на выборке эффективных руководителей. Преобладает цикл «решение ситуативное – решение перспективное» (РсРп) (69 %). Это конструктивный стиль принятия решений, нацеленный на будущее, однако выделяющий время для принятия решений по текущим вопросам. Вторым по встречаемости является цикл «решение перспективное – не решение перспективное» (РпнеРп) (15 %), характеризующийся ориентацией на будущее, однако не уверенный в его достижимости и поэтому склонный к риску. Таким образом, мы подтвердили конструктивность и перспективную ориентацию контрольной группы руководителей, последующее исследование которой позволит сделать выводы о функциональной структуре личности человека, ориентированного на перспективу в принятии решений.

Достоверные различия между руководителями, принимающими конструктивные, направленные на перспективу решения, и всей группой исполнителей и студентов (не руководителей) представлены (рисунок 1).

Анализируя результаты факторного анализа по всей выборке испытуемых (руководители, студенты и исполнители), можно утверждать, что поведение человека в ситуации принятия стратегического решения, будь то студент, исполнитель

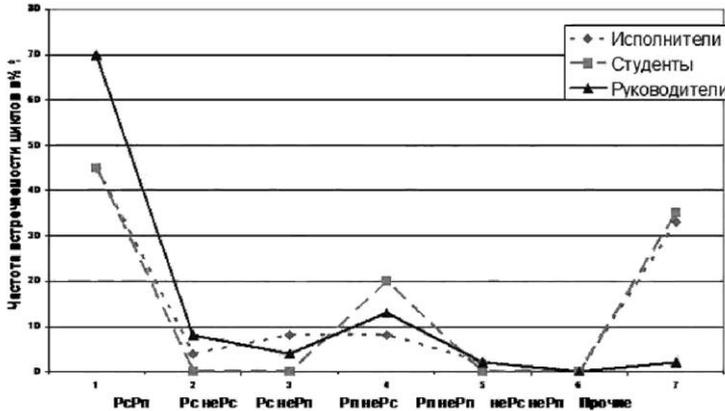


Рис. 1. Процентное соотношение циклов состояний решения по методике «Решение» для всех групп

или руководитель, детерминировано сложной многофакторной латентной структурой, а именно мы предлагаем выделить шесть существенных факторов.

Приступая к анализу данных, полученных в результате многомерного анализа, мы хотели бы отразить следующие существенные моменты. Забегая вперед, скажем, что полученные нами данные факторного и кластерного анализа дают весьма хорошие совпадения с разработанной нами методикой по исследованию управленческой деятельности «Решение».

Перейдем к анализу факторной структуры латентной детерминации общей выборки испытуемых, куда, напомним, входят лица, обучающиеся на факультете менеджмента и экономики и интересующиеся развитием своей карьеры, реальные исполнители, не занимающие руководящие должности и, наконец, руководители предприятий среднего бизнеса, проявившие себя как эффективные управленческие работники.

В результате факторного анализа было выявлено 8 факторов, которые объясняют большую часть описанной дисперсии. Первый и четвертый факторы представляют из себя психодинамическую структуру личности руководителя и могут быть проинтерпретированы как факторы специфической и неспецифической адаптации. В основном психодинамические коэффициенты не дают существенных корреляций с показателями традиционных статических тестов, исключая коэффициенты конфликтности и чувственно-эстетический коэффициент.

Второй по степени объясняемой дисперсии фактор включает в себя такие признаки, как фактор «А» с весом $-0,757907$, фактор «Н» с весом $-0,647208$, «Q₂» с весом $0,621183$ по методике Р. Кеттелла. Мы предлагаем назвать этот фактор «Избегание проблемы».

Следующий фактор (третий) включает в себя показатели фактора «С» с весом $-0,622180$, фактора «О» с весом $0,676306$, фактора «Q₄» с весом $0,686333$ по методике Кеттелла. Данный фактор мы предлагаем назвать «Управленческая тревожность».

Пятый фактор включает в себя показатели фактора «I» с весом $0,543116$, фактора «М» с весом $0,569161$, фактор «N» с весом $-0,533576$ по методике Кеттелла. Этот

фактор, включающий в себя такие черты, как наивность, чувствительность, простоватость, мягкосердечность, мы бы предложили назвать «жесткость–практичность», так как именно это свойство является существенным для руководителей и людей, стремящихся к исполнению управленческой деятельности.

Шестой фактор включает в себя показатели фактора «В» с весом $-0,500170$, фактор «Q₁» с весом $0,507410$ по методике Кеттелла, а также показатель «Аналитичность» по методике «Стиль мышления» с весом $-0,503921$. Данный фактор может быть проинтерпретирован как фактор «интеллектуальности» лиц, стремящихся к руководящей деятельности или уже имеющих статус руководителя.

Седьмой фактор включает в себя показатели фактора «F» с весом $0,524813$, фактора «G» с весом $-0,633282$ по методике Кеттелла, а также показатель «Прагматичность» по методике «Стиль мышления» с весом $-0,615171$. Этот фактор мы предлагаем интерпретировать как фактор «Прагматизм – сила характера». Возможно, этот фактор является характерным для людей, связанных с развитием малого и среднего бизнеса в России.

Восьмой фактор включает в себя показатели фактора «L» с весом $0,545777$ по методике Кеттелла, а также показатель «Аналитичность» по методике «Стиль мышления» с весом $-0,503742$. Данный фактор мы назвали «Подозрительность–конфликтность».

Итак, нам удалось соотнести предложенный нами психодинамический (использование динамических коэффициентов) и статический подход (методика Кеттелла, тест Алексева, Громова) для анализа деятельности руководителя в ситуации принятия стратегических, управленческих решений.

Представим себе ситуацию, что руководитель (исполнитель) адаптировался в ситуации исполнения своих обязанностей. В таком случае дальнейший анализ структуры его поведения представляется шестифакторным:

- избегание проблемы;
- управленческая тревожность;
- простоватость;
- аналитичность, которая совпадает с либерализмом;
- прагматизм–сила характера;
- подозрительность–конфликтность.

Данная факторная структура является отражением статического тестирования по предложенной нами батарее методик.

Перейдем к анализу факторной структуры латентной детерминации руководителей малого и среднего бизнеса, проявивших себя как эффективные управленческие работники.

В результате факторного анализа было выявлено 8 факторов, которые объясняют большую часть описанной дисперсии. Второй и третий факторы представляют из себя психодинамическую структуру личности руководителя и могут быть легко проинтерпретированы как факторы специфической и неспецифической адаптации.

Первый фактор включает в себя показатели фактора «Mд» с весом $0,812687$, фактора «С» с весом $0,668525$, фактора «Н» с весом $0,526572$, фактора «О» с весом $-0,644641$, фактора «Q₃» $0,572497$ по методике Кеттелла; показатель «Синтетичность»

Моделирование функциональной структуры личности при принятии решения

с весом 0,636326 по методике «Стиль мышления». Данный фактор мы назвали «Эмоциональная устойчивость – эмоциональная неустойчивость». На основе полученных данных мы можем утверждать, что руководители с адекватной самооценкой эмоционально неустойчивы, уверены в себе, робки, имеют низкий самоконтроль и синтетический стиль мышления. Проанализируем отрицательную полярность фактора – руководитель с неадекватной самооценкой эмоционально устойчив, не уверен в себе, имеет высокий самоконтроль, смел. Полученные выводы дают нам дополнительные сведения о структуре самооценки у руководителей. Проведенные нами исследования по специально разработанной методике «Решение» позволяют существенно развить представленные выше данные факторного анализа в направлении психодинамики поведения руководителя.

Четвертый фактор включает в себя следующие показатели – фактор «Е» с весом $-0,572624$, фактор «F» с весом $-0,758109$ по методике Кеттелла, «Идеалистичность» с весом $0,525608$, «Прагматичность» с весом $-0,821610$, «Реалистичность» с весом $-0,515930$ по методике «Стиль мышления». Данный фактор мы назвали фактор «Стиль мышления», и именно поэтому на этой основе была построена методика «Решения». Речь идет о конструктивности поведения руководителей в ситуациях принятия стратегических решений. Одни руководители, способные подчиняться и умеющие сдерживаться при принятии стратегических решений, имеют прагматический и реалистический стиль мышления, причем у них не наблюдается идеалистического стиля мышления. Разработанная нами методика «Решение» позволяет не только проводить первичную диагностику при отборе на руководящие посты, но и готовить кадры из резерва на выдвижение.

Пятый фактор включает в себя показатели фактора «L» с весом $0,727040$ по методике Кеттелла, «Аналитичность» с весом $-0,535455$ по методике «Стиль мышления», Коэффициент конфликтности $-0,760327$ по методике расчета психодинамических коэффициентов Д. В. Сочивко. Коэффициент конфликтности является «обратным», т. е. чем выше показатель, тем ниже присущая человеку конфликтность. Неконфликтные руководители имеют аналитический стиль мышления и являются подозрительными. Данный фактор мы назвали «Интеллектуальная доверчивость». Характерно, что согласно критериям статистической значимости мы не можем включить сюда коэффициент дистантности общения ($0,493914$), вошедший в этот фактор с положительным весом, что могло бы говорить о зависимости дистантного общения от конфликтного поведения. В дальнейшем исследовании мы могли более подробно исследовать данный факт.

Шестой фактор включает в себя показатели фактора «A» с весом $-0,635062$, фактора «B» с весом $-0,534220$, фактор Q_2 с весом $0,762783$, фактор Q_4 с весом $-0,551815$ по методике Кеттелла. Данный фактор мы назвали «Социальная зависимость».

Седьмой фактор включает в себя показатели фактора «I» с весом $0,575561$, фактора «M» с весом $0,595529$, фактора « Q_1 » с весом $0,583000$ по методике Кеттелла. Данный фактор мы назвали «Жесткость–прагматизм». Жесткие руководители практичны, конформны.

Восьмой фактор включает в себя фактор «G» с весом $0,618840$ по методике Кеттелла, и психодинамический коэффициент, характеризующий чувственно-эстетическое отношение к действительности. Высокие показатели по данному

коэффициенту характерны для людей, старающихся сформировать критическое отношение к действительности, в крайних случаях доходящее до высокомерия. Итак, мы можем предложить шестифакторную структуру поведения руководителя в ситуациях принятия управленческих решений:

- эмоциональная устойчивость – эмоциональная неустойчивость;
- стиль мышления – конструктивность поведения;
- интеллектуальная доверчивость – интеллектуальная подозрительность;
- социальная зависимость;
- жесткость–прагматизм;
- эмоциональность.

Сопоставление данной факторной структуры с аналогичной структурой по всей выборке наших испытуемых позволяет установить ведущие латентные детерминанты поведения людей, связанных с управленческой деятельностью. Это четыре фактора, которые подтверждают нашу гипотезу. Наши экспериментальные данные и их анализ позволяют утверждать, что структурная модель поведения человека (в ситуации принятия стратегических управленческих решений) состоит из четырех основных факторов, а именно стиль мышления; интеллектуальная доверчивость–подозрительность; социальная зависимость – управленческая тревожность; жесткость–прагматизм поведения.

Обращает на себя внимание психодинамический характер смысловых составляющих этих факторов, что и потребовало в ходе нашего исследования разработки психодинамической методики «Решение». Возвращаясь к анализу факторной структуры личности руководителя, следует отметить следующие специфические факторы. В отличие от общей выборки, мы можем видеть выраженные: фактор, который мы предложили назвать «Самоуверенность–лидерство», а также фактор, который мы предложили назвать «Эмоциональность». Подверженность чувствам по методике (G-фактор) Кеттелла может приводить к уходу в иллюзорный мир (подтверждается результатами, полученными по методике расчета психодинамических коэффициентов – метод Люшера). Противоположностью этому является фактор «Самоуверенность–лидерство» (см. выше по тексту), где на первый план выходят волевые качества личности руководителя.

Итак, по сравнению с объединенной выборкой эмоционально-волевой баланс (контроль) представляет из себя весьма существенный момент, отражающий специфику психодинамики поведения руководителя. Что и было нами заявлено в основной гипотезе.

Используя описанные выше результаты факторного анализа, мы можем предложить обобщенную латентную структуру детерминации поведения руководителей и лиц, которым по роду профессиональной деятельности приходится принимать стратегические решения. Структурная модель детерминации поведения человека в условиях, требующих от него, как руководителя или как исполнителя, принятия стратегических решений и т. д., включает в себя два основных компонента: психодинамический, отражающий факторы специфической и неспецифической адаптации, и то новое, что получено в нашей работе – это дополнительные шесть факторов нашей структуры.

Моделирование функциональной структуры личности при принятии решения

Таким образом, из вышесказанного мы можем сделать вывод, что модель личностных состояний руководителя малого и среднего бизнеса в ситуации принятия стратегического (управленческого) решения базируется на шестимерной факторной структуре, где первым фактором является «Эмоциональная устойчивость – эмоциональная неустойчивость», вторым – «Стиль мышления – конструктивность поведения», третьим – «Интеллектуальная доверчивость – интеллектуальная подозрительность», четвертым – «Социальная зависимость», пятым фактором – «Жесткость–прагматизм» и шестым – «Эмоциональность».

Кроме того, наблюдается жесткая поляризованность представлений руководителя при оценке своих когнитивных и эмоционально-волевых качеств в ситуации принятия стратегического (управленческого) решения, которая ярко выражена в полученной нами в ходе проведения факторного анализа шестифакторной модели личностных состояний руководителя в ситуации принятия решения («Эмоциональная устойчивость – эмоциональная неустойчивость» – «Эмоциональность»; «Стиль мышления – конструктивность поведения» – «Интеллектуальная доверчивость – интеллектуальная подозрительность»; «Социальная зависимость» – «Жесткость– прагматизм»).

Таким образом, мы можем утверждать, что основными структурными компонентами модели принятия стратегического (управленческого) решения руководителем являются: эмоциональная устойчивость – эмоциональная неустойчивость, конструктивность – интеллектуальность, социальная зависимость – прагматичность.

При анализе выборки успешных руководителей выявлены факторы, которые определяют скрытую функциональную структуру личности в ситуации ПР. Три фактора включают в себя только свойства личности, и их совокупность образует модальность образа Я в ситуации ПР. Эти образы Я названы «Я-сильный», «Я-прагматичный», «Я-зависимый». Другая группа факторов, тесно взаимосвязанных с образом Я, объединяет психические состояния человека в ситуации ПР. Глубокий анализ этих факторов позволяет выделить эмоционально-волевые и когнитивные свойства личности в ситуации ПР, сформированные этими функциональными психическими состояниями. Такими свойствами личности являются:

- эмоциональная уравновешенность (эмоциональное свойство),
- интеллектуальная доверчивость (когнитивное свойство),
- сопротивляемость обстоятельствам (волевое свойство).

Сравнивая факторы структуры личности в исследуемых группах, мы выявляем отсутствие четкой структурированности модальности, свойств и состояний в выборке исполнителей, и начальный этап формирования модальностей образа Я, принимающего решения, у студентов. Из всех модальностей образа Я у студентов обнаружена лишь модальность «Я-зависимый» и отдельные элементы двух других модальностей.

Личностный профиль руководителей малого и среднего бизнеса по факторам теста Кеттелла выглядит следующим образом (рисунок 2).

Проведенный анализ позволяет вплотную подойти к созданию сначала структурной, а затем математической модели функциональной структуры личности. Для этого необходимо решить вопрос о взаимосвязи модальностей образа Я и свойств

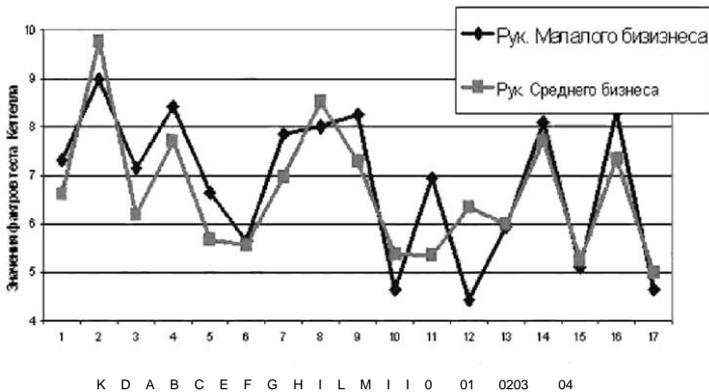


Рис. 2. Личностный профиль руководителей малого и среднего бизнеса

личности. Анализ данных показал, что формирование той или иной модальности образа Я связано с преобладанием либо эмоциональных, либо волевых, либо когнитивных свойств личности.

Различные модальности образа Я образуются разным соотношением эмоционально-волевых и когнитивных свойств личности. Для каждой модальности можно высчитать свои коэффициенты выраженности свойств личности.

Представленная модель имеет трехуровневую иерархическую структуру и отражает взаимодействие компонентов функциональной структуры личности, которое обеспечивает эффективность принятия решения (рисунок 3).

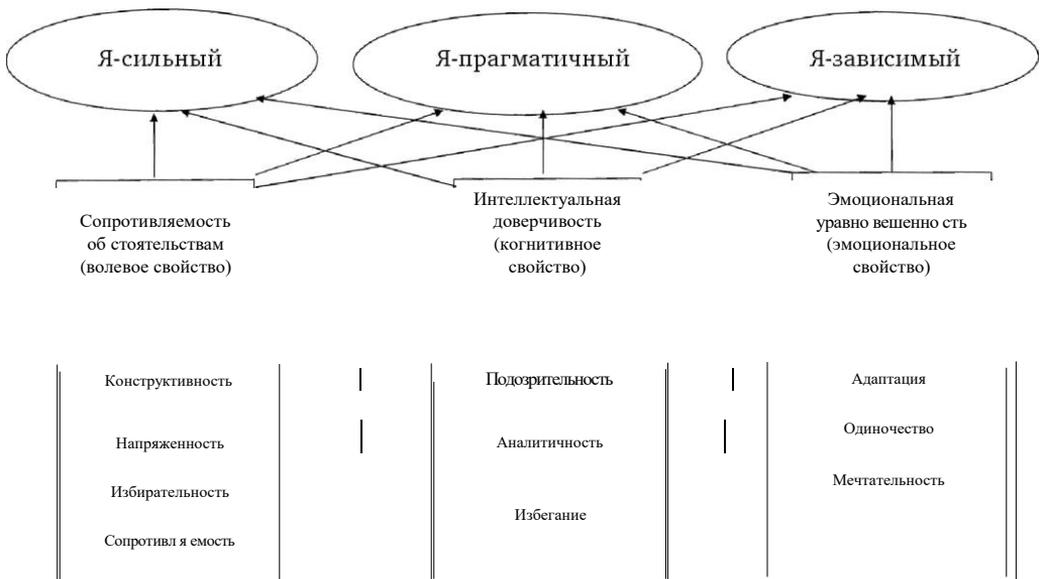


Рис. 3. Функциональная структура личности в ситуации принятия решений

Моделирование функциональной структуры личности при принятии решения

Математическая структурная модель имеет следующий вид:

$OI = a*V + b*K + c*E$, где OI – модальность образа Я, V – волевое свойство личности, K – когнитивное свойство личности, E – эмоциональное свойство личности; a, b, c – коэффициенты выраженности свойства личности.

$V = a1*K_{кп} + a2*K_{вн} + a3*K_{изб} + a4*K_{сопр}$;

$K = b1*L + b2*A_n + b3*K_{конф}$;

$E = c1*K_{да} + c2*K_{до} + c3*K_{меч} + c4*K_{как}$, где $a1, a2, a3, a4$ – коэффициенты веса психического состояния в волевом свойстве личности; $b1, b2, b3$ – коэффициенты весов психических состояний в когнитивном свойстве личности; $c1, c2, c3, c4$ – коэффициенты весов психических состояний в эмоциональном свойстве личности.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- 1 Функциональная структура личности в ситуации ПР состоит из трех уровней: образа Я в различных модальностях; волевых, когнитивных и эмоциональных свойств личности и психических состояний. Свойства личности соответственно представлены: сопротивляемостью обстоятельствам, интеллектуальной доверчивостью, эмоциональной уравновешенностью.
- 2 Модальность образа Я формируется свойствами личности и зависит от соотношения эмоциональных, волевых и когнитивных свойств личности. Преобладание волевых свойств личности формирует модальность «Я-сильный», когнитивных свойств – «Я-прагматичный», эмоциональных свойств – «Я-зависимый».
- 3 Модальность «Я-сильный» характеризуется: эмоциональной устойчивостью, низкой тревожностью, смелостью, адекватной самооценкой, высоким самоконтролем, синтетическим стилем мышления. Модальность «Я-прагматичный» характеризуется: экспрессивностью, доминантностью, прагматичностью и реалистичностью мышления. Модальность «Я-зависимый» характеризуется: общительностью, высоким интеллектом, неконформизмом, напряженностью.
- 4 Эмоциональные, волевые и когнитивные свойства в функциональной структуре личности в ситуации ПР формируются психическими состояниями. Сопротивляемость обстоятельствам формируется следующими состояниями: конструктивность, напряженность, избирательность, сопротивляемость. Интеллектуальная доверчивость – состояниями: подозрительность, аналитичность, избегание. Эмоциональная уравновешенность – состояниями: адаптация, одиночество, мечтательность, активность.
- 5 Принятие перспективных решений коррелирует с наличием у человека модальностей образа Я: «Я-сильный», «Я-прагматичный». Такие модальности отсутствуют у лиц, не ориентированных на принятие перспективных решений.

Литература

- Абульханова-Славская К. А. Деятельность и психология личности. М.: Наука, 1980.
- Брушлинский А. В. Мышление и прогнозирование. М.: Мысль, 1979.
- Брушлинский А. В. Проблема субъекта в психологии (статья первая) // Психологический журнал. 1991. Т. 12. № 6. С. 3–11.

Л. В. Иванова, Т. Н. Савченко, Д. В. Сочивко

Головаха Е. И., Кроник А. А. Психологическое время личности. М.: Смысл, 2008.

Иванова Л. В., Сочивко Д. В. Субъективная психодинамика личности руководителя в ситуациях принятия решения // Материалы съезда Российского психологического общества. СПб., 2003. С. 78.

Платонов К. К. Структура и развитие личности. М., 1986.

Савченко Т. Н. «Методы моделирования динамики индивидуальной и групповой деятельности» // Методы исследования психологических структур и их динамики / Под ред. Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005.

Сочивко Д. В. Психодинамика. М.: ПерСэ, 2003.

Использование теории обнаружения сигнала для разработки модели уверенности при решении сенсорных задач

В. М. Шендяпин

1 нерешенные вопросы моделирования уверенности

Настоящая работа продолжает исследование уверенности при решении сенсорных задач, результаты которых были представлены ранее (Шендяпин и др., 2003, 2006, 2007а, 2007б, 2008).

Изучение принятия решения как базового звена выполнения любой когнитивной задачи – одна из центральных проблем психологии. Актуальность ее очевидна. Поэтому такие исследования за рубежом бурно развиваются начиная с середины XX в. Позднее в них вошло также изучение уверенности в принятом решении (в частности, на материале сенсорно-перцептивных задач порогового типа). В результате этих исследований были разработаны математические модели принятия решения и оценки уверенности в нем (Balakrishnan, Ratcliff, 1996; Bjorkman et al., 1993; Ferrel et al., 1980, 1995; Heath et al., 1984, 1988; Lacouture, Marley, 2000; Link et al., 1975, 2003; Usher et al., 1993, 2001; Van Zandt, Maldonado-Molina, 2000; Vickers et al., 1998, 2000, 2003 и др.).

Наиболее проработанной среди них признается аккумуляторная модель Д. Вickers (Vickers et al., 1998, 2000, 2003). Она предполагает накопление свидетельств в пользу каждой из сравниваемых альтернатив ответа как механизм вынесения решения и оценки уверенности в его правильности, а также адаптивную подстройку этого механизма с помощью коррекции уверенности в правильности суждений. В силу наибольшей авторитетности этой концепции она используется и в других моделях (Lacouture, Marley, 2000; Usher et al., 2001; Van Zandt, Maldonado-Molina, 2000).

Так как при проведении экспериментальных исследований уверенности испытуемого просят оценить уверенность в своем ответе в виде субъективной вероятности правильности вынесенного ответа (Adams, 1957), то логично было бы ожидать, что для моделирования уверенности в разработанных моделях используются переменные, позволяющие получать оценку вероятности правильности.

Однако анализ упомянутых моделей показывает, что переменные, используемые для описания уверенности, не связаны с вероятностью правильности ответа. Так, модели (Balakrishnan, Ratcliff, 1996; Bjorkman et al., 1993; Ferrel et al., 1980, 1995), базирующиеся на теории обнаружения сигнала (ТОС) (Иган, 1983; Green,

Swets, 1966/1974), задают величину уверенности как расстояние на оси величин сенсорного впечатления от полученного в данный момент впечатления до критерия принятия решения. Модели же случайных блужданий (Heath et al., 1984, 1988; Link et al., 1975, 2003) и аккумуляторная модель (Vickers et al., 1998, 2000, 2003) выражают уверенность через специально введенные величины свидетельств, также связанные с сенсорными впечатлениями.

Ясные обоснования использования этих переменных для определения уверенности в связи с вероятностью правильности в этих моделях отсутствуют. Конечно, на начальном, поисковом этапе исследований такая ситуация может считаться вполне оправданной, особенно с учетом того, что использование указанных переменных (свидетельств) в моделях позволяет получать совпадения предсказаний моделей с результатами экспериментов. Однако для полноценного объяснения феномена уверенности одного совпадения результатов моделирования с результатами экспериментов недостаточно. Необходимо иметь гарантию того, что воспроизводимый моделью механизм получения уверенности действительно позволяет получать оценку вероятности правильности решений сенсорных задач.

Для достижения ясности в этом важном вопросе в первой части данной работы с помощью ТОС формулируется идеальная модель принятия решения и оценки уверенности человека в его правильности. Модели такого типа в математической психологии принято называть нормативными, так как в них отображается не то, что на самом деле происходит, когда разворачивается какой-либо процесс, а то, что должно было бы происходить, если принимаются некоторые исходные положения (Ломов, 1981).

Так как уверенность со времени появления работы Дж. Адамса (Adams, 1957) связывается именно с вероятностью правильности принятого решения, то идеальная модель отражает, прежде всего, те факторы сенсорной задачи, которые определяющим образом влияют на эту вероятность. Конечно, идеальная модель отражает только объективные стороны решаемой задачи. Она не учитывает специфики реализации полученных результатов. Практическая ценность идеальной модели, полученной с помощью ТОС, состоит в том, что она, во-первых, объясняет поведение идеального наблюдателя, а во-вторых, гарантирует существование и дает точное описание идеального решения поставленной задачи.

Во второй части работы в результате анализа ограничений идеальной модели был получен упрощенный алгоритм, гарантирующий разумную близость его работы к идеальному результату и в то же время учитывающий реальные возможности психики человека. При анализе предполагалось, что уверенность есть внутренняя психологическая переменная человека, позволяющая ему приблизительно оценивать вероятность правильности своих решений с необходимой точностью, позволяющей успешно ориентироваться в событиях внешнего мира.

2 Идеальная модель ТОС, максимизирующая вероятность правильных ответов

Так как широко применяемая в психофизике ТОС является одним из вариантов более общей теории статистических решений, разработанной математиками на основе теории вероятностей, то ее естественный язык – это язык событий и их

вероятностей. Поэтому наиболее естественно задача принятия решения в парадигме ТОС формулируется на этом языке.

2.1. Неопределенность. Неопределенность ситуации, в которой наблюдатель принимает свое решение, заключается в том, что достоверно ему не известно, какой из двух возможных стимулов он наблюдает. В теории обнаружения предъявление стимула, порождающего на выходе сенсорной системы наблюдателя более слабый отклик, называется событием **n** (noise, т. е. шум). А предъявление другого стимула, порождающего на выходе сенсорной системы более сильный отклик, называется событием **sn** (signal + noise, т. е. сигнал + шум). Так как к детерминированному отклику сенсорной системы на предъявляемый стимул всегда добавляется внутренний шум самой системы, то любая величина реакции сенсорной системы может быть вызвана как событием **n**, так и событием **sn**. Поэтому и после завершения наблюдения человек не может принять достоверное решение о том, какой стимул ему был предъявлен. Однако, рационально используя имеющуюся у него информацию, он может по заданному критерию сравнить возможные последствия своих решений и выбрать лучшее из них, гарантирующее меньшие риски, связанные с ошибочными решениями.

2.2. Априорные вероятности. Наблюдатель не знает, какой стимул был ему предъявлен. Однако ему известна априорная вероятность появления события **sn**, равная $P(\mathbf{sn})$. Априорная вероятность появления дополнительного к нему события **n** при этом равна $P(\mathbf{n}) = 1 - P(\mathbf{sn})$. Отношение априорных вероятностей

$$I_0 = P(\mathbf{sn})/P(\mathbf{n}) \quad (1)$$

показывает, насколько событие **sn** появляется чаще, чем событие **n**. Величина I_0 в концентрированном виде выражает ту информацию, которую наблюдатель имеет до наблюдения. Если $I_0 > 1$, то наблюдателю следует прогнозировать, что, скорее всего, произойдет событие **sn**, а не событие **n**. И чем больше разница $Z_0 - 1$, тем больше должна быть его уверенность в этом прогнозе. Если же $I_0 < 1$, то, скорее всего, произойдет событие **n**. И чем больше разница $1/Z_0 - 1$, тем больше должна быть уверенность.

2.3. Наблюдение. Наблюдение реализуется сенсорной системой наблюдателя. Внутренний механизм работы любой сенсорной системы человека является очень сложным. Однако результирующий отклик сенсорной системы в ТОС описывается довольно просто: в виде стационарного случайного процесса $X(f)$, принимающего значения, распределенные по закону $f(x|\mathbf{n})$ при событии **n**, либо по закону $f(x|\mathbf{sn})$ при событии **sn**.

Для описания наблюдений за период времени T из процесса $X(f)$ с шагом At берется m -мерная выборка откликов (x_1, x_2, \dots, x_m) , $T = m At$. Будем далее обозначать строку полученных откликов вектором выборки $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$. Величина отношения правдоподобия полученной выборки \mathbf{x} , равная отношению совместных плотностей $I(\mathbf{x}) = f(\mathbf{x}|\mathbf{sn})/f(\mathbf{x}|\mathbf{n})$, показывает, насколько чаще данная выборка \mathbf{x} появляется при событии **sn**, чем при событии **n**. Таким образом, величина $I(\mathbf{x})$ характеризует новую информацию, получаемую при наблюдении.

Понятия наблюдения и отношения правдоподобия в психофизике хорошо известны. Однако в теории функциональных систем П. К. Анохина (1978) они приобретают новый смысл: а именно наблюдение является составной частью этапа

афферентного синтеза деятельности человека, так как оно синтезирует, извлекает для него из внешнего мира новую информацию в виде отношения правдоподобия $l(x)$, позволяющую улучшить качество принимаемых решений.

2.4. Апостериорные вероятности. Апостериорная вероятность события **sn** есть вероятность его наступления при условии, что на выходе сенсорной системы была получена выборка **x**; она обозначается $P(\mathbf{sn}|\mathbf{x})$. Аналогично обозначается $P(\mathbf{n}|\mathbf{x})$ – апостериорная вероятность события **n**. Разумеется $P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) + P(\mathbf{n}|\mathbf{x}) = 1$. Апостериорные вероятности событий можно выразить через априорные вероятности и отношение правдоподобия.

Обозначим плотность вероятности совпадения двух событий: а) попадания полученных значений выборки $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ в элементарный интервал $dx_1 dx_2 \dots dx_m$ и б) реализации события **sn**, через $g(\mathbf{sn}, \mathbf{x})$. Используя формулу для вероятности совпадения этих событий, получаем, что $g(\mathbf{sn}, \mathbf{x}) = P(\mathbf{sn})f(\mathbf{x}|\mathbf{sn}) = f(\mathbf{x}) P(\mathbf{sn}|\mathbf{x})$. При этом $f(\mathbf{x}) = P(\mathbf{sn})f(\mathbf{x}|\mathbf{sn}) + P(\mathbf{n})f(\mathbf{x}|\mathbf{n}) = P(\mathbf{sn})f(\mathbf{x}|\mathbf{sn}) \{1 + [l(\mathbf{x})l_0]^{-1}\}$. Отсюда получаем, что

$$P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) = \frac{P(\mathbf{sn})f(\mathbf{x}|\mathbf{sn})}{f(\mathbf{x})} = \frac{P(\mathbf{sn})f(\mathbf{x}|\mathbf{sn})l(\mathbf{x})l_0}{P(\mathbf{sn})f(\mathbf{x}|\mathbf{sn})[1 + l(\mathbf{x})l_0]} = \frac{l(\mathbf{x})l_0}{1 + l(\mathbf{x})l_0} \quad (2)$$

$$P(\mathbf{n}|\mathbf{x}) = 1 - P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) = \frac{1}{1 + l(\mathbf{x})l_0} \quad (3)$$

Для описания информации, которой владеет наблюдатель после наблюдения, вычислим отношение апостериорных вероятностей

$$l_x(\mathbf{x}) = P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) / P(\mathbf{n}|\mathbf{x}) = l(\mathbf{x})l_0. \quad (4)$$

Если от отношений l_0 , $l(\mathbf{x})$ и $l_x(\mathbf{x})$ перейти к их натуральным логарифмам: $L_0 = \ln(l_0)$, $L(\mathbf{x}) = \ln[l(\mathbf{x})]$ и $L_x(\mathbf{x}) = \ln[l_x(\mathbf{x})]$, то формулы (2), (3) и (4) упрощаются:

$$P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) = \exp [L(\mathbf{x}) + L_0] \{1 + \exp[L(\mathbf{x}) + L_0]\}^{-1} = 0,5 + 0,5 \operatorname{th} \{ [L(\mathbf{x}) + L_0]/2 \}, \quad (5)$$

$$P(\mathbf{n}|\mathbf{x}) = 1 - P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) = 0,5 - 0,5 \operatorname{th} \{ [L(\mathbf{x}) + L_0]/2 \}, \quad (6)$$

$$L_x(\mathbf{x}) = L(\mathbf{x}) + L_0. \quad (7)$$

Графики зависимостей $P(\mathbf{sn}|\mathbf{x})$ и $P(\mathbf{n}|\mathbf{x})$ от $L(\mathbf{x})$, рассчитанные по формулам (5) и (6) приведены на рисунке 1. Видно, что с ростом логарифма отношения правдоподобия выборки **x** апостериорная вероятность события **sn** монотонно растет от 0 до 1, а апостериорная вероятность события **n** монотонно убывает от 1 до 0. При выборках **x**, отношение правдоподобия которых удовлетворяет условию $L(\mathbf{x}) = -L_0$, вероятности событий **sn** и **n** совпадают и равны 0,5.

В точке, где $L(\mathbf{x})$ обращается в ноль (т. е. при всех выборках **x**, где $l(\mathbf{x}) = 1$ и, следовательно, где частоты появления событий **sn** и **n** совпадают), отношение апостериорных вероятностей согласно (4) равно отношению априорных вероятностей. Подставляя $l(\mathbf{x}) = 1$ в выражения (2) и (3), получаем $P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) = P(\mathbf{sn})$ и $P(\mathbf{n}|\mathbf{x}) = P(\mathbf{n})$, т. е. апостериорные вероятности событий при этом равны априорным. Наблюдения, характеризующиеся такими выборками, не добавляют новой информации о рассматриваемых событиях.

Теория обнаружения сигнала и разработка модели уверенности

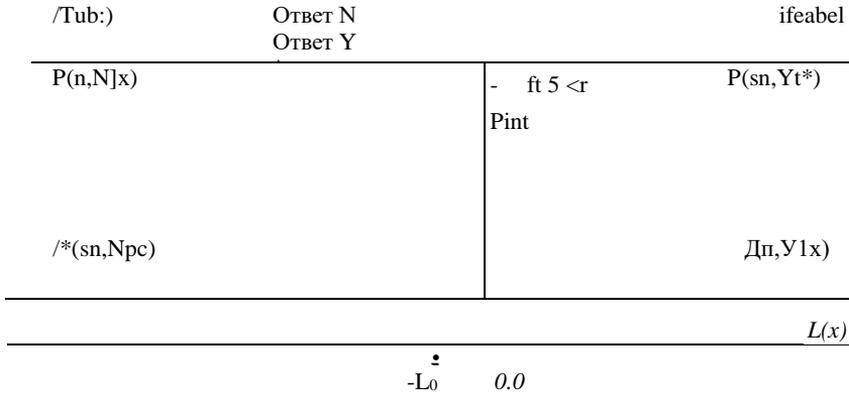


Рис. 1. Зависимости апостериорных вероятностей $P(sn|x)$ и $P(n|x)$ от $L(x)$. При $L(x) = 0,0$ апостериорные вероятности совпадают с априорными. Решающее правило полученной идеальной модели ТОС: при $L(x) > -L_0$ принимается решение **Y**, иначе принимается решение **N**. $P(sn, Y|x)$ и $P(n, N|x)$ – вероятности правильности решений. $P(n, Y|x)$ и $P(sn, N|x)$ – вероятности ошибочности решений

2.5. Принятие решения. Принятие решения начинается после получения выборки x случайной величины $X(t)$ и внешне выглядит как оценка истинности утверждения «данная выборка x была вызвана событием sn ». Если наблюдатель согласен с этим утверждением, то должен сказать «да». Если же он скорее не согласен, то должен сказать «нет». Объявленный ответ называется решением наблюдателя. Решение в виде ответа «да» является событием **Y** (Yes – да), а решение в виде ответа «нет» является событием **N** (No – нет).

В ТОС предполагается, что искомое решающее правило для вынесения ответа является однозначным, т. е. X – все множество выборок x этим правилом разбивается на две непересекающиеся части: X_Y и X_N , $X = X_Y + X_N$. Таким образом, решающее правило для вынесения ответа имеет вид: «Если x принадлежит X_Y , то принимается решение **Y**, если x принадлежит X_N , то принимается решение **N**».

Ситуация после получения выборки x , описывается двумя несовместными сочетаниями событий: $(sn|x)$ и $(n|x)$. После принятия решения и появления события **Y** или **N** ситуация описывается уже четырьмя несовместными сочетаниями: $(sn, Y|x)$, $(sn, N|x)$, $(n, Y|x)$ и $(n, N|x)$. При чем $(sn|x) = (sn, Y|x) + (sn, N|x)$, а $(n|x) = (n, Y|x) + (n, N|x)$.

Сочетание $(sn, Y|x)$ называется правильным обнаружением события sn . Сочетание $(n, Y|x)$ называется ошибочным обнаружением события sn . Сочетание $(sn, N|x)$ называется ошибочным обнаружением события n . Сочетание $(n, N|x)$ называется правильным обнаружением события n . Сумма вероятностей всех возможных сочетаний событий и решений, усредненных по всем выборкам x , равна 1: $P(sn, Y) + P(n, Y) + P(sn, N) + P(n, N) = 1$. При этом безусловная вероятность правильности принятых решений $P(Cor)$ (соггест – правильный), независящая от того, при какой выборке x они были получены и каким было само решение, равна:

$$P(Cor) = P(sn, Y) + P(n, N) = [P(sn, Y|x) + P(n, N|x)] f(x) dx. \quad (8)$$

Из рисунка 1 и формул (5), (6) видно, что, в принципе, любую выборку x можно отнести как к множеству X_Y (при этом вероятность правильности принятого решения

Y будет равна $P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) > 0$), так и к множеству X_N (при этом вероятность правильности принятого решения N будет равна $P(\mathbf{n}|\mathbf{x}) > 0$). Однако если наблюдатель хочет получить максимум вероятности правильных решений, то из двух вариантов решения он должен выбирать тот, который приносит ему большую вероятность правильности. Поэтому если при данной выборке \mathbf{x} выполняется неравенство $P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) > P(\mathbf{n}|\mathbf{x})$, то он должен выбрать решение Y , а в противном случае выбрать решение N .

Так как неравенство $P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) > P(\mathbf{n}|\mathbf{x})$ эквивалентно неравенству $L(\mathbf{x}) + L_0 > 0$, а неравенство $P(\mathbf{sn}|\mathbf{x}) < P(\mathbf{n}|\mathbf{x})$ эквивалентно неравенству $L(\mathbf{x}) + L_0 < 0$, то решающее правило ТОС, максимизирующее вероятность правильных решений, можно сформулировать следующим образом: если $L(\mathbf{x}) + L_0 > 0$, то принимается решение Y , а если $L(\mathbf{x}) + L_0 < 0$, то принимается решение N . При этом в соответствии с формулами (5) и (6) вероятности правильности принятых решений Y и N вычисляются по формулам:

$$P(\mathbf{sn}, Y|\mathbf{x}) = 0,5 + 0,5 \operatorname{th}\{ [L(\mathbf{x}) + L_0]/2\}, \text{ при } \mathbf{x} \in X_Y: L(\mathbf{x}) + L_0 > 0, \quad (9)$$

$$P(\mathbf{n}, N|\mathbf{x}) = 0,5 - 0,5 \operatorname{th}\{ [L(\mathbf{x}) + L_0]/2\}, \text{ при } \mathbf{x} \in X_N: L(\mathbf{x}) + L_0 < 0. \quad (10)$$

А вероятности ошибочности принятых решений Y и N вычисляются по формулам:

$$P(\mathbf{n}, Y|\mathbf{x}) = 0,5 - 0,5 \operatorname{th}\{ [L(\mathbf{x}) + L_0]/2\}, \text{ при } \mathbf{x} \in X_Y: L(\mathbf{x}) + L_0 > 0, \quad (11)$$

$$P(\mathbf{sn}, N|\mathbf{x}) = 0,5 + 0,5 \operatorname{th}\{ [L(\mathbf{x}) + L_0]/2\}, \text{ при } \mathbf{x} \in X_N: L(\mathbf{x}) + L_0 < 0. \quad (12)$$

Нам неясно, где выборки \mathbf{x} , удовлетворяющие условию $L(\mathbf{x}) + L_0 = 0$, ни одно из решений не имеет преимуществ, так как вероятности их правильности одинаковы и равны 0,5.

3 Переход от идеальной модели ТОС к модели реального механизма принятия решения и оценки уверенности человеком

Вернемся к нашему исходному положению о том, что уверенность как психологическая переменная $C(\mathbf{x})$ модели принятия решения в идеале должна описываться математической переменной, позволяющей получать точную оценку вероятности правильности принятого решения. Анализируя полученное в ТОС решающее правило, мы приходим к выводу, что такой переменной может быть только логарифм отношения апостериорных вероятностей, $L_x(\mathbf{x}) = L(\mathbf{x}) + L_0$.

Однако математическая сложность вычисления переменной $L_x(\mathbf{x})$ явно превышает реальные возможности человека. Сомнительно, чтобы человек был способен накапливать и постоянно держать в памяти всю информацию о зависимости логарифма отношения правдоподобия от отсчетов выборки \mathbf{x} . Большинство психологов, занимающихся проблемой принятия решений человеком, пришли к выводу о том, что люди в реальной жизни вообще редко используют математический аппарат теории вероятности.

Такие авторитетные исследователи, как А. Тверски и Д. Канеман, считают, что при принятии решений в условиях неопределенности люди полагаются на ограниченное число эвристических принципов, которые сводят сложные задачи оценки вероятностей до более простых операций суждения (Тверски, Канеман, 2005). Другой известный специалист в области теории принятия решений Ю. Козелецкий также считает, что «использование, даже упрощенное, правил теории вероятностей

затруднительно и часто требует применения больших мыслительных усилий, перегружая кратковременную и долговременную память» (Козелецкий, 1979, с. 123). Соглашаясь с тем, что «эвристические принципы действительно не позволяют оценивать вероятности событий с такой же точностью, как это позволяет делать теория вероятностей», Ю. Козелецкий объясняет факт широкого использования приближенных эвристик тем, что они достаточно легки для интуитивного понимания и использования (там же).

В связи с такими выводами авторитетных специалистов возникает вопрос: как же можно упростить процесс вычисления $L_x(x)$, чтобы сделать идеальную модель ТОС более адекватной реальным возможностям человека, не допуская при этом, однако, больших потерь в точности вычислений? Анализ этой проблемы показал, что такие возможности есть.

Одна из причин сложности вычисления $L_x(x)$ связана с многомерностью полученной выборки x , которая в случае взаимозависимости ее отсчетов требует вычисления совместных плотностей $f(x|sn)$ и $f(x|n)$. Однако при определенном условии, наложенном на выбор шага дискретизации At выборки x , от вычисления совместных плотностей можно избавиться без значительных потерь в точности вычислений.

Для непрерывного процесса $X(f)$, имеющего ширину спектра Af , оптимальным с точки зрения организации дискретной обработки информации является шаг дискретизации $At \approx 1/D$ (Котельников, 1956). Такой шаг получения отсчетов выборки x , с одной стороны, сохраняет всю информацию, содержащуюся в процессе $X(t)$, а с другой стороны, делает отсчеты x практически некоррелированными. При естественном предположении, что закон распределения отсчетов x является нормальным, из некоррелированности отсчетов следует их независимость. В таком случае вычисление отношения правдоподобия всей полученной выборки $l(x) = f(x|sn)/f(x|n)$ упрощается и сводится к вычислению произведения отношений правдоподобия отдельных отсчетов x_i .

$$Z(x) = Y \prod_{i=1}^N f(x_i | sn) / f(x_i | n) = \prod Z(x_i) \quad (13)$$

Вторая причина сложности вычислений состоит в том, что человеку трудно накапливать и постоянно держать в памяти всю информацию о зависимости отношения правдоподобия $Z(x_i)$ от отсчетов x_i . Однако и здесь удалось найти простой способ упростить вычисления без катастрофических потерь в точности оценки вероятности правильности.

Если предположить, что дисперсии нормальных законов $f(x|sn)$ и $f(x|n)$ одинаковы, то $f(x|sn)$ и $f(x|n)$ в наиболее простом виде, т. е. при условии нулевого среднего для $f(x|n)$ и единичной дисперсии, могут быть представлены выражениями (рисунок 2):

$$f(x | n) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-0,5x^2), \quad (14)$$

$$f(x|sn) = (2\pi)^{-1/2} \exp[-0,5(x - d')^2], \quad (15)$$

где $d' > 0$ - среднее значение распределения $f(x|sn)$, задающее различимость событий sn и n . Отношение правдоподобия при этом имеет простой вид (Иган, 1983):

$$Z(x_i) = f(x_i|sn) / f(x_i|n) = \exp [d'(x_i - d'/2)]. \quad (16)$$

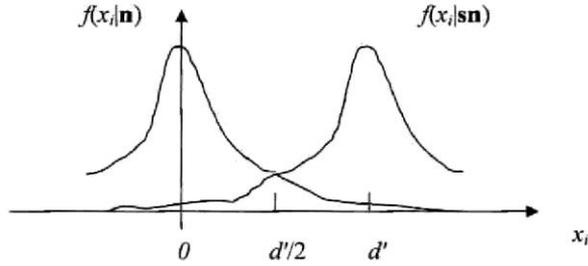


Рис. 2. Одномерные нормальные законы распределения выборки x при событиях n и sn . Дисперсии обоих законов распределения совпадают

В итоге с учетом формул (13) и (16) получаем новый и важный результат. Величина $L(x)$ может быть приближенно вычислена по простой формуле:

$$L(x) \approx d'(x - d'/2), \quad (17)$$

представляющей собой сумму довольно простых слагаемых вида $d'(x - d'/2)$, вычисление которых вполне соответствует реальным возможностям человека. Полученный результат говорит о том, что для принятия решения человеку вовсе не требуется накапливать и постоянно держать в памяти всю информацию о зависимости логарифма отношения правдоподобия от отсчетов выборки x . Для принятия решения ему вполне достаточно только иметь оценку различимости d' и успевать вычислять в реальном времени (т. е. за время D) выражения вида $d'(x - d'/2)$ и накапливать их на сумматоре.

Важно также отметить, что эти слагаемые очень похожи на свидетельства в пользу сравниваемых альтернатив решений, введенные Д. Викерсом. Единственное отличие состоит только в том, что у свидетельств, введенных Д. Викерсом, нет множителя d' . При этом смысл свидетельства вполне понятен: если $x > d'/2$, то этот факт действительно можно считать свидетельством в пользу события sn , а если $x < d'/2$, то это может свидетельствовать скорее в пользу события n , чем в пользу sn . Поэтому будем называть полученные переменные $e = d'(x - d'/2)$ сенсорными свидетельствами. Положительное значение свидетельства e поддерживает гипотезу sn , а отрицательное значение поддерживает гипотезу n . Различие же между нашими свидетельствами и свидетельствами, введенными Д. Викерсом, только подтверждает необходимость теоретического обоснования разрабатываемой модели. При чисто эвристическом или чисто экспериментальном подходе к исследованиям невозможно догадаться, что измеряемую переменную надо умножить на некоторую константу.

Проведенные исследования показали, что идея Д. Викерса использовать понятие свидетельства при выборе наиболее обоснованного решения является очень плодотворной. Так как люди при решении сенсорных задач действительно не могут использовать математические понятия теории вероятности из-за сложности необходимых для этого вычислений и, скорее всего, имеют дело со свидетельствами, то при разработке модели принятия решения вместо логарифма отношения

правдоподобия выборки \mathbf{x} можно использовать эквивалентное ему по содержанию, но гораздо более легкое для вычислений понятие суммы сенсорных свидетельств, введенное формулой (17).

При этом второе слагаемое логарифма отношения апостериорных вероятностей $L_x(\mathbf{x}) = L(\mathbf{x}) + L_0$ также можно считать свидетельством, только оно, в отличие от сенсорных свидетельств, является априорным свидетельством. Как было отмечено в пункте 2.2, если $L_0 > 0$, то априорное свидетельство поддерживает гипотезу \mathbf{sn} , а если $L_0 < 0$, оно поддерживает гипотезу \mathbf{n} .

Окончательно переходя от математических понятий ТОС к описанию психологического механизма уверенности, получаем, что для оценки значения уверенности $C(\mathbf{x})$ необходимо накопить на сумматоре сенсорные свидетельства $\sum d'(x_i - 0,5d')$, прибавить к ним априорное свидетельство L_0 , а затем взять модуль получившегося числа:

$$C(\mathbf{x}) = |\sum d'(x_i - 0,5d') + L_0|. \quad (18)$$

В итоге получаем следующее решающее правило: если $\sum d'(x_i - 0,5d') + L_0 > 0$, то принимается решение \mathbf{Y} , а если $\sum d'(x_i - 0,5d') + L_0 < 0$, то принимается решение \mathbf{N} . При этом независимо от того, какое решение было принято, вероятность его правильности $P(\text{Cor}|\mathbf{x})$ и уверенность в его правильности $C(\mathbf{x})$ связаны простой зависимостью:

$$P(\text{Cor}|\mathbf{x}) = 0,5 + 0,5 \text{th}\{[C(\mathbf{x})] / 2\}. \quad (19)$$

Формулы (18), (19) и итоговое решающее правило дают искомую теоретическую базу для моделирования процесса решения сенсорной задачи и оценки, как вероятности правильности принятого решения, так и психологической уверенности в нем.

Литература

- Анохин П. К. Философские аспекты теории функциональных систем. М.: Наука, 1978.
- Иган Дж. Теория обнаружения сигналов и анализ рабочих характеристик. М.: Наука, 1983.
- Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. М.: Прогресс, 1979.
- Котельников В. А. Теория потенциальной помехоустойчивости. М.: Госэнергоиздат, 1956.
- Ломов Б. Ф. Математика и психология в изучении процессов принятия решений // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. М.: Наука, 1981. С. 5–21.
- Тверски А., Канеман Д. Принятие решений в условиях неопределенности: правила и предубеждения // Канеман Д., Словик П., Тверски А. Принятие решений в неопределенности. Харьков: Гуманитарный центр, 2005. С. 17–36.
- Шендяпин В. М. Сенсорное различение: математическое моделирование // Психофизика сегодня. М.: Изд-во ИП РАН, 2007а. С. 123–135.
- Шендяпин В. М., Скотникова И. Г. Моделирование уверенности в процессе принятия решения // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник трудов Второго Международного научно-практического семинара. М.: Физматлит, 2003. С. 362–368.

- Шендяпин В. М., Скотникова И. Г.* Математическое моделирование принятия решения и уверенности при выполнении сенсорных задач // *Новости искусственного интеллекта*. 2006. № 2. С. 5–13.
- Шендяпин В. М., Скотникова И. Г.* От априорной оптимальности к апостериорной адаптивности в прогнозе правильности сенсорных решений // *Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник трудов Четвертой Международной научно-практической конференции*. М.: Физматлит, 2007. С. 630–639.
- Шендяпин В. М., Скотникова И. Г., Барабанщиков В. А., Тарасов В. Б.* Математическое моделирование уверенности при принятии решения в сенсорных задачах // *Психологический журнал*. 2008. № 4. С. 84–97.
- Adams J. K.* A confidence scale defined in terms of expected percentages // *American Journal of Psychology*. 1957. V. 70. P. 432–436.
- Balakrishnan J. D., Ratcliff R.* Testing models of decision making using confidence ratings in classification // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1996. V. 22. P. 615–633.
- Bjorkman M., Juslin P., Winman A.* Realism of confidence in sensory discrimination: the underconfidence phenomenon // *Perception and Psychophysics*. 1993. V. 54. P. 75–81.
- Green D. M., Swets J. A.* *Signal Detection Theory and Psychophysics*. N. Y.: Wiley. 1st ed., 1966; 2nd ed., 1974.
- Ferrell W. R., McGoey P. J.* A model of calibration for subjective probabilities // *Organizational Behavior and Human Performance*. 1980. V. 26. P. 32–53.
- Ferrel W. R.* A model for realism of confidence judgments: implications of underconfidence in sensory discrimination // *Perception and Psychophysics*. 1995. V. 57. P. 246–254.
- Heath R. A.* Random-walk and accumulator models of psychophysical discrimination: a critical evaluation // *Perception*. 1984. V. 13. P. 57–65.
- Heath R. A., Fulham R.* An adaptive filter model for recognition memory // *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. 1988. V. 1. P. 119–144.
- Lacouture I., Marley A. A. J.* Non-linear decision process in absolute identification // *Fechner Day' 2000: Proceedings of the 10th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics (ISP)* / Ed. by C. Bonnet. Strasbourg: France, 2000. P. 91–96.
- Link S. W., Heath R. A.* A sequential theory of psychological discrimination // *Psychometrika*. 1975. V. 40. P. 77–105.
- Link S. W. C. S.* Pierce, confidence and random walk theory // *Fechner Day' 2003: Proceedings of the 13th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics (ISP)* / Ed. by B. Berglund, E. Borg. Larnaka: Cyprus, 2003. P. 151–156.
- Usher M., McClelland J. L.* The time course of perceptual choice: the leaky, competing accumulator model // *Psychological Review*. 2001. V. 108. № 3. P. 550–592.
- Usher M., Zakay D.* A neural network model for attribute-based decision processes // *Cognitive Science*. 1993. V. 17. P. 349–396.
- Van Zandt T., Maldonado-Molina M.* A mechanism for two-choice discrimination: time dependent response reversals in recognition memory // *Fechner Day' 2000: Proceedings of the 10th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics (ISP)* / Ed. by C. Bonnet. Strasbourg: France, 2000. P. 109–114.

- Vickers D., Lee M.* Dynamic models of simple judgments: I. Properties of a self-regulating accumulator model // *Nonlinear dynamics, psychology and life sciences*. 1998. V. 2. P. 169–194.
- Vickers D., Lee M.* Dynamic models of simple judgments: II. Properties of a self-organizing PAGAN (Parallel, Adaptive, Generalized Accumulator Network) Model for Multi-Choice Tasks // *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*. 2000. V. 4. № 1. P. 1–31.
- Vickers D., Pietsch A.* Decision making and memory: predicting accuracy, response time and confidence on individual trials // *Fechner Day' 2000: Proceedings of the 10th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*. (ISP) / Ed. by C. Bonnet. Strasbourg: France, 2000. P. 115–120.
- Vickers D.* Confidence and response time in three-category judgment // *Fechner Day' 2003: Proceedings of the 13th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics (ISP)* / Ed. by B. Berglund, E. Borg. Larnaka: Cyprus, 2003. P. 325–331.

О надежности метода парных сравнений при имплицитной самоидентификации личностных свойств

В. М. Пусалов

Можно ли измерить психологические свойства личности отдельно взятого человека? На поставленный вопрос существует три возможных ответа. Согласно первому ответу, измерять свойства отдельного человека бессмысленно и бесполезно. Каждый человек рассматривается как уникальное и неповторимое существо, как самобытная и трансцендентная индивидуальность, достойная не измерения, а созерцания, восхищения и сопереживания. Такая точка зрения господствует преимущественно в философии, литературе, религии и некоторых направлениях психологии. Достоинства такого метафорического описательного понимания индивидуальности бесспорны: главными ее характеристиками здесь выступают самые существенные, самые глубинные и самые сокровенные свойства человека – его мироощущение, отношения к себе и к миру, нравственные установки, смыслы и цели жизни и т. д. Но и недостатки такого подхода тоже очевидны: понимание индивидуальности здесь не соответствует общепринятым нормам научного познания, поскольку этот подход отвергает какую бы то ни было систему измерения. Тем не менее такой подход к пониманию индивидуальности получил широкое распространение в психоаналитической, экзистенциальной и гуманистической психологии (Маслоу, 1997; Роджерс, 1994; Франкл, 1994; Юнг, 1994).

Согласно второму ответу, психологические свойства отдельно взятого человека измерять можно, но опосредованно, сопоставляя их со свойствами референтной группы людей. Такая точка зрения является общепринятой в дифференциальной психологии (Штерн, 1998). Эталоном измерения здесь выступает сама референтная группа. Свойства отдельного конкретного человека сравниваются и тем самым измеряются, а точнее, оцениваются через нормативные данные о психологических свойствах конкретной группы людей. Сравнение, как известно, проводится в единицах сигмы относительно среднего значения того или иного свойства группы. Индивидуальность в этом случае представляет собой профиль (или срез) условных значений психологических свойств относительно обобщенных свойств конкретной популяции, с которой сравнивается данный человек. Значения могут быть ниже нормы, в пределах нормы, выше нормы. Сами свойства могут быть любого уровня и любой сложности – будь то свойства мировоззрения, способности, жизненные ценности, свойства темперамента, характера и т. д. К сожалению, дифференциально-482

психологический подход имеет серьезные недостатки. Фактически здесь мы теряем истинную индивидуальность. Дело в том, что один и тот же конкретный человек может иметь много «индивидуальностей» (т. е. много профилей) в зависимости от тех конкретных популяций, с которыми он сравнивается. Создание универсальной общечеловеческой репрезентативной выборки, с которой можно было бы якобы сравнивать психологические свойства любого конкретного человека, по нашему мнению, и с теоретической, и с практической точки зрения, бессмысленно и нереализуемо. В такую выборку мы должны были бы включить представителей всех народов мира, всех континентов, всех профессий и т. д., что совершенно невыполнимо. Тем не менее дифференциально-психологический подход к познанию индивидуальности человека имеет явные преимущества по сравнению с первым, «гуманитарным» подходом, поскольку мы получаем некоторую объективную информацию о ней – конечно, при условии, что мы используем психометрически корректные методы, хотя, как отмечено выше, мы никогда не знаем, какой профиль (т. е. какие значения свойств у конкретного человека) является истинным, а какие – ложными.

Дифференциальная психология, или, как ее еще называют, психология индивидуальных различий, фактически изучает и измеряет не индивидуальные различия и не индивидуальности как таковые, как бы парадоксально это ни звучало, а различия в сфере психики между группами людей – между мужчинами и женщинами, между людьми разных профессий, между людьми разной этнической принадлежности и т. д.

Дифференциально-психологический подход имеет еще одну важную особенность: в ответах испытуемых всегда присутствует так называемая «социальная желательность», которая является не просто досадной ошибкой измерения, а органической чертой самого подхода. Дело в том, что, отвечая на пункты того или иного опросника, конкретный человек неизбежно сравнивает себя с другими людьми и, как правило, дает социально желательные ответы, хотя в инструкции указано, что «нет хороших или плохих ответов» и надо оценивать собственное поведение. Однако, если мы спросим испытуемого, как он понимает, например, такие пункты, как «Я часто высказываю свое мнение, не подумав» (Русалов, Манолова, 2003, пункт 21, с. 64) или: «У меня много друзей и знакомых» (Русалов, Манолова, 2003, пункт 35, с. 65), и что значит для него «часто» или «много», то в ответ мы услышим: «По сравнению с другими людьми», «часто не подумав» – это плохо, а «много друзей» – это хорошо. Согласно «откровенным» самоотчетам, испытуемый старается отвечать так, «как принято», «как надо», «как желательно» отвечать на тот или иной пункт в конкретной социальной группе, к которой он себя относит в данный момент. И поэтому даже в случае измерения простейших психологических свойств, таких как, например, темперамент или характер, в ответах испытуемых всегда присутствует весомая доля социальной желательности (Русалов, Манолова, 2003; Русалов, 2004).

Мы предлагаем третий ответ на поставленный вопрос и считаем, что измерять психологические свойства отдельного человека можно. Более того, мы утверждаем, что при этом испытуемому нет никакой необходимости сравнивать себя с другими людьми. Предлагаемый подход, по нашему мнению, позволяет свести к минимуму «нежелательные» влияния социальной желательности. Для измерения психологических свойств отдельного человека нами разработана целая система теоретических

и практических обоснований. Отметим, что предлагаемый подход к измерению психологических свойств не исключает двух выше перечисленных подходов, а лишь дополняет их. В нашем подходе речь идет об измерении любых психологических свойств, любой сложности, на любых уровнях индивидуальности. В своих исследованиях мы опираемся на концепцию, которую мы назвали концепцией «имплицитной самоидентификации» психологических свойств. Слово «имплицитный» имеет два смысла: 1) обыденные, ненаучные, наивные представления о самом себе и своих психологических свойствах и 2) такие характеристики психологических свойств, которые скрыты, полностью не осознаются, плохо или частично вербализуются в текущем поведении. В нашем исследовании мы используем термин «имплицитный» преимущественно во втором смысле. Имплицитные (скрытые) характеристики свойств могут выступать «наружу» наиболее отчетливо лишь в специальных экспериментальных ситуациях: например, в конфликтных ситуациях, когда нужно действовать точно и быстро, т. е. когда человек испытывает затруднения в логических объяснениях своего поведения, и для решения поставленных перед ним задач вынужден прибегать к полусознательным, иррациональным или имплицитным уровням сознания. Следует подчеркнуть, что имплицитные формы сознания совершенно не означают глубокого подсознания или измененных состояний сознания, которые возникают, например, при гипнозе или алкогольной интоксикации. Изучаемые нами имплицитные (скрытые, слабо вербализуемые) конструкты функционируют в структуре нормального обыденного сознания любого человека в ситуации нормального бодрствования, хотя для их более отчетливого выявления, как отмечалось выше, необходимы специальные экспериментальные условия.

В когнитивной психологии уже хорошо известны и экспериментально изучены имплицитные формы памяти и научения как некоторые формы бессознательного (Корсини, Ауэрбах, 2003). Еще раз подчеркнем, что имплицитные формы сознания существуют одновременно с обычными эксплицитными (открытыми) характеристиками психологических образований, которые проявляются в поведении сознательно, которые могут быть строго логически обоснованы и объективно зафиксированы с помощью традиционных психометрических методов. Мы полагаем, что у каждого человека, у каждой индивидуальности имеются не только сознательные (эксплицитные, открытые), но и бессознательные, по терминологии К. Юнга (Юнг, 1994), «теневые», смутно или плохо осознаваемые или совсем неосознаваемые, но устойчивые психологические конструкты. Мы их называем имплицитными представлениями (схемы, ментальные репрезентации: Ребеко, 1998) о своем темпераменте, способностях, характере, системе ценностей и т. д. Эти представления могут отличаться от эксплицитных сознательных форм поведения. Другими словами, у каждого человека есть не только открытые, сознательно декларируемые, социально желательные, направленные на общество, эксплицитные свойства персоны (маски), но также и имплицитные свойства – имплицитный темперамент, имплицитный характер, имплицитные способности, имплицитные жизненные ценности и т. д. Мы полагаем, что у каждой индивидуальности, помимо эксплицитной сознательной формы индивидуальности, имеется и система бессознательных (полусознательных) конструктов – представлений о своей индивидуальности, т. е. имплицитная индивидуальность.

Итак, можно ли объективно измерить эти имплицитные (скрытые) представления о самом себе, о своей индивидуальности? Мы считаем, что можно. Во-первых, потому, что имплицитные конструкты обладают онтологическим статусом, как, впрочем, и любые другие психические и психологически структуры индивидуального опыта, возникшие в процессе развития и взаимодействия человека с миром и самим собой. Во-вторых, известно, что имплицитные (скрытые) знания (скрытые представления) могут быть доступны вербальному осознанию (Mathews, 1990; Neal, Hesketh, 1997), несмотря на то что большая часть этих скрытых знаний может отражать опыт человека на до-речевом, или даже до-языковом уровне (Павиленис, 1983). Предлагаемый нами новый путь измерения индивидуальности основан на хорошо известном методе парных сравнений. Первые ссылки на использование этого метода можно найти у Л. Л. Терстона (Thurstone, 1952). Метод парных сравнений применялся им в психофизике (шкала веса), в экспериментальной эстетике, социальной психологии (шкала серьезности различных проступков и другие). Согласно этому методу, испытуемому предъявляют все возможные пары стимулов из серии стимулов, которые должны быть представлены на шкале. В отношении каждой пары испытуемый должен определить, какой стимул из двух предъявленных тяжелее, приятнее, серьезнее и т. д. В конечном итоге после всех парных сравнений создается возможность построения упорядоченной пирамиды стимулов. В нашем варианте этого метода дистанция между сравниваемыми элементами в случае равного числа выборов определялась по времени реакции, затраченной испытуемым на операцию сравнения.

Суть нашего метода заключается в следующем. Испытуемый должен сравнивать на экране компьютера, используя мышь, две пары свойств того или иного уровня собственной индивидуальности. Его задача – решить, какое свойство из пары предъявленных (ценностей, свойств личности, способностей, характера, темперамента и т. д.) является для него в настоящее время более ценным (более важным, более значимым, более выраженным и т. д.). В зависимости от цели исследования ему также может быть предложено указать (или выбрать) предпочитаемое свойство – одно из двух. Экспериментальная ситуация вынужденного парного сравнения (операцию сравнения по инструкции нужно проводить как можно точнее и одновременно как можно быстрее) вынуждает испытуемого обращаться к скрытым, бессознательным, имплицитным слоям психики. Например, испытуемому необходимо сравнить, какая жизненная ценность у него более выражена: семья или здоровье? Или что ему больше не нравится в людях – лень или жадность и т. д. Очевидно, что в данной конфликтной экспериментальной ситуации человек испытывает явные трудности, не способен строго логически обосновать свой выбор и, как следствие, вынужден обратиться к неосознаваемым или смутно осознаваемым уровням своего сознания. В результате выполнения испытуемым итеративных выборов-сравнений выстраивается иерархизированная, упорядоченная пирамида-структура самоорганизации исследуемых свойств индивидуальности – от субъектно-содержательных свойств (например, пирамиды жизненных ценностей) до пирамиды темпераментальных свойств. Допустим, испытуемому предлагается оценить собственную имплицитную структуру жизненных ценностей. На экране компьютера в случайном порядке из заранее заготовленного и согласованного с испытуемым списка, например, 20 жизнен-

ных ценностей, вначале предъявляется одна пара сравниваемых ценностей, затем другая, затем третья и т. д. Испытуемый должен как можно точнее, но одновременно и как можно быстрее указать, какие ценности он считает у себя в настоящее время более выраженными. Еще раз отметим, что предлагаемая конфликтная экспериментальная ситуация направлена на выявление имплицитных, бессознательных или полусознательных форм поведения, поскольку человеку в данной ситуации трудно рассуждать и сравнивать себя с другими людьми и, следовательно, рациональные, логические способы объяснения того или иного выбора существенно ограничены. Испытуемому в случайном порядке предъявляются одна за другой пары свойств, например жизненных ценностей, до тех пор, пока не будет исчерпан весь список и каждое свойство не будет сопоставлено со всеми остальными. В конце исследования благодаря специальным компьютерным программам выдается распечатка иерархии имплицитной структуры, например, в данном случае жизненных ценностей у конкретного испытуемого.

Следует отметить, что испытуемые заранее знакомятся со списками свойств. Списки свойств не закрыты, они могут увеличиваться или уменьшаться в зависимости от конкретных задач исследования. Во время предварительной беседы испытуемый уточняет значение того или иного свойства. В списках свойств содержится, как правило, не более 20 позиций. Данное число свойств было подобрано нами чисто эмпирически. Дело в том, что при увеличении числа элементов в матрице, как известно, резко возрастает общее количество парных сравнений. Если число элементов 20, то испытуемому приходится выбирать 190 раз, что занимает в среднем около 10 минут. Если же число элементов, допустим, увеличить до 30, то число выборов (сопоставлений) достигает 435, что требует не менее 25 минут работы на компьютере. Известно, что именно громоздкость и большие временные затраты со стороны испытуемого при использовании метода парных сравнений, особенно в «бумажном» его варианте, являются одной из главных причин небольшого интереса к этому методу. Приход компьютерной техники позволит вновь резко усилить интерес к нему.

Первый и наиболее важный вопрос, который возникает при использовании метода вынужденных парных сравнений в ситуации имплицитной самоидентификации, заключается в том, насколько устойчивыми являются «пирамиды» имплицитных психологических свойств. Нами были проведены специальные повторные исследования с интервалом 2–3 недели с целью изучения стабильности имплицитных свойств. Устойчивость пирамиды способностей проверялась на 21 человеке, устойчивость жизненных ценностей – на 9 людях, устойчивость других свойств (моральных установок, темперамента, характера и других) – на 7 людях. Мы отказались увеличивать число повторных исследований, поскольку во всех без исключения случаях нами были получены высокие коэффициенты тест-ретестовой ранговой корреляции – от 0,75 до 0,92. Для иллюстрации метода мы подготовили специальную таблицу (таблица 1), в которой приведен конкретный пример иерархии имплицитных структур жизненных ценностей для испытуемой Г. Ш., полученных в двух исследованиях, проведенных с интервалом в две недели.

Многие свойства отличаются лишь на 1–2 ранга, например, ценность «дети» в первом измерении занимала 3-й ранг и во втором – 3-й ранг, «религия» – 4-й и 6-й,

Таблица 1
Имплицитная структура жизненных ценностей

Имя: Т. Щ. Пол: жен. Возраст: 41. 1-е измерение				Имя: Т. Щ. Пол: жен. Возраст: 41. 2-е измерение			
Жизненные ценности	К-во выборов	Время выбора (с)	Ранг	Жизненные ценности	К-во выборов	Время выбора (с)	Ранг
Семья	19	1,617	1	Семья	18	1,513	1
Здоровье	17	1,719	2	Дети	16	1,455	2
Дети	16	1,589	3	Здоровье	16	1,533	3
Религия	16	1,986	4	Образование	15	1,534	4
Образование	15	1,481	5	Творчество	15	1,698	5
Творчество	13	1,645	6	Религия	14	1,511	6
Общение	12	1,770	7	Общение	13	1,518	7
Работа	12	1,782	8	Работа	13	1,672	8
Путешествия	10	2,172	9	Комфорт	10	1,521	9
Острые ощущения	9	1,739	10	Богатство	9	1,553	10
Природа	9	2,093	11	Острые ощущения	9	1,695	11
Карьера	8	2,037	12	Путешествия	9	2,141	12
Богатство	7	1,807	13	Карьера	7	1,830	13
Успех	7	2,126	14	Успех	6	1,576	14
Секс	6	1,873	15	Природа	6	1,789	15
Политика	6	2,048	16	Политика	6	2,065	16
Комфорт	4	2,296	17	Секс	4	2,229	17
Власть	3	1,893	18	Власть	3	2,430	18
Мода	1	2,023	19	Спорт	1	1,942	19
Спорт	0	-	20	Мода	0	-	20

«образование» – 5-й и 4-й ранги соответственно. Наибольшее различие было обнаружено для свойства «комфорт» – 17-й ранг в первом измерении и 9-й ранг – во втором. Коэффициент тест-ретестовой корреляции испытуемой Т. Щ. был равен 0,91. В таблице также отчетливо видно, что во многих случаях имеет место нарушение плавности уменьшения рангов, нарушение «линейности», «логичности», или «не-евклидовость, неметричность» шкалы (Крылов, 2000), что свидетельствует о том, что мы действительно имеем дело с иррациональными, имплицитными формами поведения человека. Во многих случаях испытуемая Т. Щ. некоторые ценности выбирала равное число раз. Например, в первом измерении ценности «дети» и «религия» – по 16 раз, «общение» и «работа» – по 12 раз, «путешествия» и «острые ощущения» – по 10 раз, «богатство» и «успех» – по 7 раз, «секс» и «политика» – по 6 раз. Во втором измерении испытуемая Т. Щ. такие ценности, как «семья», «дети» и «здоровье» выбирала по 16 раз, «образование» и «творчество» – по 15 раз, «общение» и «работа» – по 13 раз, «богатство», «острые ощущения» и «путешествия» – по 9 раз,

«успех» и «природа» – по 6 раз. Для восстановления «линейности» в случае равного числа выборов мы, как отмечалось выше, использовали усредненное время выбора данного свойства. Более короткое время выбора свидетельствует, по нашему мнению, о более быстрой и более уверенной обработке информации в сознании испытуемого, что позволяло нам приписать свойству (элементу) более высокий ранг. Естественно, что данный метод требует использования специальной программы и может быть реализован только в компьютерном варианте.

Итак, метод вынужденных парных сравнений при имплицитной самоидентификации психологических свойств конкретного человека является высоконадежным методом исследования и позволяет раскрыть внутреннюю имплицитную иерархию (самоорганизацию) свойств того или иного уровня индивидуальности. Полученная устойчивая иерархия свойств в той или иной сфере психики (способности, жизненные ценности и т. д.) является уникальной и представляет собой сложный целостный неделимый системный признак для каждого человека. Следовательно, индивидуальность отдельного человека можно описать набором иерархий свойств, полученных методом вынужденных парных сравнений. Очевидно, что, будучи уникальными, данные наборы системных признаков не нуждаются в дальнейшей кластеризации или факторизации для отдельного человека. Однако полученные уникальные иерархии свойств отдельного человека могут быть сопоставлены с уникальными иерархиями свойств другого человека или группы других людей в случае сходного набора сравниваемых свойств (например, можно сравнивать пирамиду жизненных ценностей у начальника и подчиненного, у супругов, у профессионала высокого уровня и у начинающего профессионала и т. д.) с точки зрения рангового соответствия. Метод парных сравнений в ситуации имплицитной самоидентификации используются нами уже почти 10 лет для исследования профессиональной ориентации, психологической диспансеризации и семейной консультации. Успешное решение ряда практических задач свидетельствует о высокой валидности метода. Более того, опыт практической работы показывает, что метод парных сравнений позволяет с высокой точностью фиксировать имплицитные свойства индивидуальности, которые являются довольно устойчивыми и более информативными для целей профориентации и консультирования.

Литература

- Корсини Р., Ауэрбах А.* Имплицитное научение и имплицитная память // Психологическая энциклопедия. Питер, 2003.
- Крылов В. Ю.* Методологические и теоретические проблемы математической психологии. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2000.
- Маслоу А.* Психология бытия М.: Рефл-бук, 1997.
- Павиленис В. М.* Проблема смысла М.: Мысль, 1983.
- Ребеко Т. А.* Ментальная репрезентация как формат хранения информации // Мен-тальная репрезентация: динамика и структура. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1998. С. 25–54.
- Роджерс К.* Взгляд на психотерапию. Становление человека М.: Прогресс, 1994.
- Русалов В. М., Манолова О. Н.* Опросник черт характера взрослого человека (ОЧХ-В) М.: МГТУ им. Э. Баумана, 2003.

- Русалов В. М.* Формально-динамические свойства индивидуальности человека (тепераметр). Краткая теория и методы измерения для различных возрастных групп. Методическое пособие М.: МГТУ им. Э. Баумана, 2004.
- Франкл В.* Человек в поисках смысла М.: 1990.
- Штерн В.* Дифференциальная психология и ее методические основы М.: Наука, 1998.
- Юнг К.* Аналитическая психология Спб. 1994.
- Mathews R. C.* Abstractness of grammar knowledge: Comments on Perruchet and Pacteau's analysis of synthetic grammar learning // Journ. of Experiment. Psychol. 1990. V. 119. № 4. P. 412–416.
- Neal A., Hesketh B.* Future directions for implicit learning: Toward a classification of issues associated with knowledge representation and consciousness // Psychonom. Bulletin and Reviews. 1997. V. 4. № 1. P. 73–78.
- Thurstone L. L.* The measurement of values. Chicago, 1952.

РАЗДЕЛ V

ВОСПОМИНАНИЯ О ВЛАДИМИРЕ ЮРЬЕВИЧЕ КРЫЛОВЕ



Истоки авторитета В. Ю. Крылова в научном коллективе

А. Л. Журавлев

Владимир Юрьевич Крылов относился к генерации ярких, выдающихся исследователей нашего Института, годы рождения которых приходятся на пятилетие 1929–1933 гг. и большинство которых, к счастью, продолжают активно работать в психологической науке. Эту мощную генерацию составляют К. А. Абуль-ханова, В. А. Бодров, А. В. Брушлинский, Д. Н. Завалишина, А. А. Митькин, В. П. Морозов, С. К. Рошин, Т. Н. Ушакова – этот ряд, безусловно, очень впечатляет!

Владимир Юрьевич относился также к когорте известных и перспективных специалистов, приглашенных Б. Ф. Ломовым при организации Института психологии АН СССР (ИП АН СССР) под реализацию идеи сначала комплексного, а чуть позднее – системного исследования психики. Как профессионал Крылов представлял математику – пожалуй, самую абстрактную, наряду с философией, научную отрасль, или метанауку, чрезвычайно важную для развития психологии в начале 1970-х годов и доказавшую свою полезность для психологической науки в 1960-е годы. В ИП АН СССР были приглашены также физиологи, медики, физики, специалисты в области технических наук и т. д. Такая когорта не являлась доминирующей, но была очень заметной и принципиально важной для развития конкретных психологических исследований в Институте, особенно экспериментальных и более широко – эмпирических.

Борис Федорович всегда отводил Крылову роль «главного математика» нашего Института, на которую он собственно и пригласил Владимира Юрьевича и с которой последний прекрасно справлялся, будучи уже известным математиком. Однако такая роль, по моему мнению, была лишь условной, образно сформулированной и всем понятной, но главное дело, которое было поручено Ломовым Крылову, состояло в формировании математической психологии: вначале как самостоятельного научного направления в нашем Институте, а затем как специальной отрасли в структуре отечественной психологической науки. Основной период своей профессиональной деятельности в ИП АН СССР (РАН) Крылов занимался решением именно этой научной и научно-организационной задачи. Следует признать, что в истории нашего Института далеко не каждому и даже очень квалифицированному специалисту выпадал шанс сформировать целую отрасль в отечественной психологии. Большинству удавалось основать новое научное направление иссле-

дований, решить крупную научную проблему или выполнить цикл интересных исследований, что само по себе представляет огромную заслугу. Крылову явно удалось основать отрасль математической психологии.

Тем самым Владимир Юрьевич был активно включен в более общий процесс интенсивного становления разных отраслей отечественной психологии, начало которому было положено еще в конце 1950-х годов формированием инженерной и возрождением социальной психологии под научным руководством и при непосредственном участии Б. Г. Ананьева, Е. С. Кузьмина, Б. Ф. Ломова, Б. Д. Парыгина и др. В 1970-е годы этому процессу Борис Федорович по-прежнему придавал принципиальное значение. Эти годы характеризовались как становлением, так и системным развитием не только математической психологии в ИП АН СССР, но и психофизики, психологии управления, дифференциальной психофизиологии и других отраслей. В частности, этим объясняется, что в научной и управленческой команде Ломова Крылов был одной из ключевых фигур, причем незаменимых и самодостаточных. Сегодня бы сказали, что он составлял важнейшее звено ближайшей социальной сети Ломова, с которым он активно взаимодействовал в главном – в развитии психологической науки.

Крылов был очень авторитетным специалистом среди профессионалов и референтным членом научного коллектива, мнение которого было значимым для многих сотрудников. Сегодня вполне уместным является вопрос о том, что же обеспечивало его высокий авторитет в ИП АН СССР (РАН)? Ниже лишь попытаюсь ответить на этот вопрос, может быть, несколько приблизившись к его глубокой сути.

Во-первых, еще раз следует подчеркнуть, что Крылов был высококвалифицированным специалистом, имел прекрасную базовую подготовку в области математики, «закрывал» целую математическую нишу в нашем Институте, обладал качествами глубоко мыслящего профессионала, что постоянно проявлял в своей деятельности, в руководстве работами своих учеников и лаборатории в целом, а также в открытых публичных дискуссиях, связанных с ролью математических методов в развитии психологической науки в целом и ее отдельных отраслей. Возможно, это и есть главная причина его авторитета, но, уверен, не единственная.

Во-вторых, Владимир Юрьевич характеризовался высокой мотивированностью в занятиях наукой, в проведении теоретических и эмпирических исследований. Он всегда оставался увлеченным человеком и хорошо запомнился тем, что очень внимательно слушал научные доклады на семинарах и конференциях, всегда что-то записывал в свою толстую тетрадь, глубоко вникал в содержание того, что слушал, задавал много вопросов, и, что мне интересно сегодня, – среди них обязательно были уточняющие, направленные на дополнительное раскрытие точки зрения выступавшего, позицию которого Владимир Юрьевич, как правило, уважал. И сейчас «слышатся» его слова, обращенные к докладчику: «Объясните мне, пожалуйста!...» В целом это всегда вызывало уважение к нему со стороны сотрудников Института и гостей, приглашенных на научные мероприятия.

В-третьих, уважение окружающих вызывало и то, как он мыслил, так как наиболее характерными особенностями его мышления, рассуждений были активность и глубина, логичность и точность, конкретность и критичность (способность выявлять отклонения от правила, нормы, чего-то закономерного и т. п.). Таких же

качеств он ожидал от задающих ему вопросы, особенно тогда, когда они были нечетко сформулированы, затянуты, похожи не на вопросы, а на выступления. В таких случаях, выслушав, он нередко спрашивал: «Скажите, мне, пожалуйста, в чем же все-таки состоит ваш вопрос?» Многие собеседники Владимира Юрьевича хорошо знали или быстро понимали: чтобы иметь с ним дело, нужно тоже рассуждать строго логично или, по меньшей мере, стараться это делать, однако далеко не у всех это получалось, что вполне естественно. Было заметно, что навыки так мыслить были приобретены им давно, и владел он ими почти безупречно.

В-четвертых, в деятельности Владимира Юрьевича удачно сочетались многие качества, в частности профессиональные, организаторские, административно-управленческие, педагогические и другие, которые позволили ему создать в ИП АН СССР первую в отечественной психологии лабораторию математической психологии и успешно руководить ею довольно продолжительный период, основав свою научную школу, что, несомненно, вызывало огромное уважение представителей профессионального сообщества, в частности его коллег по Институту. Именно в наличии оригинальной научной школы была заложена огромная человеческая сила Владимира Юрьевича, его авторитет и влияние на других людей, воспринимавших Крылова как яркого лидера в целой отрасли психологической науки – математической психологии. И такое научное лидерство он подтверждал постоянно своей работой, идеями и достижениями.

В-пятых, в своей профессиональной деятельности, и даже более широко – в жизни в целом, он преимущественно занимал активную позицию, старался добиваться поставленных целей, успешно решать стоящие перед ним и его лабораторией задачи, отстаивать свои жизненные убеждения, научные взгляды и представления и т. д. Все это не могло не вызывать большого уважения! В его социальной активности, а нередко даже наступательной позиции, можно было усмотреть человека, в психологическом смысле очень тонкого, социально чувствительного и даже ранимого. Думаю, что я не ошибаюсь! Хотя эти качества как потенциальные регуляторы поведения находились более глубоко в его внутреннем мире, возможно, они даже скрывались им, но они были, проявлялись и, по-моему, характеризовали Владимира Юрьевича. И этим он был именно по-человечески интересен другим людям, особенно тем, которые близко к нему стояли.

Учитывая все вышесказанное, у Крылова можно было научиться многому. При этом имеются в виду далеко не только блестящие его знания в области математики, но прежде всего строгость и логичность рассуждений, способность доступно и убедительно объяснять самые сложные вопросы, любовь к тому делу, которым он занимался, принципиальность, из-за которой, как и всякому другому принципиальному человеку, ему приходилось что-то терять и нередко даже страдать, и т. д.

Во взаимодействии с другими людьми он всегда был заметен, вносил сугубо свое, индивидуальное в формирование социально-психологической атмосферы в Институте, делал ее динамично развивающейся, вводил в эту атмосферу, образно говоря, антизастойные «психологические инъекции». Это не могло нравиться всем, но главное – его всегда (или чаще всего) поддерживал Борис Федорович, причем в явной форме. От этого влияние Владимира Юрьевича на научный коллектив, несомненно, возросло.

Знание математики и ее специального языка для Крылова как ученого, исследователя имело какой-то особый смысл. Мне всегда казалось, что в его представлении без знания математического языка заниматься какой бы то ни было научной деятельностью вообще невозможно. Это была его принципиальная и искренняя позиция, которую он полностью относил ко всей психологической науке. На одном из заседаний сектора социальной психологии ИП АН СССР, на котором обсуждалась рукопись будущей монографии С. С. Паповяна, посвященной математическим методам в социальной психологии, Крылов как официальный ее рецензент с удивлением восклицал, обращаясь фактически к целому ряду советских социальных психологов того времени: «Как так можно без знания математических методов в социальной психологии заниматься социальной психологией профессионально?!» Он не только поддержал монографию Сурена Суреновича, но и со временем стал ответственным редактором этой книги. Тем самым он реально смог повлиять на процесс повышения математической компетентности отечественных социальных психологов. Кстати, в самом секторе прекрасно понимали огромное значение математических методов для развития социальной психологии, поэтому в официальных планах работы данного подразделения и возникла такая позиция, как подготовка этой монографии.

Хорошо известно не только позитивное отношение, но и глубокий профессиональный интерес Крылова к социально-психологической проблематике, изучением которой он занимался специально и с большим успехом. Более всего его интересовала психология группы – внутригрупповые отношения и групповая деятельность, разработке математических моделей которых он посвятил свои известные публикации. Однако содержание этих разработок и конкретный вклад Крылова в развитие отечественной социальной психологии ожидает своего специального историко-психологического анализа, но это уже другая тема.

Как и во всяких профессиях, есть, конечно, разные типы математиков. Владимир Юрьевич не был так называемым «сухим» математиком, как это нередко и стереотипно ожидается от них окружающими. Он был чрезвычайно эмоциональным человеком, и не столько символы и значки, сколько другой человек, наделенный уникальными качествами, вызывал у него эмоциональный отклик. Крылов, как и обычный человек, был занят решением многообразных жизненных вопросов. А его необычность как математика и состояла в том, что он питал огромный научный интерес к другому человеку и его группам, к их более тонким – психологическим – характеристикам, что, скорее всего, и привело его в психологию в зрелом возрасте. Работая достаточно продолжительный период совместно с ним в коллегиальных органах управления общественными организациями Института, легко можно было увидеть в Крылове человека с большим жизненным опытом, совершенно «земного», а не того, кого обычно характеризуют как «не от мира сего», нередко приписывая эту характеристику именно представителям математической профессии. Однако, наряду с высокой и богатой эмоциональностью, Крылов, как уже говорилось, характеризовался выраженной познавательной мотивацией, которые в сочетании друг с другом определяли то, что он очень многим интересовался (кое-что из этого остается до сих пор неизвестным), причем достаточно глубоко. В Институте казалось, что он имел дело до всего, не проявляя безразличия, равнодушия и тому подобных чувств.

Окружающие люди, коллеги, с одной стороны, были интересны Владимиру Юрьевичу, а с другой – он и сам был открыт для многих людей, поэтому ему постоянно приходилось заниматься общественной работой в Институте, на которую его выдвигали и выбирали и на которой всегда проверялись не только организаторские, но и человеческие (личные) качества. Если учесть, что профсоюзной и партийной работой он занимался подолгу, причем на очень ответственных постах, значит, он отвечал требуемым качествам, которые вполне подходили для сотрудников и коллектива Института в целом. На общественной работе в Институте нужно было, прежде всего, отдавать другим (!), и он это по-своему делал...

Всем было хорошо известно, что, занимаясь общественной работой, он не старался выстраивать свою карьеру. Подтверждением тому служат многие факты из его биографии, например, он очень поздно вступил в ряды КПСС, позднее многих защитил докторскую диссертацию и т. д. Каждый из знавших его приведет и другие примеры, которых, я уверен, соберется большая совокупность. Уже работая над докторской, он говорил примерно следующее: «Надоело отвечать на вопрос, почему не доктор. Материала много, напишу я вам эту докторскую!..» И написал, доказав тем самым, что это были не просто слова. Ее защита стала большим делом, далеко не рядовым событием и в Институте, и в математической психологии в целом.

Очень показательны то, что многим запомнился Крылов как участник научных дискуссий, в совокупности обладавший незаурядными качествами дискуссанта: открыт для партнера (соперника) и даже в каком-то смысле «обнажен», эмоционален в споре и даже страстен, напорист, с характерным желанием не отступать, а скорее наступать, несогласие с ним его только побуждало к дискуссии и даже «заводило» и т. д.

В 1970–1980-е годы в научной жизни ИП АН СССР имело место интересное явление: сформировались пары дискуссантов, научные споры которых на протяжении продолжительных периодов времени сопровождали разного рода обсуждения и которые со временем стали традиционными настолько, что они актуализировались не только легко, но даже и тогда, когда предмет дискуссий не был для этих пар основным. С активным участием Владимира Юрьевича образовалась диада «Бруш-линский–Крылов» (интересно, что они были ровесниками, одногодками!). Андрей Владимирович тоже характеризовался явно позитивной установкой на дискуссию, он даже любил это делать, причем по разным научным проблемам и направлениям, особенно наиболее принципиальным для него. Их научные споры проходили на высоком интеллектуальном уровне, нередко просто «украшая» более общую дискуссию или обсуждение какого-то другого вопроса и т. п. И это была далеко не единственная диада. Очень запоминающимися и вызвавшими в свое время огромный интерес были также дискуссии В. Б. Швыркова и П. Н. Шихирева и др. Сейчас еще в большей степени, чем раньше, понимаешь полезность и ценность таких дискуссий, представлявших собой важнейший и сохранившийся до настоящего времени компонент общей научной культуры нашего Института.

В воспоминаниях такого рода очень хочется и вполне уместно сказать о чем-то необычном, но связанном с Крыловым, что «не лежало на поверхности» при его жизни, но было ему присуще. В этом плане, по-моему, важно отметить то, что он был тонким наблюдателем и в какой-то степени аналитиком повседневной жизни, в которой

сам активно участвовал и создавал ее для окружающих его людей. При этом он был способен рефлексировать жизнь день за днем, выделяя из нее наиболее яркое и главное, создавая при этом оригинальную «авторскую» картину жизни. Сожалею, что никогда не разговаривал об этом с Владимиром Юрьевичем, хотя замечал его такие способности неоднократно, судя по целому ряду его оценок, мнений и высказываний о нашей повседневной жизни. И было это более похоже на художественное, чем скучно научное отражение жизни. От него можно было узнать много нового, нестандартного и очень интересного даже о тех же событиях, свидетелем или участником которых приходилось бывать самому. По-моему, Владимир Юрьевич обладал даром художественного отражения действительности.

Крылов ушел из этой жизни хотя и состоявшимся, известным, почитаемым учениками и коллегами, но совсем не пожилым человеком. До сих пор меня не покидает впечатление о нем как о человеке, который еще во многом не успел раскрыться и в своем основном деле – в науке, и просто перед людьми – своими достойными человеческими качествами. Явно не до конца раскрытым он остается пока и в историко-психологическом смысле, а это особая научная задача, которую еще предстоит решить – узнать Крылова и понять его работы более глубоко и в более полной мере.

Владимир Юрьевич работал в таких областях знания – в математике и математической психологии, – которые практически не подвержены влияниям смены идеологии в обществе и разного рода изменениям в социально-экономических условиях научной деятельности и т. п. Возникает впечатление, что он и не мог бы выбрать для своих профессиональных занятий какую-то другую сферу, в которой нужно было бы настраиваться на что-то, подстраиваться под кого-то или гибко и регулярно перестраиваться и т. д. Он явно предпочитал, а если учитывать его характер, то был в хорошем смысле обречен работать там, где все определяет профессионализм. Во многом именно этим объясняется его выбор математической психологии как отрасли психологической науки и нашего Института как места реализации его мощного интеллектуального потенциала.

Крылов – основатель российской школы математической психологии

Т. Н. Са в ч е н к о

Мне выпало счастье учиться и работать под руководством В. Ю. Крылова. В нем сочетался удивительно цепкий ум, энциклопедическая образованность и интеллигентность.

Владимира Юрьевича Крылова я впервые увидела на сдаче экзамена по математическому анализу в Физтехе. Обратила внимание на то, что его окружало спокойствие, и не было присущей экзамену нервозности. Он умел успокоить студента, вселить в него уверенность, раскрыть его способности. Вопросы, которые он задавал, были всегда направлены на понимание сути предмета. В те годы в Физтехе была принята прогрессивная методика преподавания. В некоторых случаях лекции читались параллельно двумя преподавателями. Студенты могли выбрать тот курс, который им больше нравился. В таких случаях всегда была полная аудитория у В. Ю. Крылова. Пожалуй, он был одним из лучших лекторов института. Его любили студенты. Лекции были им интересны, вызывали массу вопросов, желание работать в области математики и математической психологии. На старших курсах Владимир Юрьевич вел курс по выбору (математической психологии). Для многих студентов прослушанный курс явился мотивирующим фактором для проведения научно-исследовательской работы по различным направлениям математической психологии.

Позднее мы узнали, что Владимир Юрьевич – заведующий лабораторией Института психологии РАН, является широко известным как в России, так и за рубежом специалистом в области математической психологии, разработки и применения методов математического моделирования в психологии, имеет много работ в данной области и является основателем математической психологии в России.

Мне выпало счастье работать под руководством Владимира Юрьевича. Он называл свой метод руководства «методом холодного воспитания», у него была масса идей, однако он давал возможность выбрать тематику, которая наиболее тебе близка. Он готов был обсуждать с тобой предложенную работу, идеи. Являясь великолепным экспертом, он мог направить работу в нужное русло, уловить тот смысл, которого не видел сам автор. Однако он никогда «не давил», давал полную свободу раскрытия индивидуальности. Это было и хорошо и трудно, так как приходилось самому «ставить себя в рамки». Если ты не справлялся с такой задачей,

не выдавал результата, то постепенно Владимир Юрьевич терял интерес к работе с тобой.

Во время различного уровня обсуждений, семинаров, конференций, заседаний у Владимира Юрьевича всегда была тетрадь, в которой он фиксировал мысли, высказывания и др. Когда тетрадь заканчивалась, он начинал новую. Они были даже под номерами. Все окружающие знали о существовании этих замечательных тетрадей, просмотр которых способствовал рождению многих неординарных идей.

В основу спецкурса по математической психологии и приложений курса высшей математики легли работы, выполненные самим Владимиром Юрьевичем. Это и работы, посвященные чисто математическим проблемам, где впервые построен континуальный интеграл по знакопеременным распределениям в функциональных пространствах, и работы на стыке математики и психологии. Особое место занимали работы, посвященные построению автоматных моделей поведения и, в частности автоматных моделей мышления. В результате появился автомат Крылова, который вошел в историю математики.

Эти работы явились основой направления автоматных моделей мышления. В курсе лекций по высшей математике Владимир Юрьевич рассказывал об этих работах как о приложении теории вероятности и линейной алгебры к моделированию поведения людей, к моделированию процесса мышления.

В рамках курса теории вероятности Крылов рассказывал о теории игр и о ее использовании в качестве основы для разработки моделей взаимодействия людей, моделирования предвыборной кампании, диагностики семейных отношений и др.

В. Ю. Крылов разработал новый метод неметрического многомерного шкалирования в псевдоевклидовых пространствах, позволяющий строить субъективные пространства в случае нарушения аксиомы треугольника, под его руководством были разработаны оригинальные методы классификации. Все это нашло отражение в курсе высшей математики, который он читал, а более подробно легло в основу курса математических методов анализа данных психологических исследований, которые были подготовлены под его руководством его учениками.

Совершенно неординарная ситуация произошла с циклом работ, посвященных разработке синергетической парадигмы в психологии, в которых В. Ю. Крыловым показана возможность применения ряда фундаментальных базовых моделей синергетики в психологии и поставлена проблема разработки моделей самоорганизации психических процессов, не имеющих классических аналогов. Здесь проявилась величайшая интуиция Владимира Юрьевича. В 1980-е годы он предвидел тот всплеск работ по нелинейному моделированию, который наблюдается сейчас.

Я остановилась лишь на некоторых научных достижениях В. Ю. Крылова, так как хотела показать, что он всегда интегрировал обучение и научное понимание проблем математической психологии. Процесс образования был всегда связан с научной работой, которую он проводил. Обучая, он пытался не только пробудить у студентов интерес к математической психологии, но и сформировать творческое мышление. Он учил мыслить «научно», подходить к проблеме «системно».

Мне повезло, я училась у Владимира Юрьевича дважды. Вначале студенткой: получила первые свои базовые знания; потом, уже, будучи сотрудником лаборатории, я училась у него учить студентов. Я посещала его лекции уже на психологическом

факультете МГУ, которые он любил обсуждать, ему была необходима обратная связь. Вместе мы обсуждали планы семинарских занятий.

Необычность этого процесса была в том, что построение курса «Высшей математики для психологов» превратилось в своего рода научно-образовательный семинар, в котором участвовали А. Дрынков, я, Г. Головина. Научные идеи помогали строить образовательный процесс, а сам процесс общения со студентами ставил новые задачи дальнейших исследований. И сейчас, при подготовке к лекциям, я часто вспоминаю Владимира Юрьевича и перелистываю свои заметки, сделанные на его лекциях. Правда, в то время иногда я испытывала определенные трудности: Владимир Юрьевич, рассказывал для тех, кто его понимал с первого раза, он не любил вести семинары и объяснять для «бестолковых» – это доставалось мне и, возможно, помогло моему педагогическому воспитанию.

Первую лекцию в университете он закончил под аплодисменты студентов, что, как известно, является большим признанием лекторского мастерства. Это было бы не так удивительно, если не отметить тот факт, что на «психфаке» высшая математика («вышка») всегда приводила студентов в ужас.

В настоящее время появляется множество курсов по «математике для психологов» (и довольно часто они ничем не отличаются от обычного краткого знакомства с высшей математикой), но Владимир Юрьевич был первым, кто реализовал в виде эксперимента преподавание оригинального курса высшей математики на психологическом факультете МГУ. В данный курс вошли такие лекции, как:

- 1 Формальные нейроны Мак-Калокса и Питтса (в разделе алгебры логики).
- 2 Логико-вероятностная модель субъекта со свободной волей В. А. Лефевра (в разделе теории вероятности).
- 3 Понятие фрактала (в разделе линейные пространства).
- 4 Цепи Маркова и пример применения цепей Маркова – марковская модель обучения (теоретический вывод формулы для кривой обучения).
- 5 Рост народонаселения Земли. Режимы с обострением (в разделе обыкновенных дифференциальных уравнений) и др.

Т. е. студенты понимали, что высшая математика интересна, что она им нужна для решения реальных психологических задач, что она им на каком-то уровне доступна и что они что-то понимают. И это был восторг, и это вызывало поток «креатива» у аудитории.

И еще один штрих к портрету Владимира Юрьевича. Как я уже говорила, он был высокообразованным человеком. На лекциях, семинарах он читал отрывки стихов, рассказывал интересные истории, которые всегда были к месту и делали лекцию еще ярче. Мы (сотрудники лаборатории) раз в месяц гуляли по Москве и водили друг друга по дорогим каждому из нас местам. И как жаль, что не осталось аудиозаписей этих прогулок.

В заключении хочется отметить, что Владимир Юрьевич оставил после себя большое число учеников, в которых пробудил интерес к математической психологии, к математике. Ему удалось привлечь внимание студентов физтеха к моделированию в психологии и заинтересовать проблемами математики психологов и всех приобщить к такой науке, как **математическая психология**.

Человек и мастер

А. В. Брушлинский, С. С. Бубнова

Владимир Юрьевич Крылов родился 15 февраля 1933 г. в семье русских интеллигентов. Его отец, Юрий Семенович, окончил Институт народного хозяйства им. Плеханова; мама, Нина Владимировна, училась вместе с отцом и закончила тот же институт. Дед, Владимир Владимирович Померанцев, заведовал кафедрой и имел звание профессора Московского института инженеров транспорта. Брат прадеда, Александр Никанорович Померанцев, был известным архитектором; по его проектам построены Верхние торговые ряды, ныне ГУМ; Собор Андрея Первозванного в Софии и некоторые культовые сооружения в Петербурге и Челябинске.

Брат деда, Борис Владимирович Померанцев – известный музыкант, закончивший в 1912 г. Московскую консерваторию по классу фортепиано с золотой медалью. Он объездил с концертами всю страну, выступал и во многих городах Европы: Вене, Риме, Париже, Генуе... Дядя Боря, как звали его в семье, был закоренелым холостяком и жил вместе с семьей своего брата Владимира Владимировича в Токмаковом переулке. У Бориса Владимировича было много учеников, которые и по сей день его вспоминают. Из каждого города, где он работал, Борис Владимирович привозил открытки с видами и собрал замечательный альбом, который хранится в семье. Своих детей у Бориса Владимировича не было, и всю свою любовь он отдавал Володе. Это чувство было взаимным. Володя очень любил дядю Борю. Владимир Юрьевич питал очень нежные чувства к своей бабушке Зинаиде Георгиевне, которую звал бабулей, и к деду Владимиру Владимировичу.

Володя на «отлично» (за исключением трех «четверок») закончил школу, и в 1951 г. поступил на отделение математики механико-математического факультета МГУ. В то время деканом факультета был академик Андрей Николаевич Колмогоров, читавший студентам курс теории вероятностей; высшую алгебру читал профессор Игорь Ростиславович Шафаревич. Володя учился с большим энтузиазмом и на V курсе университета был зачислен старшим лаборантом в Отделение прикладной математики Математического института Академии наук СССР. Его работы тех лет: «Об одной предельной теореме», «Интегрирование аналитических функционалов

Статья перепечатана из книги В. Ю. Крылов «Методологические и теоретические проблемы математической психологии». М.: Янус-К, 2000.

по знакопере менным распределениям» – были представлены Мстиславом Всеволодовичем Келдышем для публикации в «Докладах Академии наук СССР». В 1961 г. Владимир Юрьевич блестяще защитил кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Кроме высокого научного потенциала, Владимир Юрьевич обладал выдающимся талантом организатора научной работы. В 1966–1967 гг. он работал старшим научным сотрудником Отдела Математики АН СССР, с 1967 по 1972 гг. выполнял обязанности заместителя директора по научной работе Института высшей нервной деятельности АН СССР. В 1971 г., когда Борис Федорович Ломов занимался разработкой концепции Института психологии АН СССР, Владимир Юрьевич был приглашен им на должность заведующего лабораторией инженерной психологии. В 1983 г. в ИПАН СССР была организована первая в стране лаборатория математической психологии, основателем которой явился ее бессменный руководитель Владимир Юрьевич Крылов.

Первый цикл научных работ В. Ю. Крылова (1960–1965) посвящен чисто математическим проблемам: в них впервые построен континуальный интеграл по знакопеременным распределениям в функциональных пространствах. В это время Владимир Юрьевич работал в Отделении прикладной математики Математического Института Академии наук СССР в должности младшего научного сотрудника.

Второй цикл работ (1963–1979) посвящен построению автоматных моделей поведения, в частности автоматных моделей мышления. В это время были написаны работы: «Об одном стохастическом автомате, асимптотически оптимальном в случайной среде» (1963), «Моделирование в инженерной психологии» (1977), «Нормативные модели принятия решения при вероятностном выборе», последняя в сборнике трудов, опубликованном по результатам работы советско-американского симпозиума. Владимир Юрьевич был организатором и одним из руководителей советско-американского симпозиума по данной тематике, который с американской стороны представляли Люс и Эстес (1979).

Третий цикл работ В. Ю. Крылова посвящен разработке новой модификации метода неметрического многомерного шкалирования, впервые позволившей применить этот метод в случае нарушения аксиомы треугольника. Результатом теоретико-экспериментальной работы и применения данного метода для исследования различных психологических реальностей явился фундаментальный научный труд В. Ю. Крылова «Геометрическое представление данных в психологических исследованиях», опубликованный в 1990 г. в издательстве «Наука». Как известно, в методе многомерного шкалирования (МШ), отражающем системный характер психических явлений, анализируются попарные различия между элементами системы, в результате чего строится ее геометрический образ, причем элементы системы изображаются точками моделирующего пространства, а связям между элементами соответствуют расстояния между точками. Метод МШ, изобретенный И. Ньютоном, был развит в работах Х. Торгерсона, Р. Шепарда, С. Кумбса, А. Тверского, Л. Краскала и других авторов. В качестве моделирующего пространства применялось евклидово пространство, что накладывало ограничение метричности на экспериментально получаемые различия между элементами психологических систем.

Однако в ряде случаев в эксперименте получаются различия, удовлетворяющие не всем аксиомам метрики; особенно часто нарушается неравенство треугольника, и этот факт не позволяет применять метрический метод многомерного шкалирования. В. Ю. Крыловым впервые был предложен метод неметрического многомерного шкалирования, для которого достаточно лишь, чтобы различия между элементами системы были симметричными ($AB = BA$) и отличие любого элемента системы от самого себя равнялось нулю. В. Ю. Крыловым в качестве геометрического пространства, моделирующего психологические системы, применено псевдоевклидово пространство теории относительности А. Эйнштейна, позволяющее снять ограничения классического метода МШ. Владимиром Юрьевичем совместно с другими авторами были изучены геометрическая структура и различные психологические системы на основе предложенного им метода: субъективные пространства представлений о временной структуре жизненного пути личности, субъективные пространства представлений о ценностных ориентациях личности, процесс построения динамики гипотез при решении задачи идентификации понятий.

Четвертый цикл работ В. Ю. Крылова посвящен разработке синергетической парадигмы в психологии. В. Ю. Крылов доказал адекватность ряда фундаментальных моделей синергетики психологическим системам. Так, процесс смены стратегий при обучении сложным навыкам можно описать системой уравнений Ферхлюста, моделирующей процесс освоения экологической ниши все более приспособленными к ней видами. Миграционные волны, обусловленные психологическими особенностями общения мигрантов, можно описать системой уравнений Лотка–Вольтерра, описывающей, например, колебания плотности вещества в химических реакциях. В последних работах В. Ю. Крылова была поставлена проблема разработки специфических моделей самоорганизации психических процессов и явлений, не имеющих аналогов в других, более простых (физических, химических, биологических и др.) системах. В частности, изучались нелинейные психологические системы, механизмы самоорганизации которых качественно отличны от механизмов самоорганизации более простых нелинейных систем (системы, обладающие языковыми средствами организации поведения; системы, управляемые ценностями). Методологические принципы и подходы к исследованию сложных нелинейных психологических систем были изложены им в докладе «Математическая психология и синергетика» на Международном синергетическом форуме (1996).

В последние годы исследования В. Ю. Крылова были посвящены проблеме не-дизъюнктивности психологических систем и разработке адекватных методов их анализа. Недизъюнктивность психологических систем с прямым оцениванием различий между элементами выражалась в неметричности матрицы попарных различий. Одним из проявлений недизъюнктивности является, по мнению В. Ю. Крылова, размытость границ элементов системы и возможность их взаимных пересечений. Различие между элементами определялось степенью перекрытия элементов (1996).

В рамках теории рефлексивного поведения разработан ряд моделей поведения, отличных от модели В. А. Лефевра. В частности, В. Ю. Крыловым предложены модели, обнаруживающие в задаче бинарного выбора целый спектр значений вероятности выбора позитивного полюса, отличных от золотого сечения. Разработан подход

к моделированию рефлексивного поведения субъекта, обладающего структурой, описанной в концепции трансактного анализа Э. Берна.

Владимир Юрьевич был талантливым педагогом. Более 35 лет он преподавал в ведущих вузах страны – Московском физико-техническом институте на факультете высшей математики, Московском государственном Университете, Институте молодежи на факультетах психологии. После первой лекции на факультете психологии студенты аплодировали ему стоя. В. Ю. Крыловым были разработаны оригинальные курсы по теории вероятностей и по методам математического моделирования в психологии. Под его руководством защищено около десяти кандидатских диссертаций и множество дипломных работ.

«Я числюсь по России» – такими словами Н. М. Карамзина начал очередную тетрадь своих научных записок Владимир Юрьевич (а их у него было пятьдесят три). Ими и можно определить суть его жизни и научного творчества. Он часто писал в этих тетрадях слова Ф. И. Тютчева:

«Умом Россию не понять,
Аршином общим не измерить,
У ней особенная стать,
В Россию можно только верить», – и этим

определялась его гражданская позиция.

Известие о присуждении ему Государственной научной стипендии не застала его в живых... Память о Владимире Юрьевиче Крылове всегда будет жива в сердцах тех, кто его знал.

Мой руководитель

Г. М. Головина

Мне повезло в жизни общаться с интересными людьми, начиная с учебы в МИФИ, где была собрана элита преподавателей и студентов. На первых курсах ходили слухи, что наша группа будет работать в какой-то секретной сфере: бионике, моделировать психические процессы. На самом деле, никто не понимал, что это такое. Но после окончания МИФИ нас раскидали по «ящикам», многотысячным КБ. Там, естественно, тоже были умные и интересные люди. Но когда появилась возможность работать в Институте психологии АН СССР, я подумала, что, может быть, все когда-нибудь возвращается на круги своя.

На предыдущих местах работы мне не приходилось общаться с руководителями такого типа, как Владимир Юрьевич Крылов. Мое большое удивление вызвали его первые слова: «А чем бы Вы хотели заниматься?»

Если кто-то из сотрудников говорил, что он чего-то не понимает, Владимир Юрьевич удивлялся: «А разве надо все понимать?» Как мне кажется, так мог сказать только человек, обладающий интуицией. Именно это качество в большой степени было свойственно Владимиру Юрьевичу. Его взгляд был очень пронизательным. Казалось, что он знает что-то особенное не только о жизни, но и о тебе самой. Этот взгляд заставлял включать саморефлексию и задуматься о смысле жизни.

Формулируя аксиомы или выводя теоремы, он мог одновременно мыслить образами. Мне кажется, что эта особенность и позволила Владимиру Юрьевичу создать новый метод пространственного изображения субъективных пространств, например субъективного времени или ценностных ориентаций. Оси этих пространств могли сжиматься или растягиваться в зависимости от субъективных представлений.

Человек с такими способностями мог бы манипулировать людьми, но он этого не делал. Больше он любил наблюдать за естественным ходом событий, давая людям свободу выбора.

И сам для себя выбирал приоритеты в разных сферах жизни. Например, прекрасно зная русский язык и литературу (наизусть помнил почти всего Пушкина и других поэтов, очень любил Бунина), тем не менее, не хотел изучать иностранные языки.

Владимир Юрьевич хорошо знал и любил историю старых московских домов и улиц. Волею судьбы я живу неподалеку от того дома, где жил Владимир Юрье-

Мой руководитель

вич – на Старой Басманной улице. Благодаря его рассказам во время совместных с лабораторией прогулок по улицам Басманного района я осознала красоту и историческую ценность места, где я живу.

Мы, ученики Владимира Юрьевича, очень благодарны ему, любили, любим и всегда будем любить его.

Что помнится о былом

А. Н. Лукьянов

Как известно, черты характера, особенности поведения человека познаются в процессе общения. У разных людей они проявляются с различной степенью выраженности. Одни обнаруживаются весьма ярко, и к ним привлекается внимание широкого круга людей. А бывает и так, что весьма ценные особенности поведения человека могут заинтересовывать не сразу и не всех, а только отдельных людей, причем в процессе достаточно продолжительного общения, а также в период напряженных, ответственных жизненных ситуаций.

Другим, отличавшимся необыкновенной способностью, о которой я расскажу несколько позже, был Владимир Юрьевич Крылов. В то время он работал в Институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР (ИВНД и НФ АН СССР), где он руководил Вычислительной группой. В институте я встречался с Владимиром Юрьевичем, однако с ним лично знаком не был.

В октябре 1971 г. в Ереване проходил Международный симпозиум «Человек в космосе», в котором принимали участие ряд сотрудников ИВНД и НФ АН СССР: В. Ю. Крылов, В. Г. Волков и другие. Однажды вечером Г. И. Медрин, В. Ю. Крылов и я пошли легко поужинать с намерением взять по хачапури и по мацони. На нашем пути встретилось небольшое нужное нам заведение в подвальчике. Спустившись в подвальчик, мы почувствовали привлекательные запахи, усиливающие аппетит, и обстановку, располагающую к большему, чем к легкому ужину. За ужином в раскрепощенной вином обстановке я и познакомился лично с общительным, деликатным, жизнерадостным Владимиром Юрьевичем Крыловым.

Осенью 1976 г. за день до моего выхода из отпуска мне позвонил Геннадий Игнатьевич Медрин и сообщил об объявленном конкурсе на должность старшего научного сотрудника. В то время он, как и В. Ю. Крылов, работал в Институте Психологии АН СССР и знал о моем намерении оставить ИВНД и НФ АН СССР. Геннадий Игнатьевич заметил, что есть возможность завтра же сделать доклад руководству ИП АН СССР о своей научной деятельности. На заслушивании доклада присутствовали Б. Ф. Ломов, Ю. М. Забродин, Г. И. Медрин, а также заведующий лабораторией В. Ю. Крылов, в некоторой мере заинтересованные во мне. В. Ю. Крылов о моей работе знал по печатным материалам. Доклад был одобрен, и я подал документы на конкурс. Наши желания совпали, и я вошел в Лабораторию математических

моделей поведения, руководимую Владимиром Юрьевичем Крыловым. Первыми словами Владимира Юрьевича, обращенными ко мне, были: «Давай с тобой на ты». Переход с «вы» на «ты» многое значит. Прежде всего, он говорит о добром расположении к тебе, что в ответ порождает искренность чувств и желание оправдать оказанное доверие. Владимир Юрьевич сказанное подкрепил письменно, презентовав мне свою работу с дарственной надписью.

С этого дня мы друг к другу обращались только по имени. А добрые деловые отношения вскоре переросли в дружеские жизненные отношения, и на протяжении всего времени общения мы оказывали всякую помощь друг другу.

В Институте возникали трудноразрешимые ситуации, когда несколько заинтересованных сторон не могли по тем или иным причинам прийти к обоюдному соглашению. В ситуациях различного уровня, от лабораторных до институтских, в сфере которых находились интересы и Владимира Юрьевича, почему-то достаточно быстро находились пути мирного разрешения. Для Владимира Юрьевича не было ситуаций, для выхода из которых он не мог бы найти компромиссного решения. Владимир Юрьевич был большим мастером компромисса. Это только одно из свойств, которое запомнилось мне на всю жизнь.

И однажды я оказался в трудной ситуации, которая требовала компромиссного решения. Идет время, а я никак не могу найти именно компромиссного решения, ситуация представляется неразрешимой, но как бы там ни было, а решение должно быть найдено. Я нашел решение, и только потому, что мысленно на своем месте представлял Владимира Юрьевича.

А дело было так. Однажды начали менять структуру Института. Вместо привычной структуры, состоящей из некоторого количества лабораторий, стали организовывать Научные отделы, включающие в себя несколько лабораторий. Создали отдел, в который включили лабораторию В. Ю. Крылова и еще одну лабораторию, а заведующим отделом назначили В. Ю. Крылова.

Владимир Юрьевич уходит в отпуск и по согласованию с дирекцией оставляет меня своим заместителем. Юрий Михайлович Забродин сообщил, что мне придется решать все возникающие вопросы по отделу. Первым и главным вопросом явилось формирование нового отдела. Количество человек в отделе не должно было превышать норму. А как поступить с оставшимися? Дирекция, не желая терять штатные единицы, была категорически против увольнения кого-либо из семи человек! Как быть? После раздумий и не раз вспоминая мастера компромисса, для которого нет невозможного (а значит, решение есть, его надо только найти), решение я нашел. Из семи человек были образованы две функциональные группки и по договоренности с требовательными руководителями лабораторий, Швырковым и Забродиным, к их лаборатории было прикомандировано по одной группке в помощь для автоматизации обработки экспериментальных данных. Я подумал, что не нашел бы этого решения без мастера компромисса.

Направления работ Владимира Юрьевича и моих работ различались. Имея математическое образование, он работал в математико-психологической области, я же, имея техническое образование и опыт продолжительной работы с физиологами, трудился в технико-психофизиологической области. Владимир Юрьевич как руководитель был в курсе моей работы. Для ведения общих работ отдела он

А. Н. Лукьянов

сумел организовать работу совместно с Рижским военно-авиационным училищем, которая успешно проводилась с необходимыми командировками в училище.

В последние годы перед уходом на пенсию мне довелось исполнять обязанности заведующего лабораторией «Управление психологическим экспериментом». Хочется думать, что наши добрые отношения двух руководителей лаборатории проявились во взаимном дружелюбии сотрудников. Мы совместно участвовали в общественных мероприятиях, в поездках на природу. Все сотрудники испытывали особое уважение к Владимиру Юрьевичу Крылову, опытному руководителю, к мнению и советам которого охотно прислушивались. К 50-летию Владимира Юрьевича они подготовили фотомонтаж о его прожитых годах, коллективно сочиняли поздравление в стихотворной форме, за одним столом сотрудники двух лабораторий чествовали юбиляра – руководителя отдела.

Научное издание

Серия «Научные школы Института психологии РАН»

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПСИХОЛОГИЯ:
ШКОЛА В. Ю. КРЫЛОВА**

Редактор – *И. В. Клочкова*

Обложка, оригинал-макет и верстка – *С. С. Фёдоров*

Корректор – *Г. В. Альперина*

Лицензия ЛР № 03726 от 12. 01. 01
Издательство «Институт психологии РАН»
129366, Москва, ул. Ярославская, 13
Тел.: (495) 682-51-29
E-mail: rio@psychol.ras.ru
www.ipras.ru

Сдано в набор 28. 12. 09. Подписано в печать 09. 03. 10
Формат 70 × 100/16. Бумага офсетная. Печать офсетная
Гарнитура itc Charter. Усл. печ. л. 32. Уч.-изд. л. 32
Тираж 500 экз. Заказ .

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных диапозитивов в ОАО «Дом печати – Вятка»
610033, г. Киров, ул. Московская, 122