

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт психологии

В. М. Шендяпин, И. Г. Скотникова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ И УВЕРЕННОСТИ В СЕНСОРНЫХ ЗАДАЧАХ



Издательство
«Институт психологии РАН»
Москва – 2015

УДК 159.9

ББК 88

Ш 47

Все права защищены.

*Любое использование материалов данной книги полностью
или частично без разрешения правообладателя запрещается*

Шендяпин В.М., Скотникова И.Г.

Ш 47 Моделирование принятия решения и уверенности в сенсорных задачах. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2015. – 201 с.

ISBN 978-5-9270-0311-2

УДК 159.9

ББК 88

Вниманию читателя предлагаются оригинальная концепция уверенности человека, выполняющего сенсорные задачи в условиях неопределенности, и разработанная на ее основе математическая модель принятия решения.

Книга адресована психологам, изучающим феномен уверенности. Она может быть интересна лицам, часто принимающим оперативные решения на основе личного опыта (руководителям, предпринимателям, врачам, политикам, военнослужащим и др.), а также разработчикам технических устройств с сенсорными датчиками и элементами искусственного интеллекта для различения близких по своим характеристикам объектов.



*Работа выполнена при финансовой поддержке
Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ),
проект № 15-06-16016(д)*

© ФГБУН Институт психологии РАН, 2015

ISBN 978-5-9270-0311-2

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
Глава 1. Методология математического моделирования в современной психологии	9
1.1. Системный подход и математическое моделирование системных образований психики в отечественной психологии ..	9
1.2. Перспективы использования методологии математического моделирования.	14
Глава 2. Исследования уверенности в процессе принятия решения в сенсорных задачах и подходы к ее математическому моделированию	24
2.1. Представления о психологическом содержании категории «уверенность в сенсорных суждениях»	24
2.1.1. <i>Общая характеристика исследований уверенности</i>	24
2.1.2. <i>Проблема определения уверенности для разработки ее нормативной модели</i>	25
2.1.3. <i>Уверенность в суждениях и субъективная вероятность</i>	26
2.1.4. <i>Формирование уверенности в процессе решения или после него</i>	28
2.1.5. <i>Функции уверенности. Принятие решения и выбор из альтернатив</i>	29
2.1.6. <i>Экспериментальные исследования взаимосвязей индивидуальных особенностей и сенсорной уверенности</i>	30
2.2. Проблемы соотношений между уверенностью и правильностью суждений	33
2.2.1. <i>Уверенность–неуверенность и правильность–ошибочность ответов</i>	33
2.2.2. <i>Реализм уверенности</i>	34
2.3. Анализ моделей альтернативного выбора с оценкой уверенности	37

2.3.1. Нединамические модели	37
2.3.2. Динамические модели.	38
2.3.3. Нейросетевые модели	39
2.3.4. Классификация моделей по способам описания компонентов решения сенсорной задачи	41
2.4. Модели принятия решения и оценки уверенности, использующие отдельные понятия теории обнаружения сигнала	42
2.4.1. Модель калибровки субъективных вероятностей, предполагающая разграничение переменной решения на категории ответов наблюдателя	43
2.4.2. Модель субъективных расстояний	47
2.4.3. Модель оптимальной классификации и эвристическая модель	50
2.4.4. Двухфазная динамическая модель обнаружения сигнала.	51
2.4.5. Эволюционная модель компетенции в своих ресурсах.	54
Глава 3. Моделирование уверенности при принятии решения в задачах сенсорного различения в парадигме опережающего отражения П. К. Анохина	57
3.1. Необходимость нового подхода к моделированию уверенности.	57
3.1.1. Выявленные проблемы в существующих моделях принятия решения и уверенности	57
3.1.2. Выбор математического аппарата и исходных гипотез разрабатываемой модели уверенности.	59
3.2. Системный подход к изучению решения сенсорных задач: принятие решения и контроль его правильности в парадигме вероятностного прогнозирования	61
3.2.1. Вероятностное прогнозирование – базовый принцип механизма восприятия и выбора действия в условиях неопределенности.	61
3.2.2. Анализ экспериментальных задач для изучения уверенности в сенсорном различении	71
3.3. Разработка модели уверенности для задачи выбора наиболее правильной сенсорной гипотезы	78
3.3.1. Основные положения теории обнаружения сигнала, используемые для разработки модели уверенности	78
3.3.2. Апостериорная вероятность правильности альтернативных ответов при различении стимулов.	83
3.3.3. Введение в теорию обнаружения сигнала понятия «свидетельство в пользу сигнала»	85
3.3.4. Определение уверенности в наибольшей правильности принятой сенсорной гипотезы	92

3.3.5. Связь модели идеального наблюдателя для задачи выбора наиболее правильной сенсорной гипотезы с поведением реального человека, выполняющего аналогичную задачу	94
3.4. Распространение модели уверенности на задачу выбора наиболее полезного действия	97
3.4.1. Ожидаемая полезность сравниваемых альтернатив действия.	97
3.4.2. Анализ принятия решения при выборе наиболее полезного действия.	101
3.4.3. Определение уверенности в наибольшей полезности выбранного действия.	105
3.4.4. Связь модели идеального наблюдателя для задачи выбора наиболее полезного действия с поведением реального человека, выполняющего аналогичную задачу.	109
3.5. Распространение модели уверенности на задачу выбора успешного действия.	112
3.5.1. Анализ принятия решения при выборе успешного действия.	113
3.5.2. Уверенность в успешности выбранного действия в ситуации малых рисков	117
3.5.3. Уверенность в успешности выбранного действия в ситуации больших рисков. Влияние осторожности на уверенность	117
3.5.4. Связь модели идеального наблюдателя для задачи выбора успешного действия с поведением реального человека, выполняющего аналогичную задачу.	120
3.6. Примеры численного моделирования для задачи выбора успешного действия	124
3.6.1. Различение стимулов в категориях «больше–меньше»	128
3.6.2. Различение стимулов в категориях «одинаковые–разные»	132

Глава 4. Проверка применимости разработанной модели уверенности к результатам экспериментальных исследований

4.1. Описание задач для экспериментальных исследований с целью проверки модели	140
4.2. Экспериментальное исследование способности испытуемых повышать правильность ответов с помощью уверенности в задачах порогового различения	143
4.2.1. Задача различения в категориях «больше–меньше»	143
4.2.2. Задача различения в категориях «одинаковые–разные»	148
4.2.3. Обсуждение полученных результатов	151
4.3. Исследование применимости разработанной модели идеального наблюдателя к поведению реальных испытуемых	

с различными индивидуально-психологическими особенностями	157
4.4. Другие экспериментальные материалы, позволяющие проверить предсказания модели	163
4.4.1. Выяснение соотношения частот ответов «одинаковые» и «разные»	163
4.4.2. Исследование значения цен ответов для оценок уверенности.	165
4.4.3. Исследование значения обратной связи для адекватности оценок уверенности.	167
Заключение	175
Приложение. Формулы для вычисления интегральных характеристик ответов испытуемых	179
Литература	182

ВВЕДЕНИЕ

Изучение принятия решения как ключевого звена любой деятельности в ситуациях с неопределенностью – одна из центральных проблем психологии. Люди, занимающиеся сложной практической деятельностью (руководители, врачи, операторы, эксперты и мн. др.), в условиях дефицита времени и точной информации вынуждены действовать, опираясь не столько на точные знания и формальную логику, сколько на предыдущий опыт принятия аналогичных решений, переживаемый человеком как *уверенность*. В условиях *неопределенности* уверенность зачастую является единственным средством субъективного контроля правильности принимаемых решений.

Неопределенность в современной науке рассматривается не как «дефект», с которым надо бороться, а как особенность реальной системы знаний, которую необходимо изучать. Особенно велико значение уверенности для контроля правильности при высокой ответственности за ошибки. Поскольку были экспериментально обнаружены расхождения между субъективными оценками уверенности и реальной правильностью решений (завышенная либо заниженная уверенность), потребовалась теоретическая проработка явления уверенности с целью выявления факторов, влияющих на его «реализм».

Для этого мы продолжили адаптацию общей методологии математического моделирования к психологическим исследованиям (Ломов, 1981; Крылов, 1981, 2000; Барабанщиков, 2005). Моделирование, использующее современные компьютерные технологии, в науке рассматривается как инструмент разработки теоретических гипотез, подлежащих затем экспериментальным проверкам. Другой важный источник идей работы – осознание современной наукой недостаточности только логического подхода к познанию (Нари-

ньяни, 2004; Тарасов, 2004а; Витяев, 2007). При отсутствии точных и полных начальных знаний принятие решений в процессе получения новых знаний (например, при наблюдении предметов внешнего мира) и оценка уверенности в их правильности осуществляется с помощью *прогноза* достижения цели. В свете этого *уверенность* при выполнении сенсорных задач порогового типа рассматривается нами как внутренний психологический инструмент, используемый человеком для контроля точности прогноза в ходе принятия сенсорных решений.

Для изучения «реализма» уверенности за рубежом был разработан ряд эвристических моделей. Однако проблема «реализма» сформулирована слишком узко. Она не учитывает включенность принятия решения в целостную деятельность человека и его ответственность за ошибки. Поэтому область применения данных моделей ограничена. Для ее расширения нами была предложена теоретическая гипотеза о связи уверенности с прогнозированием качества (эффективности) результата решения. Это позволило уточнить психологическое содержание ряда ключевых понятий существующих моделей «реализма» уверенности.

Разработка новой нормативной модели уверенности продолжает традиции математического моделирования в отечественной психофизике (Забродин, 1976, 1981; Индлин, 1976; Соколов, 1995, 2004; Измайлов, 1980; Леонов, 1977; Шляхтин, 1977).

ГЛАВА 1

МЕТОДОЛОГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ПСИХОЛОГИИ

1.1. Системный подход и математическое моделирование системных образований психики в отечественной психологии

Согласно разработанной Б. Ф. Ломовым (Ломов, 1999) теории системного строения психики, она включает в себя когнитивную, регулятивную и коммуникативную подсистемы, обеспечивающие разные формы взаимосвязи индивида с внешним и внутренним миром. В соответствии с теорией Ломова изучаемые в настоящей работе процессы принятия решения и уверенности в его правильности относятся к регулятивной подсистеме, а сенсорные задачи, в которых они изучаются, – к когнитивной. Базируясь на этой теории, В. А. Барabanщиков (Барabanщиков, 2005) последовательно развивает принцип системности в психологии. Акцентируется направленность психологической науки сегодня на исследование *интегративных* образований психики, к которым теперь относят и процессы решения (см. ниже). Подчеркивается актуальность разработки системного метода познания психического. Это имеет и практическое значение для «превращения технологии научно-исследовательской деятельности в технологию организации жизненной сферы человека (инженерно-психологическое проектирование и оптимизация функционирования систем «человек–машина»)… как важнейший канал реализации практического потенциала психологической науки. По этому же каналу осуществляется и обратное движение: регуляция методического обеспечения психологии, расширение и переоснащение ее технической базы» (там же, с. 27–28).

Необходимым компонентом системного метода в психологии является метод математического моделирования. «Математика ока-

зывается 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» (Барабанщиков, 2010, с. 12). В ходе анализа процессов восприятия подчеркивается, что системное их изучение требует взаимосвязей психологии с такими фундаментальными науками, как физика (психофизика) и математика (математическая психология) (Барабанщиков, Носуленко, 2004).

В настоящей работе реализуются именно такие взаимосвязи, поскольку проводится психологическое исследование и математическое моделирование принятия решения и уверенности в нем применительно к процессу восприятия на материале психофизических задач.

В русле системного подхода в отечественной науке ведутся исследования *процессов принятия решения*. Ю. М. Забродин (Забродин, 1976, 1981) развил теорию Ломова применительно к психофизике, разработав системно-динамический подход к анализу сенсорного процесса как *процесса решения сенсорных задач*, дав описание его когнитивной (собственно сенсорной) и регулятивной (принятия решения) подсистем. Он создал концепцию внутренней структуры сенсорного пространства, теоретически описал его топологию и метрику и их взаимосвязь. Забродин концептуально выстроил иерархическую структуру процесса принятия решения адаптивным субоптимальным наблюдателем. Этот процесс обусловлен и внешней информацией, и собственной активностью наблюдателя. Он включает: а) определение рода критерия оптимальности; б) выбор вида критерия оптимальности на основе вероятностей сигналов и цен ответов; в) выбор правила решения для оценки вероятности присутствия сигнала в наблюдении; г) размещение критерия наблюдателя на оси сенсорных эффектов; д) перемещение критерия по этой оси под влиянием переменных ситуации. В рамках инициированного им изучения индивидуально-психологического аспекта принятия решения в сенсорных задачах Забродин впервые в отечественной науке выделил и возглавил экспериментальные исследования уверенности наблюдателя (см. п. 2.1.1). Развивая данное направление исследований, ниже мы рассмотрим правила и критерии решения с направленностью на описание уверенных и не уверенных решений для сенсорных задач, различающихся целями наблюдателя.

А. Н. Карпов (Карпов, 2003) анализирует процессы решения, делая следующий шаг в развитии теории Ломова о системном строении психики. Им построена пятиуровневая иерархия психических процессов: от элементарных процессов первого порядка (психофизиологического обеспечения психических явлений) до метасистемных процессов пятого порядка (сознания). Принятие решения наряду с целеполаганием, антиципацией, планированием, контролем отнесено к подсистемным процессам третьего порядка, «синтетическим» по психологическому обеспечению (в их структуре интегрируются традиционные психические процессы нижележащих уровней) и регулятивным по функции (это интегративные процессы регуляции деятельности и поведения, их процессуально-динамические аспекты). Процесс принятия решения рассматривается как не только регулятивный, но когнитивно-регулятивный в силу включенности в него когнитивных компонентов, – в частности, рефлексии.

В отечественной психофизике сформировались глубокие традиции математического моделирования сенсорных процессов. Наряду с Ю. М. Забродиным, Ю. А. Индлин разработал энергетическую статистическую модель в психоакустике, в которой предложил свое описание процесса принятия решения и механизма самообучения наблюдателя на основе внутренней обратной связи (Индлин, 1976; Бардин, Индлин, 1993). Правило решения – сравнение субъектом текущей пропорции своих ответов с ожидаемой пропорцией входных сигналов и в случае их неравенства смещение критерия ответов для компенсации этого расхождения в последующих ответах. Следовательно, для решающей системы характерна высокая степень адаптивности.

В монографии Ю. П. Леонова (Леонов, 1977) дано развернутое описание фундаментальной психофизической теории обнаружения сигнала, ставшей основной моделью сенсорных процессов и процессов принятия решения в мировой современной психофизике. Автор привлекает четырехмерную сферическую модель субъективных сенсорно-перцептивных и семантических пространств, построенную Е. Н. Соколовым (Соколов, 2010) и Ч. А. Измайловым (Измайлов, 1980), которая интегрирует математические представления с психофизическими данными и нейрофизиологическими механизмами изучаемых процессов. В последующей монографии он проводит анализ наиболее развитых геометрических моделей цветовых пространств (Леонов, 2014).

Г. С. Шляхтин (Шляхтин, 1977, 2005) разработал сенсорную модель отражения времени, в которой обосновано, что восприятие одновременности – разновременности, различение длительностей и их оценка, изучавшиеся обычно достаточно изолированно друг от друга, являются сторонами единого процесса восприятия времени, основанного на анализе входящей сенсорной информации.

Развитие традиций, заложенных Забродиным, Индлиным, Соколовым, Измайловым, Леоновым, Шляхтиным, продолжается в настоящей работе путем создания нормативной модели уверенности и определения психологического содержания ключевых понятий, ранее введенных в эвристических моделях принятия решения с оценкой уверенности (см. ниже п. 2.3 и 2.4).

Интенсивное развитие моделирования психических систем началось в 80-е годы XX века в лаборатории математической психологии Института психологии АН СССР (РАН) под руководством профессора В. Ю. Крылова. Среди моделей системных образований психики Г. М. Головина и Т. Н. Савченко выделили два класса: детерминированные и стохастические (Головина, Савченко, 2003). Далее Т. Н. Савченко дополнила эту классификацию моделями третьего класса: синергетическими (Савченко, 2010). *Модели принятия решения* эти авторы отнесли ко второму классу, включающему вероятностные модели в психологии, разработанные с позиций теорий статистических решений, полезности и игр (модели ожидаемой полезности, теорию проспектов А. Тверски и Д. Канемана и др.). В соответствии с ними, человек принимает решения, опираясь на субъективные вероятности возможных исходов и ожидаемую полезность этих исходов. Названные теории многократно описаны в русскоязычных изданиях (Проблемы принятия решения, 1976; Нормативные и дескриптивные модели..., 1981; Козелецкий, 1989; Корнилова, 2003; Тверски и др., 2005). В связи с широкой известностью этих работ и тем, что в них не анализируется уверенность в сенсорных суждениях, мы не будем здесь их характеризовать, а рассмотрим ниже концептуально-математические модели принятия решения и уверенности *в сенсорных задачах* (см. п. 2.3 и 2.4).

Математические психологи Института психологии РАН провели исследование функциональной структуры личности и динамики психических состояний в ситуациях принятия решения с участием руководителей-управленцев, старшекурсников факультета менеджмента и исполнителей, не принимающих управленческих решений. По результатам факторного, регрессионного анализа и метода

структурных уравнений была разработана математическая модель функциональной структуры личности в подобных ситуациях. Было установлено, что принятие перспективных решений связано с наличием у человека модальностей «Я – сильный» и «Я – прагматичный», которых нет у лиц, не ориентированных на принятие перспективных решений (Иванова, Савченко, Сочивко, 2010; Сочивко и др., 2006).

Кризис традиционной когнитивистской парадигмы, разразившийся в последние десятилетия в исследованиях искусственного интеллекта, привел к пониманию того, что психику человека нельзя изучать без учета НЕ-факторов (Нариньяни, 1994, 1999, 2004; Тарасов, 2002, 2004а, б). Рассматриваемая в настоящей работе неуверенность человека в принимаемом решении является одним из таких НЕ-факторов, необходимых для адекватного описания его психики, что обогащает психологию новым инструментом для описания психических явлений. Неуверенность является закономерным следствием присутствия другого НЕ-фактора – исходной неопределенности предъявляемых стимулов в сенсорных задачах порогового типа.

Моделирование системных образований психики затруднено многомерностью, неустойчивостью, неметричностью, недизъюнктивностью, нелинейностью объекта исследования. Поэтому для их описания используются мультимножества, нечеткие множества, НЕ-факторы, нелинейное моделирование, актуален синергетический подход. Установлено, что НЕ-факторы, присутствующие в информации об объектах, преломляясь в когнитивном стиле «узкий/широкий диапазон субъективной эквивалентности», влияют на субъективные оценки и названия категорий оцениваемых объектов. Входные переменные динамической системы, описываемой генетическим алгоритмом, могут задаваться с помощью функций принадлежности (Головина, 2007).

В лаборатории нейрофизиологических основ психики Института психологии РАН А. К. Крылов проводит оригинальное модельное исследование поведения рефлекторного агента – математического аналога животного и человека (Крылов, Александров, 2009). С использованием алгоритмов, описывающих обучение с подкреплением, показано преимущество методик «погружения в среду» по сравнению с методиками «предъявления стимулов». Это преимущество связано с обеспечением свободного поведения испытуемого, когда даже традиционный для психофизиологических исследований индивид, обычно отвечающий на внешние воздействия строго определенным заданным набором реакций, в ходе обучения выходит

за рамки такого линейно детерминированного реагирования и начинает осуществлять действия, зависящие от предшествующих ситуаций и полученного опыта. Таким образом, путем математического моделирования строго обоснована парадигма активности, сменившая парадигму реактивности.

Это переключается с переходом от объектно-ориентированной парадигмы в психофизике (когда наблюдатель рассматривается как пассивный объект воздействий со стороны экспериментатора) к субъектно-ориентированной, использованной в настоящей работе, с точки зрения которой наблюдатель – активный автор своей сенсорной деятельности (Бардин и др., 1991; Бардин, Индлин, 1993; Скотникова, 2003, 2008). Субъектный подход в психофизике развивается в настоящей работе, уверенность изучается и моделируется как субъектная детерминанта решения человеком сенсорных задач.

1.2. Перспективы использования методологии математического моделирования

Изучение принятия решения в условиях неопределенности, которая всегда присутствует в реальной жизни, – одна из центральных проблем психологии. В предисловии к сборнику материалов советско-американского семинара по моделям принятия решений его редакторы Б. Ф. Ломов, В. Ю. Крылов и др. подчеркнули, что «фундаментальный характер этой проблемы связан с важностью той роли, которую принятие решения играет в любом поведенческом акте» (Нормативные и дескриптивные модели..., 1981, с. 3). При этом они отметили, что «важнейшим методом исследования процессов принятия решений является моделирование» (там же).

Особую ценность для науки представляют *нормативные* модели, главной целью которых является не столько выявление и описание математических свойств экспериментально полученных данных (с этим успешно справляются дескриптивные модели), сколько *объяснение* того, почему именно такие данные были получены (Крылов, 1981). «Если такая абстрактная модель построена правильно и подлежащий объяснению факт действительно имеет место в модели, то модель будет объяснением данного факта» (Крылов, 2000, с. 34). Именно разработке нормативной модели принятия решения в процессе восприятия посвящена данная работа.

Несмотря на всеми признаваемую важность математического моделирования, в настоящее время этот метод в общем потоке пси-

психологических исследований используется довольно редко. Например, в масштабном издании по отечественной экспериментальной психологии (Современная экспериментальная психология, 2011) тема моделирования присутствует всего в 5 главах из 60. Неуклонно снижается и общая доля работ по математической психологии, что наблюдается во всех психологических дисциплинах естественнонаучного профиля: психофизике, психофизиологии, экспериментальной психологии познавательных процессов и др. (Барабанщиков, 2010).

Причиной является не только резкое сокращение финансирования науки после развала СССР, но и то, что психология как самостоятельная наука по историческим меркам очень молода, как и процесс ее математизации. Еще более 30 лет назад Б. Ф. Ломов писал: «Несмотря на явные достижения математической психологии (и в целом применения математики в психологических исследованиях), до сих пор продолжают споры о том, целесообразно ли использовать математику при изучении психических явлений. <...> Попытка рассмотреть психическое как нечто существующее само в себе, вырвать его из всеобщей взаимосвязи явлений материального мира и объявить психологию особой областью знания, принципиально отличной от всех прочих, вряд ли перспективна. Психология развивается по тем же законам, что и другие науки; это, в частности, касается и ее отношений к математике. Психические явления не могут быть поняты вне их включенности в систему взаимосвязей материального мира. Другое дело, что они характеризуются чрезвычайно высокой степенью сложности и потому с большим трудом поддаются математическому описанию» (Ломов, 1981, с. 7).

Проблемы, выделенные Ломовым, остаются и сегодня.

Рассмотрим, чем математическое моделирование может быть полезно для психологии. Для начала выясним, почему оно так широко используется в других научных дисциплинах, успешно решающих проблему математизации. Ведь ещё совсем недавно основными методологиями науки считались только эксперимент и теория.

Ответ можно найти в книге, посвященной изложению основ математического моделирования (Самарский, Михайлов, 2005). В ней изложена суть методологии, описаны общие подходы к построению и анализу математических моделей, которые справедливы для различных областей знания. «Сущность этой методологии состоит в замене исходного объекта его „образом“ – математической моделью – и дальнейшем изучении модели с помощью реализуемых на компьютерах вычислительно-логических алгоритмов. <...> Ра-

бота не с самим объектом (явлением, процессом), а с его моделью дает возможность безболезненно, относительно быстро и без существенных затрат исследовать его свойства и поведение в любых мыслимых ситуациях (преимущество теории). В то же время вычислительные компьютерные, симуляционные, имитационные эксперименты с моделями объектов позволяют, опираясь на мощь современных вычислительных методов и технических инструментов информатики, подробно и глубоко изучать объекты в достаточной полноте, недоступной чисто теоретическим подходам (преимущество эксперимента)» (там же, с. 6).

Эксперимент и теоретический анализ его результатов, разумеется, имеют решающее значение для понимания любого явления. Однако в некоторых областях знаний возможности экспериментального метода были всегда сильно ограничены. Например, с такими практически важными, но далекими от людей объектами, как Солнце и Луна, экспериментировать было просто невозможно. Поэтому ещё в древности для надежного предсказания их движения были разработаны довольно сложные алгоритмы вычислений. Мы рассматриваем появление таких алгоритмов как «зарождение» элементов математического моделирования, т. е. как первый этап развития данной методологии. Настоящее «рождение» математического моделирования произошло в конце 40–начале 50-х годов XX в. и было обусловлено по крайней мере двумя причинами: появлением ЭВМ, избавивших ученых от утомительных вычислений, и острой военно-политической необходимостью создания ракетно-ядерного оружия. Математическое моделирование тогда впервые получило широкое общественное признание у политиков и ученых: ядерные взрывы и полеты ракет и спутников были вначале «осуществлены» на ЭВМ с помощью моделей и лишь затем реализованы на практике.

Сейчас, на наш взгляд, математическое моделирование вступает в третий этап своего развития, «встраиваясь» в структуры так называемого *информационного общества*. Обществу нужны надежные способы переработки информационного «сырья» в готовый «продукт», т. е. в научное знание. Исторические успехи моделирования, понимание мышления как процесса моделирования событий реального мира, реализуемого нейронами мозга, убеждают в том, что математическое моделирование может и должно быть ядром всего процесса информатизации общества, мощным инструментом ускоренного развития науки.

Поведение *сложных систем* (технических, экологических, экономических, психологических и мн. др.), изучаемых либо создаваемых современной наукой, часто не поддается описанию (в нужной полноте и точности) обычными теоретическими методами. «Прямой натуральный эксперимент над ними долог, дорог, часто либо опасен, либо попросту невозможен, так как многие из этих систем существуют „в единственном экземпляре“. Цена ошибок и просчетов в обращении с ними недопустимо высока. Поэтому *математическое (шире – информационное) моделирование является неизбежной составляющей научно-технического прогресса*» (там же, с. 7).

В своей книге авторы выделяют основные *признаки*, отличающие математическое моделирование от других ранее сформировавшихся методологий.

«Сама постановка вопроса о математическом моделировании какого-либо объекта порождает четкий план действий. Его можно условно разбить на 3 этапа: *модель–алгоритм–программа*. На 1-м этапе выбирается (или строится) „эквивалент“ объекта, отражающий в математической форме важнейшие его свойства – законы, которым он подчиняется, связи, присущие составляющим его частям, и т. д. Математическая модель (или ее фрагменты) исследуется теоретическими методами, что позволяет получить важные предварительные знания об объекте. 2-й этап – выбор (или разработка) алгоритма для реализации модели на компьютере. Модель представляется в форме, удобной для применения численных методов. <...> Вычислительные алгоритмы должны не искажать основные свойства модели и, следовательно, исходного объекта. <...> На 3-м этапе создаются программы, „переводящие“ модель и алгоритм на доступный компьютеру язык. <...> Их можно назвать „электронным“ эквивалентом изучаемого объекта, уже пригодным для непосредственного испытания на „экспериментальной установке“ – компьютере. <...> Создав *триаду* „модель–алгоритм–программа“, исследователь получает в руки универсальный, гибкий и недорогой инструмент, который вначале отлаживается, тестируется в „пробных“ вычислительных экспериментах. После того как *адекватность* (достаточное соответствие) триады исходному объекту удостоверена, с моделью проводят разнообразные и подробные „опыты“, дающие все требуемые качественные и количественные свойства и характеристики объекта. <...>

Будучи методологией, математическое моделирование не подменяет собой математику, физику, биологию и другие научные дис-

циплины, не конкурирует с ними. Наоборот, трудно переоценить его синтезирующую роль. <...> Моделирование присутствует почти во всех видах творческой активности людей различных „специальностей“ – исследователей и предпринимателей, политиков и военачальников. Привнесение в эти сферы точного знания помогает ограничить интуитивное умозрительное „моделирование“, расширяет поле приложений рациональных методов. Конечно же, математическое моделирование плодотворно лишь при выполнении хорошо известных профессиональных требований: четкая формулировка основных понятий и предположений, апостериорный анализ адекватности используемых моделей, гарантированная точность вычислительных алгоритмов и т. д. Если же говорить о моделировании систем с участием „человеческого фактора“, т. е. *трудноформализуемых объектов*, то к этим требованиям необходимо добавить аккуратное разграничение математических и житейских терминов (звучащих одинаково, но имеющих разный смысл), осторожное применение уже готового математического аппарата к изучению явлений и процессов (предпочтителен путь „от задачи к методу“, а не наоборот) и ряд других» (там же, с. 7–9).

Основное преимущество численного моделирования перед традиционным теоретическим методом состоит в том, что замена реального объекта на его математическую модель позволяет использовать мощные программные, вычислительные и мультимедийные ресурсы современного компьютера для вычисления и наглядного представления характеристик модели. Именно быстрота и точность вычислений по программе, отражающей модель объекта, создали возможности *информационного экспериментирования* с объектом – нового явления в науке. При проведении обоих видов эксперимента, и натурального, и информационного, замена одного значения параметра на другое требует повторения всей серии испытаний. Однако благодаря использованию возможностей вычислительной техники компьютерный эксперимент можно выполнить намного быстрее натурального. Предварительно отладив программу, реализующую моделирование, можно затем неограниченно изменять значения любых параметров модели и быстро получать нужные характеристики.

Возможности метода моделирования так велики, что сегодня он используется даже в тех случаях, для которых эксперимент в принципе вполне достаточен для получения нужных результатов. Но если план экспериментальных исследований содержит большое число вариантов, то это сильно удорожает и затягивает работу. Ведь под-

готовка и реализация каждого эксперимента, как правило, требуют большого времени и материальных затрат. Численные же расчеты на компьютере позволяют отобрать для практической реализации только самые эффективные варианты, что сокращает объем и уменьшает время проведения натуральных испытаний. Именно поэтому многие экспериментаторы стремятся иметь в своем распоряжении не только компьютеризированные экспериментальные стенды, но и численные компьютерные модели для прогнозирования результатов, ожидаемых от натуральных экспериментов.

Порядок разработки модели в математической психологии до сих пор ничем не регламентируется и обычно отдается на откуп автору. Между тем накопленный практический опыт математического моделирования говорит о том, что процесс построения модели исследуемого явления должен включать в себя следующие этапы:

1. Формулировка теоретического фундамента модели. Словесно-смысловое описание основных факторов, учитываемых моделью.
2. Завершение идеализации объекта, отбрасываются все факторы и эффекты, которые представляются не самыми существенными для его поведения.
3. Нахождение закона (вариационного принципа, аналогии и т. п.), которому подчиняется объект, и его запись в математической форме. Даже для простых объектов это отнюдь не тривиальная задача, так как зачастую математический образ объекта является произвольным и слабо отражает его реальное содержание.
4. «Оснащение» модели, например, задание сведений о начальном состоянии объекта (скорость ракеты и ее масса в момент $t=0$) или иных его характеристик, без знания которых невозможно определить поведение объекта (Самарский, Михайлов, 2005).

Еще более 30 лет назад Б. Ф. Ломову было ясно, что развитию математического моделирования и связанному с ним повышению эффективности психологических исследований мешают не чьи-то злые умыслы, а вполне объективные трудности. «Те новые методы, о которых часто говорят, не могут возникнуть сами собой, как *deus ex machine*. Путь их создания – постоянное сотрудничество психологов и математиков. В ходе такой работы неизбежно применение „старых методов“, выявление их границ, неполноты, недостаточности и в то же время – уточнение проблем, поиск других методов и т. д.» (Ломов, 1981, с. 8).

И все же сегодня развитие математического моделирования по-прежнему является актуальной задачей психологии. «Для применения математики в тех или иных конкретных науках необходима разработка в них точно определенных абстрактных понятий. К сожалению, понятия, сложившиеся в психологии, далеко не всегда четко и строго определены, и это, конечно, затрудняет использование математики. <...> С другой стороны, нужно отметить недостаточную адекватность разработанного прикладного математического аппарата проблемам психологии. Как известно, формирование этого аппарата было связано главным образом с потребностями астрономии, физики, химии и других наук, и естественно, что его применение в психологии дает ограниченные результаты. Психологам еще нужно научиться ставить задачи перед математикой, а математикам еще предстоит развернуть разработку новых методов, адекватных психологической проблематике» (там же, с. 9).

Несмотря на отмеченные трудности, альтернативы широкому использованию математического моделирования в психологии, на наш взгляд, просто нет. Опыт, накопленный в других науках, неопровержимо свидетельствует о том, что моделирование в современных экономических условиях является незаменимым инструментом повышения эффективности исследований.

Согласно вышесказанному, успех моделирования определяется прежде всего качеством теоретического фундамента модели. Если теоретическая концепция – основа модели объекта или явления – уже на качественном, пока еще не формализованном, языке четко выделяет психологическую суть объекта и объясняет, почему возникло данное явление, то становится ясно, какие именно факторы влияют на него, а какие – нет. Тем самым концепция предмодели задает «идеологию» для формализации явления в виде модели – определенную точку зрения на изучаемый предмет. Это позволяет выбрать наиболее подходящий и разработанный математический аппарат. Далее с помощью этого аппарата разрабатывается математический «образ» явления. Предмодель при этом диктует разработчику цели анализа и помогает содержательно интерпретировать полученные конечные результаты на языке изучаемого явления. В отсутствие предмодели очень сложно оценить, насколько модель соответствует психическому явлению.

Для независимой проверки следствий исходной концепции формулируются конкретные экспериментальные задачи, которые также должны соответствовать исходной концепции явления. Да-

лее для сформулированных задач путем логического вывода получают математические законы, описывающие целый класс ситуаций, в которых проявляется изучаемое явление. При необходимости ранее сформулированные экспериментальные задачи могут быть уточнены с учетом полученных математических описаний явления.

Важно понимать, что в целостном процессе разработки нормативной модели психического явления математика играет лишь подчиненную роль инструмента. Математики изготавливали эти инструменты, не всегда зная, где они затем будут применяться. Часто математический аппарат разрабатывался для нужд одной науки, а используется он затем в совершенно другой. Поэтому при разработке модели обычно требуется определенная доработка выбранного математического аппарата.

Очевидно, что с помощью одних лишь инструментов ни одну реально существующую вещь, в том числе и модель, сделать нельзя. Так, например, для изготовления корабля кроме инструмента, общих знаний по гидростатике и гидродинамике, знаний по материаловедению и т. п. требуется ещё иметь достаточно проработанную теоретическую концепцию корабля. В процессе разработки нормативной модели также необходимо из теоретической концепции предмодели выработать принципиальный общий план функционирования явления.

При переходе к численным исследованиям для экспериментальной задачи необходимо «дооснастить» математическую модель дополнительными сведениями технического характера, без которых невозможно полностью завершить описание поведения объекта. Нужно подобрать конкретные математические функции, которые переводили бы словесное описание задачи в непротиворечивое формализованное описание в виде модели. Наконец, необходимо убедиться в правильности работы компьютерной программы, реализующей вычисления, затем подобрать такие параметры модели, которые соответствуют натурным экспериментам. Только после этого можно переходить к вычислению интересующих исследователей характеристик.

Важнейшей частью базовой теории модели является ее концептуальное ядро, которое выделяет основные понятия, определяющие исходную точку зрения на изучаемое явление. Без такой четко сформулированной концепции, включающей изучаемое явление в определенную систему взаимодействия с внешним миром, трудно построить модель. Именно концептуальное ядро позволяет ещё на ка-

чественном уровне формулировать рабочие гипотезы, для проверки которых затем и организуются экспериментальные исследования. Чем больше на базе концептуального ядра удастся сформулировать теоретических гипотез, а затем разработать математических моделей и провести экспериментов, развивающих и уточняющих эти гипотезы, тем более конструктивной и обоснованной становится базовая теория.

Обычно такая базовая теория является языком общения для научного сообщества. Экспериментатору она помогает отделять критически важные моменты эксперимента от многих других необходимых, но малозначимых деталей. А научному сообществу (как теоретикам, так и экспериментаторам) наличие концептуального ядра и соответствующей математической теории облегчает понимание смысла полученных результатов.

Разработанная в соответствии с концептуальным ядром математическая модель, объясняющая определенный класс психических явлений, обогащает саму базовую теорию, так как развивает ее рабочий язык. В отличие от консервативного концептуального ядра, формальные математические модели являются более активной и мобильной частью теории. Наиболее полезные и поэтому часто используемые в конкретных исследованиях математические модели постепенно входят в состав формализованного языка базовой теории.

Конечно, не все формальные модели принимаются экспериментаторами и включаются в состав базовой теории. Слишком «экзотические» или «бесплодные» гипотезы постепенно забываются и «уходят». Но в целом, чем большим набором формализованных моделей располагает базовая теория, тем более сложные и важные для практики задачи она может ставить и решать.

В современной науке метод математического моделирования продолжает играть важную роль при разработке системных методов и средств анализа психических процессов. Если в начале изучения какой-либо новой проблемы исследователи для первичного описания наблюдаемых фактов обычно используют дескриптивные модели, то затем по мере накопления новых фактов они обнаруживают, что модель также может быть системной и наглядной формой представления научных знаний. Всесторонне проработанная нормативная модель позволяет одновременно описывать структуру, механизмы, количественные взаимосвязи между параметрами изучаемого явления, прогнозировать динамику его функционирования, формулировать и проверять гипотезы для экспериментального изучения.

Модель, разработанная на основе принципа системности, не только позволяет исследователям интегрировать новые знания в базовую теорию, но и за счет своей компактности и четкой логичности облегчает процесс обучения. Например, в психофизике любая попытка преподавателя передать учащимся весь объем накопленных знаний без использования математических моделей только сильно затруднила бы процесс освоения нового материала. Так как вся математика является языком междисциплинарного общения, то и математическое моделирование, изначально ориентированное на системный подход, также способствует обмену знаниями, накопленными в разных областях науки, и тем самым способствует «превращению технологии научно-исследовательской деятельности в технологию организации жизненной сферы человека» (Барбаншиков, 2005, с. 27).

ГЛАВА 2

ИССЛЕДОВАНИЯ УВЕРЕННОСТИ В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В СЕНСОРНЫХ ЗАДАЧАХ И ПОДХОДЫ К ЕЕ МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

2.1. Представления о психологическом содержании категории «уверенность в сенсорных суждениях»

2.1.1. Общая характеристика исследований уверенности

В зарубежной науке исследования уверенности резко интенсифицировались, начиная с середины XX в., и активно продолжают поныне, так как выяснение роли уверенности очень важно для понимания механизмов принятия решения (Скотникова, 2008). В отечественной психологии разграничены, но исследуются во взаимосвязях два основных аспекта уверенности, которые за рубежом изучаются отдельно: *уверенность в себе как личностная характеристика* (self-confidence) – принятие себя, своих действий, решений, навыков как уместных, адекватных (изучается по опросникам) и *уверенность в правильности своих суждений*, ситуативная уверенность (confidence) (исследуется на когнитивном уровне знаний по опросникам на общую осведомленность и на сенсорном уровне в психофизических задачах) (Серебрякова, 1955; Вайнер, 1990, 1991; Скотникова, 2002а, б, 2003, 2008; Высоцкий, 2001; Головина, 2004, 2006). Представляется убедительной трактовка уверенности в себе как производной от ситуативной, но обобщенной на всем опыте субъекта (Высоцкий, 2001).

Уверенность начали изучать за рубежом в психофизике в конце XIX в. на материале сенсорных суждений в соотношении с их правильностью и скоростью. Проблема реализма уверенности – соотношения между уверенностью в правильности этих суждений и их фактической правильностью – активно разрабатывается ныне (см. ниже).

Ю. М. Забродин первый среди отечественных специалистов начал изучать уверенность в сенсорных задачах как внутреннюю об-

ратную связь – существенный фактор регуляции поведения, особенно необходимый в случаях самообучения при отсутствии внешней обратной связи (Забродин, 1976). Он обосновал, что такое изучение позволяет получать труднодоступную для внешней регистрации (в силу предельной свернутости деятельности наблюдателя) информацию о его внутреннем состоянии. Под его руководством И. В. Вайнер впервые в России провел развернутое теоретико-экспериментальное исследование понятия «уверенность», реализма уверенности и личностных детерминант в сенсорных задачах (Вайнер, 1990, 1991).

И. Г. Скотникова, разрабатывая субъектный подход в психофизике, исследует рефлексивные переживания наблюдателем уверенности – сомнительности в правильности выносимых им суждений как один из интраиндивидуальных механизмов решения пороговых задач (Скотникова, 1996, 2002а, б, 2003, 2008). Ею выделены дискуссионные проблемы исследований уверенности и обоснован ряд теоретических положений (см. ниже).

2.1.2. Проблема определения уверенности для разработки ее нормативной модели

В систематических отечественных исследованиях уверенности распространен подход к уверенности в себе как к принятию своих действий, знаний и навыков правильными и уместными (т. е. к принятию самого себя) (Ромек, 1996, 1997; Высоцкий, 2001). Скотникова обосновала распространение этой дефиниции и на уверенность в суждениях (их оценки субъектом как правильных, т. е. принятия их), что определяет психологическое содержание целостного конструкта «уверенность» (Скотникова, 2002а, б, 2008). Однако подобный подход, основанный на субъективных ответах человека, неприменим для разработки нормативной модели уверенности по трем причинам: а) эти ответы могут не соответствовать реальности; б) модель должна *объяснять* механизм получения таких ответов и потому не может основываться на них; в) подход не учитывает специфику сенсорных задач, различающихся целями наблюдателя: получение наибольшей правильности ответов, достижение их наибольшей полезности либо реальной успешности, что зависит от цен ошибок и правильных ответов.

Для разработки модели уверенности необходимо более формализованное определение, позволяющее его модифицировать

для разных задач. В третьей главе книги разрабатываются такие модификации.

Кроме того, при обсуждении проблемы определения уверенности также представляет интерес соотнесение категорий «уверенность», «вера» и «доверие», что специально рассмотрено ниже (см. п. 3.2.1).

2.1.3. Уверенность в суждениях и субъективная вероятность

В задачах на вероятностное прогнозирование и осведомленность оценка человеком своей уверенности в правильности суждения обычно отождествляется с оценкой вероятности его правильности (Козелецкий, 1979; Лихтенштейн и др., 2005). Однако еще Р. Прайс в конце XIX в. развел категории субъективной вероятности и уверенности. В 1980-х годах появилась гипотеза о различии оценок уверенности в когнитивных задачах (семантических, в том числе на осведомленность) и сенсорно-перцептивных (Dawes, 1980; Keren, 1988). Разграничены два вида неопределенности: в когнитивных суждениях она *выведенная* (reasoned) из знаний субъекта (например: «Я не сомневаюсь, что уровень жизни в Финляндии выше, чем в Кении»), а в перцептивных – *непосредственная* (direct) («Мне кажется, я встречал этого человека, но не уверен» (Kahneman et al., 1982)). Предполагается, что в первом случае оценка уверенности базируется на когнитивных «подсказках» (cues), формируемых в индивидуальном опыте субъекта, и выводится из них *в тесной связи с оценками вероятности*. Во втором же случае она переживается непосредственно *в сенсорном впечатлении* (Bjorkman, 1994) и потому связана не обязательно с категориальным суждением, но с интенсивностью ощущения без вероятностной метрики, т. е. уверенность в подобных случаях – не оценка вероятности и не метакогнитивное суждение, а, скорее, перцептивная переменная (Gregson, 1999).

Безусловно, процессы оценки вероятности и оценки уверенности близки по психологическому содержанию, но тем более продуктивно выделение их специфики относительно друг друга: ведь смешение понятий затуманивает и без того не слишком ясное психологическое знание. *Уверенность в суждениях характеризуется как оценочная психическая функция (точнее, оценочное переживание, состояние), детерминированная в значительной степени индивидуально-личностными факторами, в отличие от субъективной оценки вероятности как преимущественно когнитивном процессе,*

определяемом прежде всего входной информацией (Вайнер, 1990). Разведение оценок вероятности и уверенности адекватно для русскоязычной психологии, где «вероятности» придается объективное значение, а «уверенности» – субъективное. В англоязычной же литературе оценка вероятности события понимается как оценка степени уверенности в его появлении, поэтому обе категории трактуются как субъективные и сближаются (Высоцкий, 2001).

При вычислении эмпирических индексов уверенности полярным категориям «полностью сомневаюсь» и «полностью уверен» приписывают значения вероятностей 0,5 (гадание) и 1,0 (абсолютно точное знание), а промежуточным категориям – значения, получаемые равномерным делением диапазона 0,5–1,0 на число категорий уверенности (Baranski, Petrusic, 1999; Bjorkman et al., 1993; и др.). Такая равномерность не подтверждается данными метода оценки наличия сигнала (или различия стимулов) в категориях уверенности. У разных людей критерии принятия решения, соответствующие границам между категориями уверенности, по-разному и неравномерно отстоят друг от друга.

Исходя из гипотезы об адекватности оценок уверенности с помощью разработанной адаптивной статистической процедуры с индивидуальным для испытуемых подбором параметров В. Е. Дубровским были обработаны данные по двухкатегорийной оценке уверенности («уверен–сомневаюсь») при различении зрительных временных интервалов, полученные И. Г. Скотниковой и Е. В. Головиной (Скотникова, 2005; Головина, 2006). В 86% проб категории «полностью сомневаюсь» действительно соответствовала вероятностная мера 0,5, тогда как категории «полностью уверен» – мера в диапазоне 0,67–0,97. Поэтому эффекты недостаточной или чрезмерной уверенности могут быть лишь артефактами приписывания категориям уверенности неадекватных вероятностных мер в диапазоне 0,5–1, а плавная процентная шкала уверенности (Petrusic, Baranski, 2000) является оптимальной (Дубровский, Скотникова, 2006).

Анализ литературы приводит к заключению о том, что нельзя связывать уверенность только с субъективной вероятностью правильности суждения. В третьей главе нашей книги развивается новый подход к этой проблеме – с точки зрения задачи наблюдателя. Поскольку его целью может быть не только получение наибольшей правильности ответов, но и достижение их наибольшей полезности либо успешности действий, следующих за принятием решения, то можно полагать, что в этих случаях уверенность, скорее, свя-

зана с субъективной правильностью, субъективной полезностью и субъективной успешностью, соответственно. Это предположение математически сформулировано и проанализировано. Кроме того, мы полагаем, что в случае уверенности в правильности решения при вычислении показателей уверенности, основанных на вероятностных мерах предложенных субъекту категорий уверенности (обычно 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1), следует использовать не эти *граничные* вероятностные значения категорий, но значения, соответствующие *серединам вероятностных диапазонов* категорий. Особенно это важно при использовании двухкатегорийной оценки уверенности («уверен–сомневаюсь»), поскольку вряд ли человек для оценки полной уверенности и полного сомнения применяет экстремальные вероятностные значения 0,5 и 1, но в общем случае – любые промежуточные значения в вероятностных диапазонах этих категорий (0,5–0,75 и 0,76–1), и поэтому целесообразно для вычисления показателей уверенности брать средние значения этих диапазонов (0,63 и 0,87 соответственно). Такие вероятностные меры использованы в наших экспериментах (Скотникова, Шендяпин, Степанова, 2014).

2.1.4. Формирование уверенности в процессе решения или после него

В литературе дискутируется вопрос: возникает ли уверенность после решения (post decisional confidence: Лихтенштейн и др., 2005; Audley, 1960; Vickers, Lee, 1998), в его процессе (decisional confidence: Bjorkman et al., 1993; Gregson, 1999; Carroll, Petrusic, 2006) или в обоих случаях при установке на точность, а не на скорость ответа (Baranski, Petrusic, 1998; Petrusic, Baranski, 2000). При обсуждении этой проблемы нами ранее уже были разведены исходное бессознательное переживание уверенности, включенное в продуцирование гипотез, их сравнение и выбор, и конечная осознанная оценка степени уверенности (Скотникова, 2002а, 2008). Мы предполагаем, что первичная, неосознанная уверенность в будущем ответе формируется всегда перед принятием решения, определяя выбор альтернативы ответа, а вторичная, осознанная – если требуется оценить степень уверенности и при установке на точность ответа, когда время для его вынесения жестко не ограничено и потому достаточно для осознания человеком степени своей уверенности.

Такая точка зрения представляется логичной, однако лишь умозрительной, как и приведенные выше предшествующие трактовки

уверенности после либо в процессе решения, за одним исключением – эмпирическим (Baranski, Petrusic, 1998; Petrusic, Baranski, 2000). Строгого же теоретического обоснования какой-либо точки зрения в литературе пока не приводилось. В третьей главе настоящей монографии делается попытка математически обосновать соотношение между уверенностью в процессе и после решения как последовательно формирующихся ее фаз.

2.1.5. Функции уверенности.

Принятие решения и выбор из альтернатив

В отечественной психологии уверенность в суждениях понимается как характеристика принятия решения: индикатор сформированности самооценки, готовности человека к взаимодействию с внешней средой (Конопкин, Жуйков, 1973); как субъективный прогноз ошибок решения (Забродин, 1976); как регулятивное состояние (Вайнер, 1990), с точки зрения концепции Б. Ф. Ломова о системном строении психики (Ломов, 1999), или как когнитивно-регулятивное состояние (Карпов, 2003). Согласно зарубежным представлениям, уверенность участвует и в операциях процесса решения (в сравнении и выборе гипотез), и в когнитивных операциях (в переработке информации). В задачах на вероятностное прогнозирование и осведомленность оценка человеком своей уверенности в правильности суждения чаще всего отождествляется с оценкой вероятности его правильности (Лихтенштейн и др., 2005), что можно рассматривать, вслед за Вайнером (Вайнер, 1990), как когнитивистское толкование уверенности. Уверенность рассматривается и как метакогнитивный процесс: субъективное отражение правильности впечатлений, решений, знаний (Bjorkman, 1994; Gregson, 1999), один из источников когнитивного контроля над суждением, повышающий его точность, но ограничивающий возможности субъекта обнаруживать свои ошибки (Vickers, Lee, 1998).

Авторы настоящей книги рассматривают один из видов уверенности (в задаче оценки правильности решения) как субъективное переживание правильности, аналогично Бьоркману и Грегсону, не выделяющим других ее видов. Вместе с тем нами ранее обосновано, что уверенность в суждениях – *полифункциональное системное* психическое образование. Его функции: *когнитивная* (вероятностный прогноз правильности решений), *метакогнитивная* (рефлексия субъекта, осознанная либо нет, о полученной информации, своих

знаниях), *регулятивная* (переживание и состояние, влияющие на латентность и результат решения: на выбор гипотезы в зависимости от прогноза ее правильности), *когнитивно-регулятивная* (оценка правильности выбора, реализующая внутреннюю обратную связь, позволяющую корректировать решения). Иными словами, уверенность – *фактор и переработки информации, и принятия решения* (Скотникова, 2002а, 2008).

В литературе недостаточно внимания уделяется функциям уверенности в подготовке и контроле принятия решения, тем более эти функции не раскрываются в строго доказательной форме. Именно в такой форме эти не проясненные ранее функции уверенности будут рассмотрены нами в третьей главе.

До сих пор ведется полемика о принятии решения как выборе из альтернатив. Большинство исследователей признает, что именно такой выбор завершает любую, сколь угодно длительную и сложную, подготовительную деятельность человека в процессе принятия решения (Tversky, 1972; Анохин, 1978; Карпов, 2003; Тверски, Канеман, 2005). Нам представляется убедительным понимание такой подготовки как *предрешения* с выделением в нем трех стадий (на которых поступает и перерабатывается информация, определяющая детерминанты выбора) и определение четвертой стадии как собственно решения, рассматриваемого как выбор из альтернатив (Козелецкий, 1979). Вместе с тем есть основания для точки зрения о том, что сведение сложного процесса принятия решения к выбору из альтернатив в общем случае неправомерно, в частности, для интеллектуальных и моральных решений (Брушлинский, Темнова, 2006; Знаков, 2005; Корнилова и др., 2003, 2010). В случае же изучаемых нами сенсорных задач по обнаружению и различению сигналов принятие решения как раз представляет собой выбор из заданных альтернатив.

2.1.6. Экспериментальные исследования взаимосвязей индивидуальных особенностей и сенсорной уверенности

В качестве индивидуально-личностных коррелятов уверенности в сенсорных суждениях выделены мотивация достижений (Вайнер, 1990) и поведенческая импульсивность (Garriga-Trillo et al., 1994). В работах И. Г. Скотниковой были впервые исследованы когнитивно-стилевые корреляты сенсорной уверенности, так как именно этот класс индивидуальных особенностей специфичен для познавательной

сферы (Скотникова, 2002б, 2005, 2008). Особое внимание было уделено рефлексивности/импульсивности, поскольку этот стиль более других затрагивает принятие решения при неопределенности, когда типичны сомнения. У импульсивных лиц была установлена пониженная чувствительность к различению временных интервалов (Скотникова, 1999). Данные регистрации движений глаз (Messer, 1976; Nosal, 1990) позволили предположить, что один из психологических механизмов этого явления может быть связан с нерациональными стратегиями когнитивной деятельности, свойственными импульсивным: невнимательным, поверхностным анализом входной информации, недостаточным контролем своих действий. Экспериментально обнаруженная повышенная уверенность импульсивных в суждениях о различии временных интервалов позволяет предположить, что они принимают решения, «доверяясь себе». В силу такого доверия они, видимо, не испытывают потребности в тщательном анализе информации и в итоге часто ошибаются, что ведет к пониженным показателям чувствительности. Рефлексивные, напротив, внимательно анализируют информацию, контролируют себя, а поэтому реже ошибаются, принимая решения, и в результате демонстрируют более высокую чувствительность (Скотникова, 2002б, 2005, 2008). В качестве другого психологического механизма пониженной успешности импульсивных в когнитивных задачах была выделена недостаточность их ментальных репрезентаций и когнитивных структур (Холодная, 2004), что, по-видимому, может быть отнесено и к сенсорным задачам.

Работы И. Г. Скотниковой продолжила Е. В. Головина (Головина, 2004, 2006) в комплексном экспериментальном исследовании многомерного полифункционального конструкта «уверенность», впервые включившем уверенность в себе и в суждениях: на сенсорном уровне и уровне знаний в связи с четырьмя основными когнитивными стилями с применением квадриполярного их анализа (Холодная, 2004). Для импульсивных личностей подтвердилась повышенная уверенность в сенсорных суждениях, которая непосредственно не связана с уверенностью в знаниях и в себе (взаимосвязанных между собой), но сопряжена с уверенностью в себе через способность к обучению. Установлены взаимосвязи между этими аспектами уверенности и полезависимостью/полenezависимостью, ригидностью/флексibilityностью и диапазоном эквивалентности, между уверенностью в знаниях и в себе, с одной стороны, и импульсивностью/рефлексивностью, с другой. Уверенный в сенсорных впечатлениях человек

импульсивен, способен к быстрому обучению, склонен выявлять скорее различия, чем сходство. Уверенность в решении сенсорной задачи адекватна у категоризаторов и рефлексивных. Головиной впервые выделены интеллектуальный, эмпирический и контролирующий стили уверенности.

При выделении звукового сигнала из шума А. Н. Гусевым установлена информативность показателя *дифференцированности* оценок уверенности при изучении ее соотношения со свойствами индивидуальности. Оценки уверенности были дифференцированнее у рефлексивных, эмоционально стабильных и мотивированных на достижение успеха, в сравнение с импульсивными, нейротичными и мотивированными на избегание неудачи. Это объясняется большими усилиями, проявляемыми первыми в решении сенсорной задачи. Оценки уверенности были устойчивее в ходе опыта у интровертов, чем у экстравертов, что свидетельствует о большей способности первых длительно выдерживать высокие информационные нагрузки, в сравнении со вторыми (Гусев, 2002, 2004).

В развитие этого исследования в аналогичной акустической задаче И. С. Уточкин установил большую уверенность верных ответов при инвертированных подсказках, составлявших 20% от общего числа подсказок. При этом наименьшая уверенность наблюдалась не тогда, когда их было 50%, что считается максимальным уровнем неопределенности, а при 20%. Похоже, что субъективная неопределенность при 20% не меньше, чем при 50%, а сравнима с ней, если не больше (Уточкин, 2006).

Итак, анализ литературы показал, что при исследовании соотношений сенсорной уверенности с индивидуальными особенностями наиболее часто обнаруживаются ее взаимосвязи с импульсивностью (Головина, 2004, 2006; Скотникова, 2002б, 2005, 2008; Гусев, 2002, 2004; Garriga-Trillo et al., 1994). Однако до сих пор не изучался вопрос, различается ли контроль правильности решений с помощью уверенности у импульсивных и рефлексивных наблюдателей. Именно такой экспериментальный анализ представлен в третьей главе нашей книги. В качестве другой изучаемой в связи с этим индивидуальной особенности выбрана склонность наблюдателя к осторожности либо риску в принятии решений при неопределенности, поскольку разрабатываемая в третьей главе книги модель показала, что эта характеристика влияет на принятие решения и уверенность в нем.

2.2. Проблемы соотношений между уверенностью и правильностью суждений

2.2.1. Уверенность–неуверенность и правильность–ошибочность ответов

С. Персе нашел эмпирическую меру субъективной неопределенности ощущений – *степень уверенности* в ответе, с которой он считал тесно связанной вероятность ответов «да» (Peirce, Jastrow, 1884).

Исследования соотношений между уверенностью суждений и их реальной правильностью выявили неоднозначность таких соотношений (см. обзор: Вайнер, 1990). Ю. М. Забродин первый среди отечественных психофизиков начал изучать уверенность в сенсорных суждениях и обнаружил, что она изменяется однонаправленно с вероятностью обнаружения зрительного сигнала (Забродин, Шихин, 1969). Более правильное (более точное) подравнивание стимулов выполнялось лучше при сочетании высокой личностной уверенности (уверенности в себе) с низкой ситуативной (в правильности решения задачи). Психологическим механизмом этого феномена явились стратегии исполнения, которые были стабильны во времени и при решении одной и той же задачи (что свойственно лицам с высокой уверенностью в себе), но которые вместе с тем гибко изменялись при изменении условий и требований задачи (что свойственно лицам с низкой ситуативной уверенностью). Таким образом, соотношение правильности решения и уверенности в нем оказалось зависимым от другого вида уверенности, выделяемого в отечественной литературе – от личностной уверенности в себе (см. подробнее п. 2.1.1), и эта зависимость была опосредована особенностями сенсорной деятельности субъекта (Вайнер, 1990, 1991).

Выяснилось, что при расчетах относительно всего массива данных в задачах различения «больше–меньше» (Bjorkman et al., 1993) и «одинаковые–разные» (Скотникова, 1996, 2005, 2008) уверенные правильные ответы встречаются гораздо чаще, чем уверенные ошибочные, а неуверенные правильные ответы – тоже чаще неуверенных ошибочных, но в меньшей степени: в 1,5 раза чаще против 2,5 раз для различения «больше–меньше» (Obrink, 1948; Bjorkman, Qvarsell, 1963). Таким образом, в обеих задачах различения для полных массивов данных среди и уверенных, и неуверенных ответов верные встречаются чаще, чем ошибочные, но среди уверенных ответов правильных было все же больше.

Было выявлено также и обратное соотношение: в обеих задачах – «одинаковые–разные» и «больше–меньше» – доля сомнений среди ошибочных ответов была больше, чем среди правильных (Скотникова, 2005; Bjorkman, Qvarsell, 1963; Obrink, 1948). Аналогичная тенденция описана для оценки эластичности растяжения в физкультурных упражнениях в процедуре кроссмодального уравнивания стимулов: соотношение частот сомнений среди верных и ошибочных ответов по отдельности противоположно соотношению частот сомнений для тех и других ответов по полным массивам данных (Lubin et al., 1998).

Однако до сих пор не изучался вопрос, можно ли контролировать правильность решений с помощью уверенности. Такое экспериментальное исследование представлено в четвертой главе нашей книги.

2.2.2. Реализм уверенности

Еще в конце XIX в. изучалось сенсорное различие с ответами испытуемого на основной вопрос: «Тестовый стимул по отношению к эталонному больше, меньше или равен ему?» – и оценками степени уверенности в правильности первого ответа. Уверенность монотонно повышалась с ростом частоты ответов «да», но «отставала» от нее (прототип феномена «недостаточной уверенности» (underconfidence) (Bjorkman et al., 1993)). Взаимосвязь уверенности и частоты ответов «да» была признана интраиндивидуальной, но не межиндивидуальной.

В XX в. для изучения ключевой проблемы соотношения между уверенностью в правильности решения и его фактической правильностью была разработана парадигма исследования реализма уверенности с помощью однородных мер: оценок уверенности в долях единицы и их сравнения с частотой правильных ответов, тоже выраженных в долях единицы (Adams, Adams, 1961).

В литературе ведется острая дискуссия по проблеме недостаточной – чрезмерной уверенности в сенсорном различении. Шведские авторы обосновали недостаточную уверенность как коренное свойство сенсорного различения, что следует из разработанной ими модели сенсорных расстояний (Bjorkman et al., 1993; Juslin, Olsson, 1997; Olsson, Winman, 1996) (см. п. 1.5). Однако недостаточная уверенность проявлялась при низких и средних категориях уверенности, а при высоких исчезала и даже менялась на сверхуверенность (overconfidence, см. рисунок 1). Сверхуверенность также была вы-

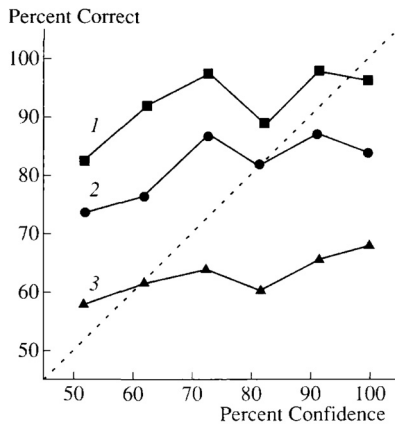


Рис. 1. График реализма (калибровки) уверенности, отражающий зависимость правильности решения от уровня уверенности (источник: Petrusic, Baranski, 1997).

Обозначения: по оси абсцисс Percent Confidence – частоты используемых оценок уверенности в процентах, по оси ординат Percent Correct – частоты верных ответов в процентах; диагональ координатной плоскости отображает идеальную калибровку, кривые 1, 2 – недостаточную уверенность (переходящую в самоуверенность для верхних категорий уверенности), кривая 3 – самоуверенность.

явлена в ряде задач на обнаружение и идентификацию (см. обзор в кн.: Скотникова, 2005).

Канадские (Baranski, Petrusic, 1994, 1995; Petrusic, Baranski, 1997), американские (Ferrel et al., 1980, 1995) и австралийский (Stankov, 1998) исследователи обнаружили в сенсорном различии парадоксальный «эффект трудности–легкости» (Hard–Easy Effect). Это недостаточная уверенность при легком сенсорном различии (надпороговом), где частота правильных ответов превышает 0,8, и, напротив, самоуверенность при трудном различии (пороговом и подпороговом), где эта частота ниже 0,8.

Есть ряд гипотез о причинах эффекта трудности–легкости:

1. «Стягивание» субъективных вероятностей к среднему, в силу чего малые вероятности, в которых выражается оценка уверенности в трудных задачах, завышаются, а большие вероятности, в которых выражается оценка уверенности в легких задачах, занижаются (Козелецкий, 1979).

2. Межкультурные и межнациональные различия уверенности в сенсорных суждениях аналогично подобным различиям в когнитивных и бытовых суждениях и вероятностных прогнозах (так, скандинавам не свойственны максимально уверенные суждения, которые используют канадцы и американцы) (Baranski, Petrusic, 1999).
3. Человек склонен недооценивать сложность трудных задач и потому переоценивать свою уверенность в их решении, и наоборот: он склонен переоценивать сложность легких задач и оттого недооценивать свою уверенность в их решении (Скотникова, 2002б, 2008).

В трудном пороговом различении зрительных временных интервалов (где частота правильных ответов составляла 0,7–0,8) с ответами «одинаковые–разные» и двумя категориями уверенности («уверен–сомневаюсь») у абсолютного большинства испытуемых обнаружена резко выраженная сверхуверенность – превышение уверенности над правильностью в среднем на 10–20% (Скотникова, 1996, 2005, 2008; Головина, 2004, 2006). Аналогичная степень сверхуверенности установлена в 70% ответов в задаче обнаружения звукового сигнала на фоне шума с тремя категориями уверенности (уверен, не уверен и промежуточный ответ) при сходном уровне трудности (частота правильных ответов равна 0,73) (Гусев, 2002, 2004). Это согласуется с эффектом сверхуверенности в задаче с ответами «больше–меньше» при близких пороговых условиях различения (Baranski, Petrusic, 1994, 1995, 1998, 1999), хотя и на порядок меньше выраженном. В той же задаче обнаружения звукового сигнала на фоне шума была зафиксирована недостаточная уверенность при действии частично верных подсказок (Уточкин, 2006). Эти результаты трудно соотносить с перечисленными выше данными, так как в работе не приводятся значения частот правильных ответов. Если эти значения были выше, чем 0,8 (т. е. задача была относительно легкой), то установленная недостаточная уверенность вполне ожидаема в соответствии с эффектом трудности – легкости.

У немецких испытуемых была обнаружена сверхуверенность в сенсорных суждениях, вдвое меньшая (Скотникова, 2005, 2008) либо сравнимая (Головина, Скотникова, Эллиотт, 2009) со сверхуверенностью российских испытуемых, но на порядок большая, чем известная для канадской выборки (Baranski, Petrusic, 1994, 1995, 1999), в отличие от недостаточной уверенности, характерной для шведской

группы (Bjorkman et al., 1993; Olsson, Winman, 1996; Juslin, Olsson, 1997). Это подтверждает гипотезу о межкультурных различиях в реализме уверенности в сенсорных суждениях, перекликающихся с различиями для когнитивных суждений (Baranski, Petrusic, 1999; Головина, Скотникова, Эллиотт, 2009).

В целом, литературные данные указывают на монотонную взаимосвязь между уверенностью в правильности суждений и их фактической правильностью. Однако это ключевое соотношение установлено лишь эмпирически, ясных теоретических обоснований нет. Мы попытаемся дать такое обоснование в ходе разработки математической модели уверенности в решении сенсорных задач (см. главу 3).

2.3. Анализ моделей альтернативного выбора с оценкой уверенности

Построение моделей психических явлений является закономерным итогом наиболее развитых их исследований. Воспроизведение изучаемых явлений в модели позволяет представить их структуру, механизмы и, что особенно важно, прогнозировать динамику их функционирования. За рубежом разработаны математические модели принятия решения как альтернативного выбора с оценкой уверенности применительно к сенсорному различению, когнитивным суждениям и жизненным ситуациям (Baranski, Petrusic, 1998; Usher, Zakay, 1993; Vickers, Lee, 1998; см. обзоры: Скотникова, 2002а, 2008; Шендяпин, Скотникова, 2003, 2006). Вначале проясним содержание этих моделей, разбив их на три основных класса, а затем предложим более компактную и вместе с тем дифференцированную их систематизацию по трем разным основаниям.

2.3.1. Нединамические модели

Эти модели используют отдельные положения психофизической теории обнаружения сигнала (Иган, 1983; Green, Swets, 1974; Macmillan, Creelman, 2005). В них берется единственный отсчет сенсорной репрезентации сигнала новизны (о различии между сравниваемыми признаками), накопленной путём усреднения значений этого сигнала за заданный период времени T . Такой отсчет характеризуется тем же средним значением, что и без усреднения, но при этом имеет соответственно уменьшенную дисперсию. Для выбора одной из альтернатив ответа (есть или нет сигнал или различие между стимула-

ми) этот отсчет (сенсорное впечатление) сравнивается с критерием принятия решения, а уверенность в правильности выбора определяется расстоянием от полученного отсчета до критерия. Данные модели будут наиболее подробно рассмотрены ниже (см. п. 2.4), поскольку наша модель базируется на теории обнаружения.

2.3.2. Динамические модели

Это более сложные модели, так как они описывают стохастическую динамику репрезентации сигнала о различии стимулов, процессов принятия решения и оценки уверенности – в виде последовательности временных шагов решения. На каждом шаге вычисляются свидетельства в пользу каждой из двух («больше/меньше») или трех («больше/меньше/равно») альтернатив ответа, которые накапливаются на общем счетчике-накопителе (модель случайных блужданий) (Heath, 1984; Link, Heath, 1975; Ratcliff, Smith, 2004) либо на отдельных счетчиках (аккумуляторная модель (Vickers et al., 1998, 2000, 2003) и модель выборочных окон (Juslin, Olsson, 1997)). Выбирается та альтернатива, для которой сумма свидетельств первой достигает своего критического значения. В модели блужданий и в аккумуляторной модели уверенность интерпретируется через разность сумм свидетельств, накопленных в пользу рассматриваемых альтернатив на момент, когда один из процессов накопления достиг своего порога принятия решения. Таким образом, более уверенный ответ дается тогда, когда сумма свидетельств в пользу выбранной альтернативы больше, чем сумма свидетельств в пользу отвергнутой альтернативы. В модели окон уверенность описывается как функция отношения этой разности к общей сумме свидетельств. Для экспериментального обоснования аккумуляторной модели справа и слева от наблюдателя в случайном порядке предъявлялись короткие частые световые вспышки, а он определял, с какой стороны больше вспышек. Уверенность в выбранном ответе оказалась пропорциональной разности между числом вспышек, полученных с разных сторон. Сенсорные впечатления от вспышек интерпретировались как свидетельства в пользу альтернатив «справа» и «слева» (Vickers, Pietsch, 2000).

Аккумуляторный подход к описанию принятия решения и уверенности использован также в «соревновательной модели», разработанной для задачи узнавания: в частности, для предъявленных ранее слов, данных вперемежку с новыми словами. Модель вклю-

чает два аккумулятора, на одном из которых в каждой пробе накапливаются свидетельства в пользу гипотезы, что предъявлено старое слово, на другом – что новое (Van Zandt, Maldonado-Molina, 2000).

В модели, основанной на волновой теории сходства и различия (Линк, 1995; Link, 2003), использованы представления как теории обнаружения сигнала, так и стохастического накопления свидетельств. Принятие решения описывается действием механизма случайных блужданий. Уверенность характеризуется как функция субъективной сенсорной различимости стимулов, критерия решения и длины стохастического пути случайных блужданий.

Динамические модели воспроизводят помимо правильности и уверенности также время ответа, что позволяет исследовать статистические зависимости между этими тремя аспектами решения.

2.3.3. Нейросетевые модели

Это ещё более сложные модели, так как они используют математический аппарат формальных нейронов и отображают принятие решения не только в задачах различения одномерных сенсорных признаков, но и в более сложных сенсорно-перцептивных задачах: узнавания, предпочтения многомерных стимулов, а также в когнитивных и жизненных задачах. Данный подход к моделированию принятия решения и уверенности интенсивно развивается сегодня (Lacouture, Marley, 2000; Usher, McClelland, 2001; Vickers, Lee, 2000), – в частности, объединившись с динамическим.

Модель адаптивного фильтра (Heath, Fulham, 1988) использует стохастическую нейросетевую матрицу синаптических связей между нейронами, описывающую работу механизма памяти, принятие решения при узнавании сложных перцептивных паттернов. Однако уверенность в решении описывается лишь эскизно.

В ходе развития аккумуляторной модели принятия решения и уверенности была предложена нейросетевая модель адаптивного обобщенного аккумуляторного процесса (Vickers, Lee, 2000). Эта модель, в отличие от исходной (Vickers, Lee, 1998), разработана для более сложных, чем простое различение, сенсорно-перцептивных задач: для идентификации эталонного стимула среди нескольких (до восьми) альтернативных сравниваемых стимулов. Для каждой альтернативы есть свой аккумулятор, на котором копятся свидетельства в ее пользу. Модель распространяется на задачи классификации и идентификации многомерных стимулов.

Для выбора одной из большого набора многоаспектных альтернатив была разработана нейросетевая модель решения сложных жизненных проблем (например, выбора работы) (Usher, Zakay, 1993). Эта модель, основанная на концепции принятия решения как элиминирования конкурирующих альтернатив до принятия одной из них (Tversky, 1972) и на раннем варианте модели стохастического накопления свидетельств (Audley, 1960), включает в себя нейроны, представляющие сами альтернативы, и нейроны, представляющие учитываемые аспекты данных альтернатив. На каждом шаге процесса решения путём синаптического суммирования сигналов, поступающих от нейронов-аспектов, делается предварительный выбор одного или нескольких возбуждённых нейронов-альтернатив. Если одна из альтернатив остается единственной на заданном достаточно большом числе шагов, то процесс останавливается и выбирается эта альтернатива. Уверенность в правильности ответа определяется числом колебаний между альтернативами до принятия решения, что соответствует зафиксированному в человеческом опыте и языке представлению о сомнении как о колебаниях в ходе решения. Неуверенность рассматривается как результат неустойчивых стратегий решения, что согласуется с экспериментальными данными для зрительной пороговой задачи (Вайнер, 1990, 1991).

Данный нейросетевой подход развит для сенсорно-перцептивных задач с двухальтернативным выбором на материале зрительного различения поворотов геометрической фигуры и букв (Usher, McClelland, 2001). Здесь нейросетевое моделирование объединено с аккумуляторным подходом, как и в работе Д. Векерса и М. Ли (Vickers, Lee, 2000), с учетом механизма забывания. Оно состоит в том, что в ходе накопления свидетельств на аккумуляторах, выделенных для каждой альтернативы решения, может происходить частичная «утечка» накопленной суммы свидетельств. Модель с забыванием (Usher, McClelland, 2001) использована также для нейросетевого описания принятия решения в задаче абсолютной идентификации одномерного стимула среди нескольких альтернатив, для каждой из которых имеется свой аккумулятор. Свидетельства в пользу этих альтернатив, формирующиеся на уровне сенсорных репрезентаций стимулов, распределяются далее (на этапе принятия решения) по этим аккумуляторам. Здесь к описанию функционирования аккумуляторов, включающего частичное забывание информации, добавлена шумовая компонента, модифицирующая активацию формальных нейронов сети (Lacouture, Marley, 2000).

Нейросетевые модели позволяют исследовать и правильность, и время решения, и уверенность. Их преимущество – в развитии прогрессивного «brain-like» подхода к математическому моделированию психических процессов.

Для компактного представления обо всем множестве представленных моделей предложим их классификацию на основе различий между способами математического описания: сенсорных образов стимулов, протекания принятия решения во времени и формирования оценки уверенности в правильности выбранной альтернативы.

2.3.4. Классификация моделей по способам описания компонентов решения сенсорной задачи

- А. По способу описания сенсорных образов стимулов мы выделили два класса моделей:
- *s-модели* – на входе модели стохастическое описание сенсорной репрезентации различия стимулов сразу задается в одномерной сигнальной форме. Это модели, основанные на теории обнаружения сигнала (Signal Detection Theory Models – SDTM) (Balakrishnan, Ratcliff, 1996; Bjorkman et al., 1993; Ferrel, 1995; Treisman, Faulkner, 1984), модели случайных блужданий (Random Walk Models – RWM) (Линк, 1995; Heath, 1984; Link, 2003; Link, Heath, 1975; Ratcliff, Smith, 2004), аккумуляторная модель (Accumulator Model – AM) (Vickers et al., 1998, 2000) и модель выборочных окон (Windows Sampling Model – WSM) (Juslin, Olsson, 1997);
 - *n-модели* – вначале строится стохастическое описание многомерных сенсорных репрезентаций стимулов, основанное на применении аппарата формальных нейронов (neuron), а затем вычисляется сигнал различия стимулов. Это нейросетевые модели (NNM): модель адаптивного фильтра (Adaptive Filter Model – AFM) (Heath, Fulham, 1988), аттракторная нейросетевая модель (Attractor Neural Network Model – ANNM) (Usher, Zakay, 1993), параллельная адаптивная обобщенная аккумуляторная нейросеть (Parallel Adaptive Generalized Accumulator Network – PAGAN) (Vickers, Lee, 2000), соревновательная аккумуляторная модель с забыванием (Leaky Competing Accumulator Model – LCAM) (Usher, McClelland, 2001), модифицированная модель картирования (Revised Mapping Model – RMM) (Lacouture, Marley, 2000)*.

* Далее в пунктах Б и В излагаемой систематизации моделей мы используем только аббревиатуры их названий, введенные в пункте А,

- Б. По способу описания процессов принятия решения во времени мы выделили два класса моделей:
- *i-модели* – модели без учета динамики принятия решения. Их работа базируется на принятии решения по единственной выборке случайного сенсорного процесса. Принятие решения осуществляется путем вычисления отношения правдоподобия для двух рассматриваемых альтернатив ответа и сравнения его с критическим значением (SDTM);
 - *ii-модели* – динамические модели. Принятие решения базируется на временном ряде отсчетов случайного сенсорного процесса, т. е. представляет собой последовательность латентных элементарных шагов решения (RWM, AM, WSM, NNM).
- В. По способу формирования оценки уверенности в правильности выбранной альтернативы решения мы выделили три класса моделей:
- *s1-модели* – для *i-моделей* принятия решения. Уверенность определяется расстоянием между отсчетом сенсорного впечатления о различии стимулов и критерием принятия решения (SDTM);
 - *s2-модели* – для *ii-моделей* принятия решения. Уверенность определяется по разности накопленных сумм свидетельств (RWM, AM и ее варианты: PAGAN, LCAM, RMM) или по ее отношению к общей сумме свидетельств (WSM) в пользу сравниваемых альтернатив. Несколько иное понимание уверенности предложено в волновом варианте RWM с использованием SDTM (см. п. 2.3.2);
 - *v-модели* – для *ii-моделей* принятия решения. В процессе решения происходят колебания (*vacillations*) между альтернативами ответа. Уверенность в правильности финального ответа определяется общим числом колебаний между альтернативами (ANNM).

2.4. Модели принятия решения и оценки уверенности, использующие отдельные понятия теории обнаружения сигнала

Изучение принятия решения началось в психофизике в рамках теории обнаружения сигнала (Иган, 1983; Green, Swets, 1974; Macmillan, Creelman, 2005), разработанной первоначально в технических на-

и не повторяем ссылок на соответствующие работы, которые уже даны в пункте А.

уках о передаче информации (телефонии, радиотехнике, акустике). Позднее появились работы, направленные на изучение уверенности человека как важнейшего аспекта процесса принятия решения (в частности, на материале сенсорно-перцептивных задач порогового типа). Интересно отметить, что в радиолокации хотя и не используется в явном виде понятие уверенности, в задаче обнаружения сигнала на фоне шума уже давно используется промежуточный ответ «не знаю» для тех случаев, когда нельзя вынести определенный (т. е. уверенный) ответ «да» или «нет» (Ширман, Манжос, 1981).

Поскольку наша модель целиком базируется на классической теории обнаружения сигнала, рассмотрим подробнее наиболее проработанные модели принятия решения и уверенности в его правильности, также связанные в той или иной мере с данной теорией.

Общей чертой всех этих моделей является то, что они оценивают уверенность лишь косвенно, через субъективную вероятность правильности вынесенного наблюдателем решения о том, какой из двух альтернативных, близких по величине, стимулов был предъявлен. При этом большинство исследователей признают, что уверенность не тождественна субъективной вероятности правильности (Bjorkman, 1994; Gregson, 1999; Вайнер, 1990, 1991; Скотникова, 2002а, 2008). В нашей модели уверенность с самого начала рассматривается как хотя и связанное с вероятностью правильности, но отдельное понятие (см. Главу 3).

2.4.1. Модель калибровки субъективных вероятностей, предполагающая разграничение переменной решения на категории ответов наблюдателя

Модель Феррелла дает одно из наиболее обоснованных математических описаний оценки субъективной вероятности (правильности) в сенсорном различении в категориях «больше-меньше» (а также в близких к нему когнитивных задачах) (Ferrell et al., 1980, 1995; см. также обзоры: Keren, 1991; Lichtenstein, Fischhoff, 1982; McClelland, Bolger, 1994). Задача наблюдателя, для которой разработана модель, состоит в том, чтобы выбрать одну из альтернатив решения, оценив вероятность правильности данного выбора в заданных категориях. Модель позволяет оценить средние значения частоты использования каждой категории субъективной вероятности того, что предъявлен сигнал, а не шум (по методу рейтинга с заданными вероятностными категориями).

В соответствии с подходом Л. Терстона, автор полагает, что каждое предъявление стимула генерирует значение y нормально распределенной случайной переменной Y , характеризующей сенсорное впечатление от стимула при событии «сигнал» (C) и альтернативном событии «шум» (not C – «не сигнал») (см. рисунок 2а). Далее вместо not C будет использоваться \bar{C} .

Плотности распределения вероятности $f(y|C)$ значений сенсорного впечатления от сигнала и $f(y|\bar{C})$ от шума в модели полагаются нормальными и равновариативными. Среднее значение сенсорного впечатления от сигнала $Y|C$ больше среднего значения сенсорного впечатления от шума $Y|\bar{C}$.

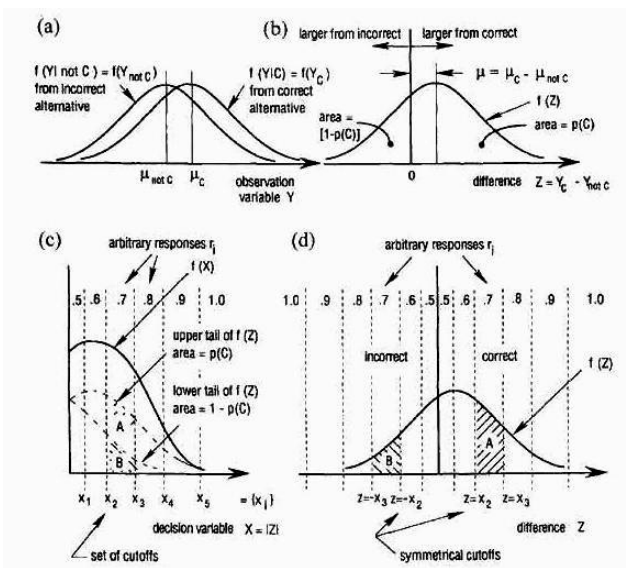


Рис. 2. Графическое описание плотностей распределения вероятностей рассматриваемых переменных (источник: Ferrell, 1995).

Обозначения: по вертикальной оси а) – плотность распределения вероятностей сенсорных впечатлений $f(y|C)$ и $f(y|\bar{C})$; б) – плотность распределения вероятностей величины отличия сигнала от шума $f(z)$; в) – плотность распределения вероятностей переменной решения $f(x)$, являющейся суммой положительной и отрицательной компонент распределения $f(z)$; д) – плотность распределения вероятностей величины различия Z с разделением на категории вероятности (правильности) ответов. 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0 – заданные категории вероятности правильных ответов «сигнал» (справа от осевой линии на рисунке 2д) либо «шум» (слева).

Переменная отличия сигнала от шума $Z=Y|C-Y|-C$ определяется разностью переменных $Y|C$ и $Y|-C$. Для описания принятия решения в модели используется переменная $X=|Z|$ (см. рисунок 2с).

Для принятия решения диапазон значений переменной решения X разделяется на m интервалов, соответствующих заданным в инструкции категориям вероятности (правильности) ответов наблюдателя о том, что в данной пробе был предъявлен сигнал (или разные стимулы), а не шум (или одинаковые стимулы). Интервалы отделены друг от друга граничными значениями x_i данной переменной. Каждое сенсорное впечатление различия попадает в один из этих интервалов. Предполагается, что наблюдатель дает оценку вероятности (правильности) ответа r_i для соответствующего номера интервала (где $i=1\div m$).

Например, рассмотрим попадание сенсорного впечатления в категорию 0,7 для оценки вероятности правильности ответа. Пусть для этой категории A – доля правильных ответов «сигнал», B – доля ошибочных ответов «сигнал», $A+B$ – суммарная доля всех ответов «сигнал». Тогда $p(C|r=0,7)$, т. е. доля правильных ответов «сигнал» среди всех ответов «сигнал» $A/(A+B)$ равна 0,7, а $p(-C|r=0,7)$ – доля ошибочных ответов «сигнал» среди всех ответов «сигнал»: $B/(A+B)$ равна 0,3.

По формулам модели на основе эмпирически полученного значения показателя сенсорной чувствительности d' вычисляются частоты правильных ответов ($pC|ri$), приходящихся на каждую категорию субъективной вероятности (правильности) ответов:

$$(pC|ri) = \frac{\Phi(x_i - d')/2^{1/2} - \Phi(x_{i-1} - d')/2^{1/2}}{\Phi(x_i - d')/2^{1/2} - \Phi(x_{i-1} - d')/2^{1/2}} + \frac{\Phi(x_i + d')/2^{1/2} - \Phi(x_{i-1} + d')/2^{1/2}}{\Phi(x_i + d')/2^{1/2} - \Phi(x_{i-1} + d')/2^{1/2}},$$

где x_i, x_{i-1} – граничные значения интервалов для категорий ответа r_i (т. е. используемые испытуемым критерии решения, разделяющие категории ответов) – определяются методом проб и ошибок с помощью специальной компьютерной программы.

Далее строятся теоретические функции *реализма* субъективных вероятностей (правильности) ответов: частот ответов «сигнал», приходящихся на каждую категорию субъективной вероятности (правильности) ответов для задач разной трудности. Эти функции описывают «эффект трудности–легкости»: недостаточную и чрезмерную субъективную вероятность правильности в легких и трудных задачах, соответственно (см. рисунок 1).

Автор провел развернутое сопоставление функций реализма субъективных вероятностей (правильности) ответов, рассчитанных по модели и эмпирически полученных (Ferrell, 1995). Это сопоставление выявило хорошее согласование между теми и другими функциями для сенсорно-перцептивных задач (различения рисунков европейских и азиатских детей (Lichtenstein et al., 1977), обнаружения разрывов в кольцах Ландольта (Keren, 1988)), а также когнитивных задач на осведомленность (Lichtenstein et al., 1977; Juslin, 1994) и на оценку студентами правильности своих ответов на экзамене (Ferrell, McGoe, 1980).

На наш взгляд, модель Феррелла связывает известный эффект трудности – легкости не с неидеальностью наблюдателя, а с неидеальностью организации экспериментальных задач при проведении всех исследований в рамках парадигмы «реализма уверенности». Если при проведении эксперимента отсутствуют специальные меры, обеспечивающие в процессе работы условия для того, чтобы испытуемый мог осознанно контролировать выполнение требований инструкции, то у него, естественно, могут возникать отклонения от идеального поведения. И в этом нет ничего неожиданного. В отсутствие обучения, т. е. без обратной связи, реальный наблюдатель в отличие от идеального неточно выставляет критерии решения x_r , разделяющие заданные категории субъективных вероятностей правильности (Lichtenstein, Fishoff, 1980). Когда же проводилось обучение с обратной связью в сенсорно-перцептивной задаче различения европейских и американских почерков, то реализм субъективных вероятностей правильности улучшался, а эффект трудности – легкости снижался и даже исчезал.

К сожалению, терминология, используемая при изложении модели, не соответствует стандартам теории обнаружения сигнала. Иллюстрируя модель, Феррелл на рисунке 2а приводит два сдвинутых друг относительно друга нормальных распределения плотностей вероятностей сенсорных впечатлений (соответствующих, по-видимому, предъявлениям сигнала и шума). Можно догадаться, что именно эти распределения сенсорных впечатлений автор имеет в виду, однако он называет их «распределениями внутренней переменной наблюдения Y для правильной и ошибочной альтернатив»: «...distributions of the internal observation variable Y for correct and for incorrect alternatives, $f(Y|C)$ and $f(Y|not C)$, as in Figure 1a» (Ferrell, 1995, p. 247). Эти нетрадиционные дефиниции вносят путаницу в понимание модели, поскольку правильными и ошибочными обычно на-

зывают ответы наблюдателя в случаях предъявления как сигнала, так и шума.

Так как граничные значения x_i для интервалов на оси значений переменной решения X , а также полученные на их основе доли ответов «сигнал», приходящихся на каждую категорию субъективной вероятности (правильности) ответов, вычисляются компьютером на основе эмпирических данных, то модель Феррелла следует считать дескриптивной.

Существенно, что эта модель, по сути, описывает не уверенность, а связанную с ней вероятность правильности. Авторы выводят формулы для теоретических долей правильных ответов наблюдателя при использовании заданных в инструкции категорий оценки субъективной вероятности (правильности) ответов. Связь данной модели с уверенностью состоит лишь в том, что эти категории действительно используются для косвенной оценки уверенности.

2.4.2. Модель субъективных расстояний

Областью применения модели субъективных расстояний («Subjective distance model») (Vjorkman et al., 1993) является задача различения в категориях «больше–меньше». В ее основе: а) представление Терстона, использованное впоследствии в теории обнаружения сигнала, о нормальном распределении сенсорных эффектов (Терстон, 1974); б) допущение о равноделении «интервала сомнения» на зоны верных и ошибочных ответов; в) допущение, что уверенность в различии стимулов – это функция субъективного расстояния между их сенсорными эффектами (как и в модели Феррелла). Интервал сомнений (где вероятности верных и ошибочных ответов наблюдателя полагаются близкими к 0,5) приходится на ближайшие окрестности точки субъективного равенства, соответствующей нулевой разности сравниваемых сенсорных впечатлений.

В силу нормальности распределения и равноделения интервала сомнения между верными и ошибочными ответами, среди неуверенных ответов доля верных (с) больше, чем доля ошибочных (b) ($c > b$), а доля всех верных ответов (с+d) больше, чем доля всех неуверенных ответов (а+d): $c+d > a+d$. Таким образом, косвенная оценка уверенности в виде субъективной вероятности правильности оказывается меньше реальной вероятности правильности различения, т. е. появляется недостаточная уверенность.

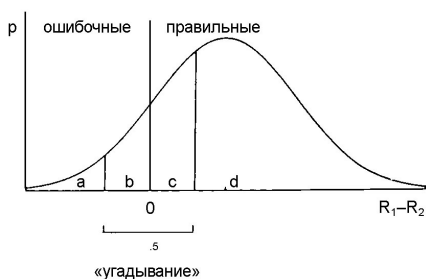


Рис. 3. Плотность распределения вероятностей (p) величины сенсорного различия ($R_1 - R_2$) и схематическая локализация на нем областей правильных–ошибочных и уверенных–неуверенных ответов при двухкатегорийной оценке уверенности («уверен–не уверен») (источник: Bjorkman et al., 1993).

Обозначения: a – доля уверенных ошибочных ответов, b – доля неуверенных ошибочных ответов, c – доля неуверенных верных ответов, d – доля уверенных верных ответов. Доли ответов соответствуют площадям по кривой плотности распределения вероятностей.

Предполагается, что при использовании более двух категорий уверенности этот сдвиг сохраняется и для остальных категорий, в силу чего всегда образуется недостаточная уверенность в целом по опыту, которую авторы и обнаружили при сенсорном различении тяжестей, зрительной длины прямоугольников и видимой локализации стимулов (Bjorkman et al., 1993; Juslin, Olsson, 1997; Olsson, Winman, 1996).

Авторы работы (Bjorkman et al., 1993) полагают, что недостаточная уверенность является коренным свойством сенсорного различения. Однако их модель не применима к различению в категориях «одинаковые–разные». В наших экспериментах (Скотникова, 2005, 2008) обнаружено, что, хотя при расчетах относительно общего массива ответов в обеих основных задачах сенсорного различения – «больше–меньше» и «одинаковые–разные» – доля сомнительных верных ответов была больше доли сомнительных ошибочных ($c > b$), это превышение оказалось гораздо менее выраженным в нашей задаче «одинаковые–разные» (в 1,56 раза), чем в задаче «больше–меньше», использованной шведскими авторами (в 2,5 раза). При этом зарегистрирована свехуверенность испытуемых, а в распределении ответов интервал сомнений был меньше интервала уверенности. Таким образом, сам факт указанного превышения не обязательно ведет к недостаточной уверенности. Это противоречит мнению Бьоркмана с соавторами, которые считают последнюю в силу ее

типичности, по данным этих и других шведских исследователей (Juslin, Olsson, 1997; Olsson, Winman, 1996), «коренным свойством сенсорного различения».

Кроме того, отсутствует обоснование *равноделения* общего интервала сомнения на области верных и ошибочных ответов. Неправомерным является отнесение авторами теории лишь к задаче «больше–меньше» по методу констант и вместе с тем обобщение недостаточной уверенности на любое сенсорное различение.

В целом ряде работ обнаружен эффект трудности–легкости в сенсорных задачах – недостаточная уверенность в легких задачах и чрезмерная уверенность в трудных (Baranski, Petrusic, 1994; Ferrell, 1995; Stankov, 1998); аналогичный эффект получен в задачах на осведомленность (Лихтенштейн и др., 2005). Канадские авторы предположили, что дело в межкультурных различиях. Шведские испытуемые практически никогда не давали ответы «полностью уверен», канадские и американские – в 20–40% случаев, а российские, по нашим данным, – в 70–100% случаев, в чем выразилась их повышенная уверенность, более высокая, чем у немецких наблюдателей, с которыми мы провели эксперименты по нашей методике (Скотникова, 2008). Можно было предположить, что в силу этого на российской выборке не проявится эффект трудности–легкости, аналогично тому, как этот эффект не проявлялся у шведов в силу присущей им стойкой недостаточной уверенности. Тем не менее наша экспериментальная проверка обнаружила данный эффект у российских испытуемых (Скотникова, Шендяпин, Степанова, 2014).

Недостаточную уверенность, экспериментально полученную шведскими авторами (Bjorkman et al., 1993) и в легкой, и в трудной задачах (вместо эффекта трудности–легкости) по различению площадей геометрических фигур, Феррелл объясняет тем, что в слишком легкой и слишком трудной задачах испытуемые могли использовать разные критерии решения (Ferrell, 1995); более того, тщательный анализ данных Бьоркмана с соавторами позволил ему выявить эффект трудности–легкости в их задаче по различению тяжестей.

Феррелл справедливо характеризует «модель сенсорных расстояний» (Bjorkman et al., 1993) не как оригинальную, но как частный случай своей «модели калибровки субъективных вероятностей, предполагающей разграничение переменной решения». Если сравнить обе модели (см. рисунок 2d и рисунок 3), то видно сходство: обе они основаны на нормальном распределении сенсорных

впечатлений о различии стимулов, по Терстону. Однако странно, что Бьоркман не ссылается на работу Феррелла (Ferrell et al., 1980) как на более раннюю, использовавшую этот же принцип, а Феррелл не ссылается на работу Терстона (Thurstone, 1927).

2.4.3. Модель оптимальной классификации и эвристическая модель

Дж. Балакришнан и Р. Ратклифф рассмотрели два варианта модели принятия решения и косвенной оценки уверенности в его правильности через субъективную вероятность правильности. Первый вариант назван ими моделью оптимальной классификации («Optimal classification model») (Balakrishnan, Ratcliff, 1996). В нем используется классический подход теории обнаружения сигнала (Иган, 1983; Green, Swets, 1974; Macmillan, Creelman, 2005). Предполагается, что наблюдатель знает плотности нормальных распределений вероятности значений сенсорных впечатлений от двух альтернативных стимулов, одним из которых может быть шум, а другим сигнал.

Для описания принятия решения модель оптимальной классификации переходит от сенсорного впечатления к отношению правдоподобия (того, что предъявлен сигнал, а не шум), от которого, согласно теории обнаружения сигнала, и зависит в конечном счете вероятность правильности выбранного ответа. В этом ее отличие от модели Феррелла, где решение принимается непосредственно на оси сенсорных впечатлений. На основе отношения правдоподобия формируется величина уверенности, понимаемой как субъективная оценка вероятности правильности, которая связана монотонной зависимостью с реальной вероятностью правильности ответов, т. е. для более высоких категорий уверенности вероятность правильных ответов больше.

Модель второго варианта авторы назвали эвристической. В ней предполагается, что наблюдатель лишь частично знает параметры распределений (например, что они унимодальные, имеющие приблизительно известные средние значения). Решение же он, по их мнению, принимает *на основе сенсорного впечатления*, которое сравнивает со своей *непосредственной оценкой субъективного отношения правдоподобия*, не оценивая вначале его объективный прототип (в отличие от постулата модели оптимального классификатора). Субъективное отношение правдоподобия близко к объективному, но не совпадает с ним.

Эвристическая модель – это частный случай моделей принятия решения на основе оценки наблюдателем расстояния на оси сенсорных впечатлений от полученного впечатления до критерия принятия решения. Субъективное отношение правдоподобия рассматривается как функция этого расстояния, ее значения служат мерами субъективной вероятности (правильности) ответа. Если в моделях оптимального классификатора *решение принимается только на основе отношения правдоподобия*, то в эвристических моделях – *на основе двух монотонно взаимосвязанных переменных: сенсорного впечатления и субъективного отношения правдоподобия–уверенности*, и потому его величину можно определить эмпирически в процедуре рейтинга уверенности (т. е. ее оценки по категориям).

Авторы построили теоретические функции рейтинга уверенности как субъективной вероятности (правильности) ответа в наличии сенсорного впечатления (о сигнале, а не шуме), исходя из модели оптимальной классификации и из модели расстояния до критерия. Эти функции они сравнили с функциями, полученными ими в экспериментах по 10-балльному рейтингу уверенности при различении длин линий, а также при категоризации длин линий, предъявляемых числами, категоризации собственно чисел и узнавании слов по памяти. Во всех этих случаях эмпирические функции гораздо лучше согласуются с функциями, предсказанными моделью расстояния до критерия (в соответствии с которой субъективное отношение правдоподобия близко к объективному, но не совпадает с ним), чем моделью оптимальной классификации (которая предсказывает совпадение этих отношений). Делается вывод о том, что процесс принятия решения не является оптимальным классификатором в смысле теории обнаружения сигнала, постулирующей оценку объективного отношения правдоподобия как его основу, но связан с процессом сенсорного декодирования величин стимулов и описывается моделью расстояния от сенсорного впечатления до критерия.

2.4.4. Двухфазная динамическая модель обнаружения сигнала

Эта модель весьма подробно проработана, использует идеи модели случайных блужданий (см. п. 2.3.2) и теорию обнаружения сигнала. Двухфазная динамическая модель обнаружения сигнала («Two stage dynamic signal detection model») (Pleskac, Busemeyer, 2010) описывает все три основные характеристики решения: вероятность правильности, скорость и уверенность, а также их соотношения

и распределение этих характеристик в задачах сенсорно-перцептивных и когнитивных на общую осведомленность. Подчеркнуто, что в исследованиях принятия решения уверенность рассматривается как *субъективная вероятность правильности*, и любая модель должна обосновывать монотонную связь уверенности с *объективной* правильностью.

Суть модели отражена на рисунке 4.

На первой фазе принятия решения, в соответствии с моделью случайных блужданий, на микрошагах процесса стохастического «блуждания» между альтернативами ответа копятся свидетельства

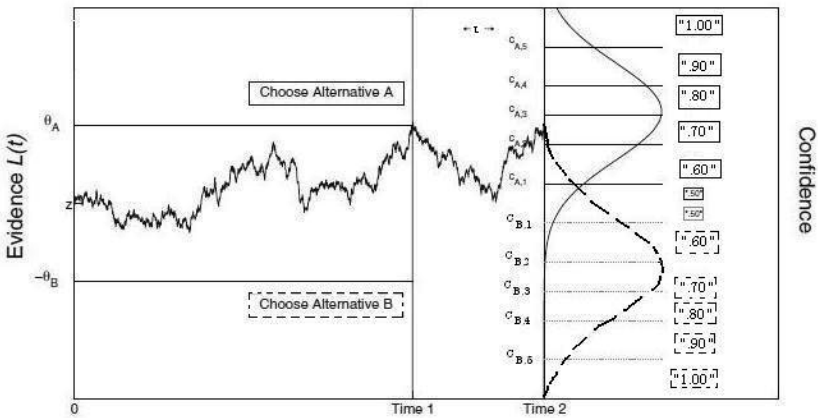


Рис. 4. Графическое представление двухфазной динамической модели обнаружения сигнала (источник: Pleskas, Bussemeyer, 2010).

Обозначения: в левой части изображен процесс стохастического «блуждания» между альтернативами ответа (A и B), приводящий к правильному выбору альтернативы A. Модель предполагает, что накопленное свидетельство в пользу A (которое больше, чем свидетельство в пользу B) преобразуется в оценку уверенности в этом ответе (как субъективной вероятности его правильности) путем выбора одной из категорий вероятности (0,5; 0,6; ...; 1). Это отражено в правой части. Сплошная нормальная кривая характеризует распределение величины свидетельства во времени, когда наблюдатель правильно выбрал альтернативу A. Пунктирная нормальная кривая характеризует то распределение величины свидетельства, которое было бы, если бы наблюдатель ошибочно выбрал альтернативу B. θ_A и θ_B – пороги выбора альтернатив A и B, соответственно, z – начало стохастического пути, $C_{A,k}$ и $C_{B,k}$ – критерии оценки уверенности.

в пользу каждой из них. На второй фазе полученное свидетельство в пользу той альтернативы, порог которой достигнут первым, категоризируется в оценку уверенности по схеме теории обнаружения для метода рейтинга уверенности, т. е. в зависимости от величины свидетельства выбирается категория уверенности в ответе. Величина уверенности пропорциональна полной величине свидетельства, накопленного в обеих фазах (накопление продолжается вплоть до момента оценки уверенности). Выбирается та альтернатива, для которой свидетельство и, соответственно, уверенность больше.

В описании математического аппарата модели Δt – минимальный интервал (микрошаг) наблюдения, в котором субъект получает сенсорную информацию $y(t)$ о предъявленном стимуле. После n интервалов наблюдения он получает распределение сенсорных впечатлений $f[y(t)]$ о стимуле. Эту информацию он переводит в свидетельство $x(t)=h[y(t)]$ в пользу одной из альтернатив ответа, какой стимул предъявлен – А или В. С каждой новой порцией свидетельства $x(t+\Delta t)$ растет величина суммарного свидетельства:

$$L(t+\Delta t)=L(t)+x(t+\Delta t).$$

Увеличение свидетельства описано стохастическим линейным дифференциальным уравнением:

$$dL(t)=L(t+\Delta t)-L(t)=x(t+\Delta t)=\delta Dt+\sqrt{\Delta t} \varepsilon(t+\Delta t),$$

где $\varepsilon(t)$ – белый шум со средним, равным 0, и вариативностью σ^2 . При этом на каждом микрошаге наблюдения субъект сравнивает условные вероятности сенсорных впечатлений в пользу альтернатив ответа А и В. Беря натуральный логарифм отношения правдоподобия того, что предъявлен стимул А, а не В, получаем накопленное свидетельство:

$$x(t)=h[y(t)]=\ln[f_A[y(t)]/f_B[y(t)]].$$

Если $x(t)>0$, значит, ответ А более вероятен, если же $x(t)<0$, то ответ В более вероятен. Таким образом, суммарное свидетельство характеризуется накоплением логарифма отношения правдоподобия во времени:

$$L(t+\Delta t)=L(t)+\ln[f_A[y(t+\Delta t)]/f_B[y(t+\Delta t)]].$$

Такое накопление соответствует логарифмической форме правила Байеса:

$$\ln[p(H_A|D)/p(H_B|D)]=\sum_i \ln[f_A[y(t)]/f_B[y(t)]]+\ln[p(H_A)/p(H_B)],$$

где D – решение (Decision), H_A и H_B – гипотезы об ответе (Hypothesis), т. е. альтернативы ответов A и B .

С ростом различимости сигналов растет скорость стохастического блуждания и накопления свидетельств, определяющая скорость ответа, и, соответственно, растет уверенность. Рост времени блуждания ведет к росту различия между уверенностью правильных и уверенностью ошибочных ответов. Это проверено и подтверждено в задачах сенсорно-перцептивных и на общую осведомленность.

2.4.5. Эволюционная модель компетенции в своих ресурсах

Приведенное нами в данном подзаголовке название представляется наиболее отражающим суть модели, хотя сами авторы ее называют кратко: «эволюционная модель» («Evolution model») (Johnson, Fowler, 2011). В этой модели видится аналогия схеме теории обнаружения о распределении двух сенсорных впечатлений – от шума и сигнала (или от двух сигналов для различения) – либо о распределении различий этих впечатлений (как и в моделях Терстона, Феррелла и Бьоркмана). Согласно теории обнаружения сигнала, для принятия решения о том, к какому из распределений принадлежит сенсорное впечатление, наблюдатель использует критерий принятия решения. Локализация критерия определяется, в частности, заданными ценами ответов: премиями за правильные ответы и штрафами за ошибочные.

«Модель компетенции в ресурсах» описывает принятие не только сенсорных, но любых решений. В ее основе лежит теория обнаружения сигнала, которая рассматривает любое распределение, и, в частности, нормальное. А в «Модели компетенции в ресурсах» приводятся нормальное и биномиальное распределения, но не сенсорных впечатлений, а осознанных и неосознанных субъективных представлений человека или неосознанных представлений животного о своих возможностях. На этих представлениях базируется уверенность в выборе альтернативы решения. Уверенность снижают проигрыши в случаях ошибок, а увеличивают выигрыши в случаях правильных решений. Если выигрыши перевешивают, субъект самоуверен, а если проигрыши, то он недостаточно уверен, и эти искажения растут с ростом неопределенности ситуации.

Путем компьютерной симуляции построены графики недостаточной уверенности и самоуверенности в зависимости от величин выигрышей и проигрышей. Показано, что адекватные представле-

ния субъекта о своих возможностях крайне редки и потому уверенность обычно не адекватна правильности (чаще завышена).

Разработанные математические алгоритмы для вычисления величин уверенности лишь кратко характеризуются в статье авторов (Johnson, Fowler, 2011) с указанием адреса сайта, где они даны подробно. Приведем ключевые моменты этого краткого изложения. r – ресурс, необходимый субъекту, чтобы найти решение проблемы, например, конфликта между ним (i) и другим субъектом (j). θ_i и θ_j – их возможности найти решение. Предполагается, что величина θ симметрично распределена со средним, равным 0, и вариативностью, равной 0,5. $a = \theta_i - \theta_j$ – преимущество одного из субъектов (например, i). Имеются лишь три исхода конфликта для субъекта: выиграть в нем – W (Win), проиграть – L (Loss) и получить дополнительный ресурс – O (Obtain). Обозначив вероятности каждого исхода как p_w , p_L и p_o , величину выигрыша (ресурса) как r (resource) и величину проигрыша как c (cost), авторы выводят формулу для ожидаемой величины получаемой субъектом полезности ($E(f)$ – Expected fitness) в решении конфликта:

$$E(f) = p_w(r - c) + p_L(-c) + p_o(r).$$

Примеры политических и военных конфликтных взаимодействий приводят авторов к неожиданному выводу. В подобных случаях не случайно распространенной стала сверхуверенность. Она закрепилась в эволюционной истории человечества, поскольку обеспечивает быстрые, т. е. экономные по времени решения и в среднем может давать преимущества, хотя нередко приводит к риску серьезных потерь.

В этой модели важно то, что предложено редкое описание принятия сложных решений и уверенности в них с использованием как распределения субъективных представлений, так и цен ответов. Это может позволить при анализе сложных решений с помощью данной модели использовать теоретические и математические описания, разработанные в моделях принятия решений и уверенности, основанных на теории обнаружения сигнала.

Идеи нашей модели перекликаются со следующими идеями рассмотренных выше зарубежных моделей принятия решения и оценки уверенности, в которых используются отдельные понятия теории обнаружения сигнала (см. п. 2.4):

- об измерении степени уверенности как расстояния на оси сенсорных впечатлений от сенсорного эффекта до критерия приня-

тия решения (Ferrel et al., 1980, 1995; Bjorkman, Juslin, Winman, 1993; Balakrishnan, Ratcliff, 1996), в частности, в связи с оценкой отношения правдоподобия (Balakrishnan, Ratcliff, 1996);

- о двухфазности принятия решения: первая фаза – получение свидетельств в пользу альтернатив решения, вторая – формирование уверенности на основе свидетельства и выбора одной из альтернатив (Pleskas, Busemeyer, 2010);
- о роли проигрышей и «штрафов», которые снижают уверенность, и о роли выигрышей и «премий», которые ее повышают (Johnson, Fowler, 2011). Такая роль цен ответов не только обоснована в модели теоретически, но и установлена нами экспериментально в задаче зрительного различения временных интервалов (см. п. 4.4.2, а также: Скотникова, Шендяпин и др., 2012).

ГЛАВА 3

МОДЕЛИРОВАНИЕ УВЕРЕННОСТИ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ В ЗАДАЧАХ СЕНСОРНОГО РАЗЛИЧЕНИЯ В ПАРАДИГМЕ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ОТРАЖЕНИЯ П. К. АНОХИНА

3.1. Необходимость нового подхода к моделированию уверенности

3.1.1. Выявленные проблемы в существующих моделях принятия решения и уверенности

Рассмотренные модели предлагают в разной степени обоснованные и продуктивные подходы к формальному описанию принятия решений и уверенности, но, по сути, являются эвристическими, так как не основаны на четких психологических концепциях. Общей чертой всех этих моделей является то, что они оценивают уверенность лишь косвенно, через субъективную вероятность правильности вынесенного наблюдателем решения о том, какой из двух альтернативных стимулов был предъявлен – сигнал или шум, либо, в общем случае, какой из пары близких по величине стимулов. При этом многие исследователи признают, что уверенность не тождественна субъективной вероятности правильности (Bjorkman, 1994; Gregson, 1999; Вайнер, 1990, 1991; Скотникова, 2002а, б, 2008).

В ходе эксперимента при решении сенсорной задачи испытуемого просят в каждой пробе оценить уверенность в правильности своего решения в виде ожидаемой вероятности его правильности (Adams, 1957). Логично было бы ожидать, что разработанные модели позволяют получать в каждом наблюдении вместе с характеристиками решения также и оценку уверенности в виде ожидаемой вероятности его правильности. Выполнение этого условия позволяло бы напрямую сопоставлять оценки уверенности, полученные при моделировании и в эксперименте, и тем самым обеспечивать проверку адекватности модели. Однако в существующих моделях не показана в явном виде аналитическая связь величины уверен-

ности в правильности принимаемого наблюдателем в каждой конкретной пробе решения с величиной условной вероятности его правильности, соответствующей величине полученного в этой пробе сенсорного впечатления.

Остались также без ответа важные вопросы: может ли наблюдатель, контролируя уровень своей уверенности, влиять на правильность принимаемых решений? Если да, то как должен быть изменен обоснованный в теории обнаружения сигнала механизм принятия решения, не учитывающий влияние уверенности на правильность решения?

В динамических моделях – случайных блужданий (Heath, 1984; Link, Heath, 1975; Ratcliff, Smith, 2004), выборочных окон (Juslin, Olsson, 1997), аккумуляторной (Vickers et al., 1998, 2000) – введено представление о механизме принятия решения как об оценке баланса свидетельств в пользу сравниваемых альтернатив ответа и об определении величины уверенности через соотношение величин свидетельств. Эти идеи используются также в более поздней двухфазной модели обнаружения сигнала (Pleskas, Busemeyer, 2010). Однако психологическое содержание понятия свидетельств и уверенности не анализируется. Лишь неявно предполагается, что в свидетельства входят сенсорные впечатления, среди других же факторов весьма кратко, на уровне гипотезы, предполагаются цены ответов (премии за правильные ответы и штрафы за ошибочные (Vickers, Lee, 1998), которые более подробно рассматриваются применительно к уверенности в политических и военных, но не в сенсорных решениях (Johnson, Fowler, 2011). При этом ни одна из известных нам моделей не затрагивает проблемы успешности решений для субъекта, которая в общем случае не тождественна его правильности и полезности.

Имея в виду, что указанные модели далеко не полностью отражают содержание категории уверенности, следует заключить, что разработка ее адекватной модели является актуальной задачей математической психологии. Такая разработка и была предпринята нами.

В отличие от предшествующих, наша модель принятия решения и уверенности в сенсорных задачах, использующая математический аппарат теории обнаружения, базируется на общепсихологических концепциях о природе психического (в том числе и о восприятии) как о прогнозировании (т. е. об опережающем отражении), что позволяет выявить функцию уверенности не только для оценки эффективности уже принятого решения, но и для прогноза будуще-

го результата принятого решения. Она содержательно раскрывает категории свидетельства и уверенности, причем уверенность с самого начала рассматривается как хотя и связанное с вероятностью правильности, но отдельное самостоятельное понятие; вводит понятие свидетельства как основную переменную принятия решения в концептуальную схему теории обнаружения.

Последнее обстоятельство позволило теоретически определить и описать уверенность идеального наблюдателя. С помощью этой переменной были получены новые формулы для оценки вероятности правильности и полезности ответов в каждом наблюдении, формулы для расчета критериев принятия решения в выделенных трех разных задачах субъекта: выбора наиболее правильного решения, выбора наиболее полезного решения и выбора гарантированно успешного решения. Кроме того, в отличие от предшествующих, наша модель не только применима к обоим основным задачам сенсорного различения в категориях «больше–меньше» и «одинаковые–разные», но и подробно анализирует специфику задачи «одинаковые–разные».

3.1.2. Выбор математического аппарата и исходных гипотез разрабатываемой модели уверенности

В попытке прояснения обнаруженных проблем и поиска ответов на поставленные вопросы мы разработали строгий формальный подход к моделированию уверенности, опирающийся на аппарат теории обнаружения сигнала. Это позволило описать в явном виде ранее неизвестную аналитическую связь между свидетельством в пользу принятия решения в отдельном наблюдении и уверенностью идеального наблюдателя в этом решении. Получение данного результата привело к постановке вопроса о поиске и изучении нейросетевых схем выработки уверенности реального наблюдателя.

Идея нашего подхода состояла в том, чтобы, используя аппарат теории обнаружения сигнала и неявно всеми употребляемое представление о монотонной зависимости вероятности правильности от субъективной уверенности, аналитическим путем найти формальную переменную теории обнаружения сигнала, которая удовлетворяет этому априорно заданному свойству уверенности. На основе найденной переменной можно было бы развивать модель уверенности.

В процессе поиска математического выражения для описания зависимости вероятности правильного обнаружения сигнала от па-

раметров задачи мы обнаружили, что такой переменной является натуральный логарифм произведения отношения априорных вероятностей предъявляемых стимулов на отношение правдоподобия, зависящее от сенсорного впечатления. Увеличение этой переменной вызывает монотонный рост вероятности правильности принятого решения. Найденную переменную мы назвали свидетельством в пользу сигнала. Так как именно она, а вернее, знание ее величины, позволяет идеальному наблюдателю вычислять вероятности правильности, а также средней полезности сенсорных альтернатив, то ее можно использовать в качестве меры обоснованности принятого решения.

Идеальность наблюдателя выражается в том, что он имеет все необходимые знания и вычислительные ресурсы для решения своей задачи. Он может точно вычислять и уверенность, и вероятность правильности. Так как принятие рациональных решений основано на знании вероятности правильности принимаемого решения, то для идеального наблюдателя свидетельства и уверенность не имеют исключительного значения. Они являются всего лишь промежуточными переменными, необходимыми ему для вычисления вероятности правильности.

У реального же наблюдателя таких неограниченных ресурсов для выполнения сложных вычислений нет. Психофизиологи считают, что «сенсорная система состоит из воспринимающих элементов – рецепторов, нервных путей, передающих информацию от рецепторов в мозг, и тех частей мозга, которые заняты переработкой и анализом этой информации» (Шевелев, 1998, с. 55). Таким образом, реальный наблюдатель располагает только нейронами и вынужден проводить свой анализ, используя их вычислительные возможности. В психофизической теории обнаружения сигнала в настоящее время предполагается, что вначале человек оценивает с помощью нейронных сетей сенсорные впечатления о наблюдаемом предмете, а затем на их основе принимает решение о категоризации предмета и оценивает уверенность в ее правильности через вероятность.

В реальной бытовой ситуации оценка вероятности правильности решения человеку обычно не требуется. Поэтому мы предположили, что уверенность является для человека единственным инструментом, с помощью которого он, в конечном итоге, и принимает решение.

Конечно, нормативная модель отражает только объективные стороны решаемой задачи. Она не учитывает всей специфики ре-

ализации полученных результатов конкретным человеком. Теоретическое значение модели идеального наблюдателя, полученной с помощью теории обнаружения сигнала, состоит в том, что она объясняет, как рациональный наблюдатель должен в идеале реализовывать процесс решения сенсорных задач. Важно, что при этом модель объясняет не только то, как он должен принимать свое решение, но и дает четкий ответ на интересующий нас вопрос – от какой переменной зависит вероятность правильности принятого в данной пробе решения.

Практическое же значение нормативной модели состоит в том, что она гарантирует существование и дает описание точного метода вычисления величины свидетельства для обоснования решения и уверенности в нем идеального наблюдателя. Знание этого метода позволит в дальнейшем перейти к поиску конкретных нейронных схем мозга для реализации (возможно не точной, а приближенной) таких вычислений.

В процессе разработки модели была сформулирована гипотеза о том, что уверенность является фактором, напрямую влияющим на вероятность правильности решений. Для проверки этой гипотезы с помощью разработанной модели были получены для задач сенсорного различения с ответами «больше–меньше» и «одинаковые–разные» теоретические зависимости доли правильных среди всех уверенных (правильных и ошибочных) решений от величины штрафа за принятие ошибочного решения. Полученные теоретические зависимости, а также экспериментальная проверка на материале выполнения задач «больше–меньше» и «одинаковые–разные» подтвердили справедливость высказанной гипотезы.

3.2. Системный подход к изучению решения сенсорных задач: принятие решения и контроль его правильности в парадигме вероятностного прогнозирования

3.2.1. Вероятностное прогнозирование – базовый принцип механизма восприятия и выбора действия в условиях неопределенности

Движущими факторами любого моделирования являются два главных вопроса: что моделируется и с какой практической целью. Если в самом начале работы механизм моделируемого явления четко не определен, то необходимо попытаться хотя бы выделить основ-

ную, с точки зрения теории и практики, суть явления. И чем системнее, т. е. чем в более широком контексте будет рассмотрено моделируемое явление, тем больше шансов на то, что удастся сформировать адекватную исходную точку зрения на его механизм.

В подтверждение этой позиции приведем схожие мнения других авторов. «Осмысленность любой формальной модели с очевидностью требует, чтобы для ее построения было точно зафиксировано, какие свойства реальных объектов она представляет, – ведь именно эти свойства определяют выбор конкретных операций и отношений над формальными объектами, т. е. содержательную интерпретацию и объектов, и самой модели» (Нариньяни, 1999, с. 3). Так как «психические явления не могут быть поняты вне их включенности в систему взаимосвязей материального мира» (Ломов, 1981, с. 7), то наряду с изучаемым объектом необходимо также выделить и включить в модель элементы внешней системы, оказывающие на него влияние.

В опубликованных работах, посвященных исследованию уверенности, нам не удалось найти готовую словесно-смысловую («предмодельную») концепцию, четко выделяющую суть понятия уверенности с позиций современного состояния психологии. Концепции уверенности, положенные в основу существующих ее моделей, часто формулируются сразу на языке математики, минуя стадию психологической предмодели. Между тем моделирование может быть действительно полезным инструментом теории и эксперимента только тогда, когда его математическое содержание соответствует психологическому либо общенаучному взгляду на явление. Поэтому разработку модели нам пришлось начинать с выяснения роли уверенности в процессе восприятия.

Очевидно, что об уверенности в правильности решения имеет смысл говорить только тогда, когда задача не имеет однозначного решения, так как условиям задачи удовлетворяют сразу несколько вариантов. Часто трудность состоит не в том, чтобы найти все варианты решения (в психофизической задаче они известны заранее), а в том, чтобы выбрать среди них наиболее вероятный либо выгодный. В таких случаях вместо строгого метода решения, являющегося одновременно и доказательством его правильности, приходится опираться на свидетельства в пользу правильности рассматриваемых вариантов решения. Свидетельства для выбора решения человек обычно получает из своего либо чужого опыта. Но поскольку опыт принципиально неполон, то свидетельства, в отличие от до-

казательства, не всегда гарантируют абсолютную правильность выбранного варианта решения.

В реальной жизни человек обычно выбирает тот вариант решения, который вызывает у него наибольшее доверие. Таким образом, пытаясь выяснить смысл уверенности, мы в своих рассуждениях сделали небольшой круг и вернулись почти назад, к понятию доверия, которое очень близко к исходному понятию уверенности. Поскольку доверие, уверенность и вера являются очень близкими и одновременно многозначными понятиями, то следует определиться с тем, какой смысл мы будем далее им придавать в нашей работе.

Для этого воспользуемся книгой В. П. Зинченко «Психология доверия». Ссылаясь на Г. Г. Шпета (Шпет, 1994), Зинченко выделяет главное, на его взгляд, содержание веры – «принятие возможности за действительность». Доверие же и уверенность он с некоторыми оговорками определяет по «Энциклопедическому словарю» Брокгауза и Эфрона. Доверие, с его точки зрения, – это «психическое состояние, в силу которого мы полагаемся на какое-либо мнение, кажущееся нам авторитетным, и потому отказываемся от самостоятельного исследования вопроса, могущего быть нами исследованным» (Зинченко, 2001, с. 8).

Очевидно, что слова «доверие» и «уверенность» имеют общий корень – «вер-». Главный семантический смысл этого слова, согласно Шпету, – «принятие возможности за действительность». Наблюдая за человеком, который решает не математическую, а обычную практическую задачу, можно констатировать, что с логической точки зрения такое решение всегда является многозначным. Поэтому когда человек выбирает одно из возможных решений, а затем действует так, как будто оно действительно правильное, то очевидно, что он верит в свое решение.

Вера, как известно, имеет и чисто психологическую причину. Необходимость принимать решения и действовать в условиях неопределенности (при которой, вообще говоря, неизбежны ошибки) создает для человека ситуацию риска. Стресс, порождаемый этим риском, и вытекающие из него психосоматические последствия могут представлять серьезную угрозу для здоровья. Избавиться от этой угрозы можно только с помощью веры в правильность своих действий, или, говоря другими словами, с помощью принятия их как правильных и адекватных (Скотникова, 2008). Таким образом, вера является неотъемлемым элементом любого принятия решения в условиях неопределенности.

Однако «принятие возможности за действительность» в разных жизненных ситуациях происходит по-разному. Согласно Брокгаузу и Эфрону, «вера превышает силу внешних фактических и формально психологических доказательств. Доверие же касается вопросов, находящихся в компетенции человеческого познания; доверяется тот, кто не хочет или не может решить или сделать чего-либо сам, полагаясь или на общепринятое мнение, или на авторитетное лицо. Уверенность есть сознание собственной силы и состоит в доверии к истинности своего знания или правоте своего дела» (цит. по: Зинченко, 2001, с. 8).

Если принять и далее конкретизировать это довольно общее высказывание, то с абсолютной верой мы имеем дело тогда, когда субъект, принимая решение, лишен возможности использовать объективные свидетельства, основанные на опыте. Например, для единичных или редко встречающихся в жизни человека ситуаций необходимый личный опыт может просто отсутствовать. Решение в таких случаях ищется, скорее всего, по аналогии с ранее встречавшимися задачами. А сами аналогии выбираются более или менее интуитивным способом.

Доверие предполагает, что некоторый объективно обоснованный способ выбора решения в принципе имеется, но субъекту в силу определенных причин он недоступен. Решение в этом случае фактически принимается теми авторитетами, которым доверяет человек.

Уверенность же отличается от доверия тем, что субъект располагает собственными возможностями по формированию и оценке объективных свидетельств, необходимых для выбора решения. Таким образом, *уверенность в принятом решении можно определить как частный вариант веры, характеризующийся наличием у субъекта определенного механизма формирования свидетельств, основанных на личном опыте решения аналогичных задач в прошлом.*

Человек воспринимает предметы внешнего мира с помощью органов чувств, которые являются для него источником информации о мире. Поэтому можно полагать, что, принимая решения в процессе восприятия, человек не просто верит свои решения, – скорее, он ощущает уверенность в их правильности. Однако связь между уверенностью в правильности восприятия и необходимыми для этого объективными свидетельствами до сих пор слабо изучена.

Для формирования общего представления об уверенности мы прежде всего выделили следующие принципиальные особенности восприятия:

- 1) восприятие является входным звеном психологического процесса получения и переработки информации о предметах внешнего мира, за которым обычно следует выбор определенного действия (либо временный отказ от любых действий);
- 2) механизм восприятия в общем случае должен работать только на той принципиально неполной информации, которая доступна из опыта.

Мы предположили, что механизм восприятия должен включать в себя также формирование и оценку уверенности.

Восприятие сформировалось в ходе эволюции для того, чтобы способствовать выживанию организма как при изменениях природной среды, так и в конкурентной борьбе с другими организмами «за место под солнцем». Если восприятие обнаруживает угрозу, то за ним обязательно должен следовать выбор ответного действия для устранения или избегания этой угрозы. Восприятие, не ориентированное на действие, является бесполезным, а, как известно, любая система организма существует, если она полезна ему, и атрофируется, если не используется.

Для выживания в быстро изменяющейся природной среде восприятие внезапно появившихся и потенциально опасных объектов, равно как и выбор адекватного ответного действия, должны происходить «в реальном времени», т. е. до того, как субъект погибнет. Следовательно, ни восприятие, ни выбор действия не могут основываться на каких-то изощренных методах вычисления, чувствительных к качеству и количеству исходной информации. Ведь необходимой для этого информации в реальной жизни всегда не хватает. Принципиальная недостаточность либо неточность информации, свойственная принятию решений в условиях неопределенности, осознается в современной науке как принцип ограниченной рациональности, или «запрет Саймона» (Simon, 1976).

Согласно запрету Саймона, механизм восприятия в реальном времени не может основываться на точных логических суждениях. Для практического использования логических методов, с одной стороны, просто не хватает надежных фактов и знаний, а с другой – время, требуемое для восприятия достаточно сложных объектов, при использовании точных методов становится недопустимо большим даже при реализации вычислений на компьютере (Кузнецов, 2008). Вычислительные же возможности мозга человека, как известно, намного слабее возможностей компьютера (Козелецкий,

1979; Тверски, Канеман, 2005). Очевидно также, что точные логические методы не применимы и для реализации выбора действий, основанных на восприятии. «Попытки опереться только на логику в реальных бытовых ситуациях, требующих быстрых решений и соответствующих действий, могут привести к тому, что поведение не будет успевать за потоком событий. Поэтому быстрые процессы обыденного мышления не могут быть основаны только на истине и сохраняющих ее логических процедурах» (Кузнецов, 2008, с. 271).

Набор признаков наблюдаемых объектов, используемых для принятия решения в процессе практической деятельности и накопления жизненного опыта, может эффективно расширяться и уточняться. Однако даже самый оптимальный для определенной ситуации набор признаков в других ситуациях всё же рискует оказаться неполным, что не позволяет живому организму полностью преодолеть неопределенность при восприятии внешней среды.

Отказ от использования процедур логического вывода при восприятии является следствием принятого нами положения, что все наши знания берутся только из опыта, а опыт принципиально неполон. Избавление же теории познания от иллюзии обладания «точными и полными знаниями» является новым шагом вперед, свидетельством «взросления» науки (Нариньяни, 2004).

Требованиям работы в реальном времени в наибольшей степени, на наш взгляд, удовлетворяет известная психологическая концепция восприятия Дж. Брунера. Согласно ей процесс восприятия физических стимулов можно рассматривать не как изошренное и сложное «вычисление» точных значений наблюдаемых параметров внешнего физического стимула, основанное на строгих логических выводах, а как достаточно простое вероятностное *прогнозирование* значений этих параметров. Реализуется этот прогноз с помощью *принятия решения* в процессе «движения от признаков к категориям» (Брунер, 1975, с. 136). «Результаты такой категоризации репрезентативны – они предсказывают с разной степенью „истинности“ события физического мира, в котором действует организм. <...> Перцептивная категоризация объекта позволяет нам выйти за пределы непосредственно воспринимаемых свойств и предсказывать другие свойства, ещё не воспринятые» (там же, с. 136).

Многие отечественные психологи используют в своих работах понятия, близкие по смыслу к понятию прогноза в условиях неопределенности. Например, В.М. Аллахвердов в работе о природе ошибок при решении когнитивных задач пишет о том, что «созна-

ние не отражает, а конструирует мир» (Аллахвердов, 2010, с. 128). Но при этом «сознание ведет себя как ученый, строящий догадки о мире и проверяющий их в опыте» (там же). Так же, как и Брунер, Аллахвердов считает, что сознание, осуществляющее прогнозирование, позволяет получать «представления о таких аспектах реального мира, которые никак не представлены в получаемой сенсорной информации» (там же). Осознавая, что механизм прогнозирования может опираться только на информацию, уже накопленную в предыдущем практическом опыте, мы также понимаем, что этот механизм должен включать в себя обратную связь в виде обучения или самообучения. Информация о внешнем мире должна постоянно присутствовать в памяти субъекта и обновляться в процессе его деятельности. В силу очевидной способности живых существ к обучению за счет накопления и фиксации в памяти практического опыта механизм прогнозирования очень широко представлен в психологии.

Идея вероятностного прогнозирования активно развивалась И. М. Фейгенбергом для объяснения поведения. «Реагирование соответственно прогнозу, основанному на вероятностных характеристиках прошлого опыта, в большинстве случаев обеспечивает организму „выигрыш“. В меньшем же числе случаев может быть и „проигрыш“ – когда события развиваются маловероятным путем и организм оказывается не подготовленным к ним. <...> Ясно, что способность к вероятностному прогнозированию могла развиваться только в процессе эволюции, протекавшей в вероятностно организованной среде» (Фейгенберг, Иванников, 1978, с. 12).

Еще более глобальное значение придается прогнозированию в психофизиологической школе академика П. К. Анохина. Концепцию вероятностного прогнозирования, предложенную Брунером для описания перцептивной категоризации объектов внешнего мира, Анохин обобщил до *принципа опережающего отражения мозгом действительного ряда событий* во внешнем мире (Анохин, 1978). То, что прогнозирование является универсальным атрибутом существования всех живых существ, Ю. И. Александров рассматривает как аксиому: «Так как принцип активного опережающего отражения начал действовать вместе с возникновением жизни, он представлен на всех уровнях ее организации» (Александров, 1999, с. 102).

Идею Анохина о том, что прогнозирование является одним из *основных принципов работы мозга*, позволяющих человеку получать знания об окружающем его мире, разделяют и другие представите-

ли современной зарубежной и отечественной когнитивной науки (см., например: Моллер, Гросс, 2004; Витяев, 2008).

Вместе с тем широкое распространение идеи прогнозирования в науках о жизни и теории познания ещё не означает, что работа механизма принятия решения, с помощью которого получается прогноз, совершенно ясна и понятна современной науке. Так, Е. Е. Витяев, математик, занимающийся разработкой методов контроля точности опережающего отражения при выборе поведения (по Анохину), подчеркивает: «Как происходит принятие решения, в теории функциональных систем до конца не разработано. И это не случайно, так как принятие решения очень тонкий процесс» (Витяев, 2008, с. 42).

Нельзя также считать, что прогнозирование и принятие решения (вместе или по отдельности) в настоящее время широко исследуются научным сообществом. Скорее следует признать, что работы по изучению механизма принятия решения в процессе прогнозирования являются очень актуальными как для психологии, так и для математики. Но если психологи сосредоточились в основном на экспериментальных исследованиях способности человека к различению полностью известных, но довольно близких друг к другу альтернативных стимулов, то математиков больше заинтересовала теоретическая сторона процесса формирования целенаправленных действий.

В результате содержательного («доформального», с точки зрения моделирования) анализа принципов работы мозга, изложенного в теории функциональных систем П. К. Анохина и в теории эмоций П. В. Симонова, Витяев сформулировал очень важный теоретический вывод о том, что «мозг – это не логическое, а предсказывающее устройство» (там же, с. 60). Вследствие этого «применение логического вывода к эмпирическим знаниям, в том числе к знаниям, полученным в процессе обучения, неправомерно, поэтому необходимо изменить существующую парадигму логического вывода знаний и разработать такую формализацию предсказания, в которой главной целью знаний являлись бы оценки вероятности [правильности. – В. Ш., И. С.] предсказания» (там же, с. 59).

При традиционном подходе психофизики к получению эмпирических знаний, к которым могут быть отнесены и гипотезы, формируемые в результате восприятия, вначале генерируется новая гипотеза, а затем по правилам вероятностной логики «вдогонку» вычисляется оценка ее достоверности. Такой подход к выбору це-

ленаправленного поведения в принципе не позволяет получать гипотезы с наперед заданным уровнем достоверности.

Для решения проблемы получения гипотез с контролируемым уровнем достоверности Витяев разработал общую теорию вероятностного семантического вывода, объединяющую процесс логического вывода с вычислениями вероятностей (Витяев, 2008). Конечно, с точки зрения психологов математический аппарат теории Витяева слишком сложен и не имеет простой и понятной интерпретации. Тем не менее, полученные им результаты доказывают, что в теории познания существует не только пассивный, «догоняющий», но и активный, «упреждающий» контроль вероятности правильности решений, принимаемых человеком.

В таком случае можно предположить, что в процессе эволюции живые существа научились не только предсказывать события во внешнем мире (о чем говорит парадигма Анохина), но и контролировать их вероятности (о возможности такого контроля говорят результаты Витяева). Исходя из этих общих положений, мы далее предположили, что «упреждающий» контроль вероятности правильности решений, принимаемых человеком при выполнении сенсорных задач, реализуется именно с помощью уверенности.

При этом вполне естественно, что определенная альтернатива сенсорной задачи принимается только при достаточно большой вероятности ее правильности. Если же вероятности правильности всех рассматриваемых альтернатив малы, то, в отличие от классической логики, новая формализация предсказания, предложенная Витяевым, вполне допускает ситуацию незнания, т. е. отказ от принятия определенной гипотезы.

Такая точка зрения на процесс получения новых знаний вполне соответствует результатам, полученным А. В. Брушлинским. Если для принятия решения при реализации психических процессов не используется процедура логического вывода, то понятно, почему в отличие от детерминированного поведения автомата механизмы поведения и мышления человека не подчиняются классическому правилу исключенного третьего (Брушлинский, 1979). Новая парадигма семантического вероятностного вывода, разработанная Витяевым, также хорошо согласуется с утверждением Ч. Пирса о том, что «в любой области знаний есть *промежуточная зона между утверждением и отрицанием*, столь же реальная, как и они» (цит. по: Тарасов, 2004б, с. 98). Если применить эти слова к психологии восприятия, то, на наш взгляд, речь здесь может идти о пере-

живании сомнений, которые испытывает человек, принимающий решение о принятии или отклонении сенсорной гипотезы. И в ситуации, когда сомнения в истинности обеих гипотез велики, человек в реальной жизни вполне обоснованно отказывается от вынесения определенных ответов «да» или «нет» и выбирает неопределенный ответ «сомневаюсь» или «не знаю».

Переход от классического материализма науки, сознательно дистанцировавшегося от высказываний о вере и поэтому избегавшего любых неопределенностей при изучении природы и человека, к современным взглядам на систему знаний о мире произошел относительно недавно (Нариньяни, 1994; Тарасов, 2002). Отказ от лапласовского детерминизма и становление нового материализма при этом связаны с таким направлением системных исследований, в котором наука более не отождествляется с определенностью, а незнание из объекта осуждения становится объектом научных исследований. «Это объясняет повышенное внимание к моделированию неопределенности» (Тарасов, 2004а, с. 4).

Так как систематическое изучение неопределенности началось сравнительно недавно, то разработка модели даже для такого частного и наиболее изученного в настоящее время вида веры, как уверенность при восприятии в условиях неопределенности, в настоящее время является слишком сложной задачей. Поэтому при работе над моделью уверенности мы использовали еще одно условие, сильно упрощающее ее разработку, – рациональность наблюдателя.

При разработке модели уверенности идеального наблюдателя мы исходили из двух предположений. Первое вытекает из теоретических результатов, полученных Витяевым: *контроль эффективности восприятия на основе вероятностного прогнозирования возможен*. Под эффективностью восприятия в работе понимаются: 1) вероятность правильности восприятия, т. е. эффективность восприятия «самого по себе», без включения его в работу психологической системы более высокого уровня; 2) среднее значение полезности действия, выбранного на основе восприятия, т. е. эффективность восприятия с точки зрения психологической системы более высокого уровня. Механизм вероятностного прогнозирования предполагалось искать с помощью хорошо известной в психофизике теории обнаружения сигнала (Иган, 1983; Green, Swets, 1974), которая согласуется с теорией восприятия Брунера.

Второе предположение: *в процессе эволюции внутренний контроль эффективности восприятия действительно был сформиро-*

ван и реализуется с помощью уверенности, рассматриваемой нами как субъективный показатель (рейтинг) прогнозируемой эффективности восприятия.

Далее будет показано, как в результате анализа процесса вероятностного прогнозирования, положенного в основу восприятия идеального наблюдателя, была найдена ранее отсутствующая в психофизической теории обнаружения сигнала внутренняя переменная наблюдателя, позволяющая не только принимать решения, но и одновременно оценивать вероятность правильности получаемого прогноза. Тем самым будет доказана первая гипотеза.

После нахождения этой особой внутренней переменной, позволяющей оценивать качество восприятия субъектом внешней среды, нам удалось математически корректно ввести в психофизику понятие уверенности в принятом решении как показателя ожидаемой эффективности восприятия. Разработка логически непротиворечивой и психологически понятной модели делает актуальной задачу всесторонней экспериментальной проверки второй гипотезы о роли уверенности в процессе принятия решения. В случае подтверждения этой гипотезы субъективный контроль правильности принимаемого решения с помощью уверенности следует признать неотъемлемым атрибутом восприятия.

Таким образом, уже утвердившиеся в психологии подходы Брунера и теории обнаружения сигнала к восприятию как к принятию решения могут быть обобщены до принципа опережающего отражения Анохина. Это позволяет нам ставить вопрос о необходимости введения в концепцию опережающего отражения понятия уверенности как меры субъективной правильности восприятия.

3.2.2. Анализ экспериментальных задач

для изучения уверенности в сенсорном различении

Любое психическое явление в реальной жизни может варьироваться и проявляться совместно с другими явлениями в бесконечно большом числе ситуаций. Поэтому для выполнения научного исследования необходимо заключить изучаемое явление в определенные временные и пространственные рамки, чтобы отделить его от других параллельно протекающих явлений. Для этого, в свою очередь, нужно сформулировать конкретные экспериментальные задачи.

Как было ранее отмечено, суть явления должна «схватываться» базовой теорией уже на качественном уровне. Экспериментальная задача конструируется таким образом, чтобы эта суть наиболее четко проявлялась и наиболее просто и надежно фиксировалась в виде объективных данных. Для этого задача должна строиться на основе качественного словесно-смыслового (предмодельного) описания явления, содержащегося в базовой теории. Образно говоря, для натурального моделирования явления (в виде экспериментальной задачи) необходимо отобрать такие пространственно-временные условия, в которых изучаемое явление «живет и проявляет себя» наиболее отчетливо. Если явление изучается «само по себе», то влияние других связанных с ним явлений должно проявляться в задаче в наименьшей степени, а в идеале – полностью отсутствовать. Если же изучается вопрос, как то или иное явление проявляет себя совместно с другими явлениями, то они также должны быть определенным образом представлены в задаче. Особенность модели состоит в том, что она должна отражать конкретные условия экспериментальной задачи, ее специфику (т. е. пространственно-временные ограничения реального явления) более детально, чем общая базовая теория. По сути, это «персональный математический портрет» экспериментальной задачи, «нарисованный» теми средствами базовой теории, которые уже в ней существовали или были специально созданы в рамках ее парадигмы.

В рамках портретной аналогии, в задаче должно легко узнаваться изучаемое явление. Главное требование, которому должна удовлетворять математическая модель, таково: полученный в итоге «персональный математический портрет» должен правильно отражать экспериментальную задачу и быть «похож» на изучаемое явление. Поэтому после выбора базовой теории, на основе которой изучается явление, и формулировки экспериментальной задачи, на основе которой разрабатывается модель, необходимо проверить, насколько полно сформулированная экспериментальная задача и, соответственно, ее модель отражают суть исследуемого явления.

Итак, после выбора базовой парадигмы для изучения уверенности, но до начала разработки ее модели необходимо определиться с выбором экспериментальной задачи. Так как экспериментатор не имеет прямого доступа к сознанию испытуемого, то он должен оценивать уверенность испытуемого в принятом решении только на основании суждения самого испытуемого. Поэтому при анализе экспериментальных задач изучения уверенности прежде всего

возникает вопрос: каким образом испытуемый должен выражать свое переживание уверенности, чтобы экспериментатор мог точно и однозначно понять, насколько испытуемый уверен в правильности своего ответа в конкретной пробе?

В сложившейся практике исследований уверенности на сенсорном материале испытуемый обычно выполняет следующую экспериментальную задачу. После предъявления стимула он выносит свой ответ (какой из двух стимулов был ему предъявлен), а затем оценивает степень своей уверенности в ответе через суждение о субъективной вероятности его правильности (обзор см.: Скотникова, 2008). Например, при изучении соотношений между уверенностью, реальной правильностью и временем вынесения ответов в зрительном пространственном различении испытуемые после вынесения определенного ответа для оценивания своей уверенности использовали плавную вероятностную шкалу от 50% до 100% (Petrusic, Baranski, 2000).

Сразу отметим, что такая формулировка экспериментальной задачи является простейшей и позволяет изучать только уверенность *в правильности* решения, т. е. она предназначена для исследования уверенности «самой по себе», не включенной в какую-либо деятельность. Так как испытуемый не может отказаться или каким-либо другим способом уклониться от вынесения ответа, то эта экспериментальная задача реализует в психологии классический детерминистский подход к извлечению новых знаний из имеющихся данных. При этом вначале принимается сенсорная гипотеза, а затем по правилам вероятностной логики ей «вдогонку» вычисляется оценка ее достоверности. Очевидно, что подобная задача предназначена только для исследования поведения наблюдателя, действующего без учета рисков. Безусловная выдача ответа не позволяет проявлять осторожность и контролировать достоверность принимаемой гипотезы в процессе ее получения (Витяев, 2008). Следовательно, такой взгляд на восприятие в общем случае не соответствует представлениям о субъектно-ориентированной и целенаправленной природе поведения человека. Ведь при целенаправленном поведении допустимая степень риска в любой ситуации должна ограничиваться осторожностью, обеспечивающей реальную возможность достижения поставленной цели.

Кроме того, уверенность наблюдателя в принятом решении в данной задаче оценивается косвенным образом – через субъективную вероятность правильности ответа. При этом экспериментаторы

опираются на неявное предположение о том, что степень уверенности испытуемого в принятом решении связана монотонной положительной зависимостью с вероятностью правильности решения в данной пробе. Предположение это подтверждено экспериментальными измерениями (Baranski, Petrusic, 1994, 1999; Bjorkman et al., 1993; Juslin, Olsson, 1997; и др.), но в развернутой форме теоретически недостаточно обосновано.

Для того чтобы учесть деятельностную направленность восприятия человека, можно связать каждый ответ с определенным действием и его результатом, а для оценки полезности результатов правильных и ошибочных ответов ввести в инструкцию задачи премии и штрафы. В качестве цели деятельности можно поставить получение максимальной средней полезности ответа в каждом наблюдении. Но даже такая модификация задачи по-прежнему не вполне подходит для изучения восприятия реального человека в ситуации выбора поведения. Ведь обязательный выбор даже наиболее полезной из двух сенсорных альтернатив является *рискованной стратегией* поведения. Так как *отсутствует опережающий прогноз успешности* выбираемого действия, то безусловная реализация этого действия может привести к гибели живого организма. При этом оценка испытуемым степени уверенности в выбранном ответе по-прежнему осуществляется косвенным образом. Только, в отличие от предыдущей задачи, степень уверенности оценивается уже не через вероятность правильности, а через ожидаемую полезность вынесенного ответа.

Однако человеку в его обыденной жизни обычно не требуется осознавать и оценивать вероятность правильности или ожидаемую полезность выбранной гипотезы. Поэтому, когда его просят оценить уверенность через вероятностные характеристики, он обычно делает это с большими ошибками, что вносит дополнительные погрешности в экспериментальное измерение степени уверенности. Единственным достоинством такой косвенной оценки уверенности является «простота» ее интерпретации, так как испытуемые обычно хорошо понимают, что такое вероятность правильности или ожидаемая полезность гипотезы.

Таким образом, обе эти формулировки экспериментальных задач позволяют исследовать уверенность наблюдателя только в искусственных условиях рискованного поведения, которые создаются самим экспериментатором. При этом вопрос о том, насколько полученные результаты применимы к более естественному для челове-

ка осторожному поведению, учитывающему последствия ошибочных ответов, обычно даже не обсуждается. Двухальтернативный метод «да-нет», применяемый в этих задачах, заставляет испытуемого необоснованно рисковать даже в условиях больших штрафов, да ещё к тому же требует давать статистические оценки рискам, не контролируя их адекватность.

«Анализ литературы показывает, что развитых традиций, выраженного подхода, определенной школы изучения уверенности в российской науке не сложилось» (Скотникова, 2008, с. 181). В частности, в ней нет достаточного прагматического описания уверенности, – того, каким образом человек использует ее в своей практической жизни. В зарубежной науке общепринятой концепции, объясняющей ситуативную уверенность человека в принятом решении, в настоящее время также нет, хотя и имеются различные модели, опирающиеся основном на математические, а не психологические концепции уверенности. По нашему мнению, главной причиной такого положения дел является отмеченная ранее неопределенность роли уверенности в процессе принятия решения. В большинстве работ отсутствуют предмодельное описание экспериментальной задачи и обсуждение ее связи с изучаемым явлением.

В современной российской психологии «психофизическое измерение все более приобретает характер изучения сложного поведенческого акта» (Бардин, 1976, с. 66), что соответствует субъектно-деятельностному подходу. Таким типичным в реальной жизни поведенческим актом является восприятие стимулов в ситуации свободного и целенаправленного стремления к достижению поставленной цели в процессе деятельности.

Изучение уверенности наблюдателя в русле субъектно-деятельностного подхода требует формулировки задач, учитывающих индивидуальную специфику субъекта: многоуровневую иерархию организации действий, с помощью которых субъект реализует движение к своей цели, свободу выбора всех доступных действий и личную заинтересованность в достижении поставленной цели. Желательно было бы при этом так сформулировать экспериментальную задачу, чтобы испытуемый имел возможность адекватно оценивать степень своей уверенности в ситуации, в которой он смог принять решение и выбрать действие, ведущее к цели. Необходимо, чтобы сам испытуемый отделял те ситуации, в которых он смог принять решение, от тех, в которых не смог, потому что почувствовал, что не сможет

достичь цели. Ведь в реальной деятельности человека *уверенность* и *неуверенность* при принятии решения представляют собой две стороны одного и того же процесса – контроля *успешности* и *неуспешности* достижения цели.

Так как общее концептуальное наполнение понятия «уверенность субъекта» в настоящее время только обсуждается, но окончательно пока не сформулировано, то при разработке математической модели уверенности мы пошли обратным путем – «от частного к общему», или, как рекомендует А. А. Самарский, «от задачи к методу» (Самарский, Михайлов, 2005).

Наиболее просто, на наш взгляд, представить себе, что такое уверенность человека в принятом решении, можно на материале задачи сенсорного различения путем добавления к ответам «да» и «нет» третьего ответа «сомневаюсь». В этой новой формулировке задачи ответ «сомневаюсь» означает отказ от выбора обеих альтернатив действий в тех пробах, в которых ни одно из действий не ведет к поставленной цели. Деятельность активного субъекта-наблюдателя, согласно П. К. Анохину, подчиняется прежде всего достижению цели. Выбор сенсорной гипотезы служит лишь средством к этому. Если же в рамках задачи в некоторых пробах успешное движение к цели невозможно, то субъект, пытаясь не удаляться от нее, отказывается от бесполезных и даже вредных действий.

Однако, отказываясь от действий в рамках данной задачи, человек только внешне остаётся пассивным. Внутри него происходит переход к выбору действий в рамках задачи более высокого уровня, позволяющей продвигаться к поставленной цели. «В этом случае организация действий уже осуществляется на более высоком уровне, в котором более простые последовательности действий являются элементарными единицами действий и результатов» (Витяев, 2007б, с. 3). В лабораторном эксперименте при отказе от выбора действий испытуемый хотя и не продвигается вперед, все же не удаляется от цели.

Трех ответов («да», «нет», «сомневаюсь») экспериментатору вполне достаточно для того, чтобы понять, какую сенсорную гипотезу наблюдатель выбрал и уверен ли он в полезности принятого им решения. Возможность использовать при решении сенсорной задачи ответ «сомневаюсь» позволяет испытуемому в тех наблюдениях, в которых он не смог должным образом различить предъявляемые стимулы, сообщать экспериментатору о том, что он не верит в правильность своих наблюдений, так как не может в этих наблюдени-

ях обеспечить заданный минимальный уровень полезности своих решений. Если же испытуемый смог определить предъявленный стимул и в результате выбрал определенный ответ «да» или «нет», то он информирует экспериментатора о том, какой стимул он воспринял, и одновременно сообщает ему о своей уверенности в том, что он сможет получить уровень полезности, превышающий заданный минимальный уровень.

Предложенная формулировка задачи позволяет облегчить работу испытуемого, так как в наиболее простом ее варианте от него даже не требуется количественно оценивать полезности выбираемых сенсорных гипотез. В инструкции необходимо лишь указать, что ответ «сомневаюсь» следует понимать как неуверенность испытуемого в том, что он смог определить, какую именно сенсорную гипотезу следует использовать в данной пробе для достижения поставленной цели. Вполне естественно, что задача не требует от испытуемого количественно оценивать степень его сомнения. Ведь при появлении сомнений действия могут отсутствовать и тогда испытуемому невозможно получить практический результат и опытным путем научиться оценивать его полезность. Если же он чувствует уверенность в том, что ему удалось определить сенсорную гипотезу, которая способствует достижению поставленной цели, то он может, не оценивая степень своей уверенности, просто указать на эту гипотезу ответом «да» или «нет».

В вышеописанном наиболее простом варианте задачи не требуется задавать в инструкции конкретные значения премий за правильные ответы и штрафов за ошибочные, так как в обычной жизни у большинства людей эти значения так или иначе формируются и при выполнении психофизических задач извлекаются из памяти и используются неосознанно для качественной оценки уверенности с помощью двухальтернативных категорий «уверен» и «сомневаюсь». Очевидно, что данный вариант задачи особенно хорошо подходит для неопытных испытуемых.

Для более опытных или хорошо обучаемых испытуемых можно указать в инструкции конкретные значения премий за правильные ответы и штрафов за ошибочные, а после вынесения ответа «да» или «нет» можно попросить их оценить степень своей уверенности в ответе уже не качественно, а в более точном количественном виде с помощью трех и более категорий для прогнозируемой средней полезности ответа. Естественно, что для адекватности таких оценок требуется предварительное обучение испытуемых.

3.3. Разработка модели уверенности для задачи выбора наиболее правильной сенсорной гипотезы

3.3.1. Основные положения теории обнаружения сигнала, используемые для разработки модели уверенности

Разработку модели идеального наблюдателя мы начнем с описания конечного числа «разумно аргументированных» исходных положений о том, как модель «отражает» внешнюю и внутреннюю ситуацию наблюдателя, решающего сенсорную задачу. При этом «аргументация» означает обязательное наличие у исходных положений некоторого набора аргументов в их пользу, а «разумность» аргументации – тот факт, что на начальном этапе разработки модели набор этих обоснований у исследователя может быть не слишком большим.

Под внешней ситуацией понимается объективная информация о предъявляемых наблюдателю стимулах. Под внутренней ситуацией понимается субъективная информация, извлекаемая наблюдателем: а) из накопленного им ранее опыта восприятия стимулов; б) из поступающих к нему текущих сенсорных впечатлений, отражающих ощущения от наблюдаемых стимулов; в) из его представлений о поставленной в инструкции цели; г) из его представлений о связях между его ответами и достижением поставленной цели. Предполагается, что, выполняя сенсорную задачу, наблюдатель принимает решения о событиях внешней среды исходя только из своей внутренней ситуации, т. е. опираясь на имеющиеся у него представления о задаче и на свои сенсорные впечатления.

Объективность моделирования как научного метода исследования обеспечивается тем, что после принятия определенных теоретических положений, описывающих внешнюю и внутреннюю ситуацию наблюдателя, вся дальнейшая разработка модели осуществляется строго дедуктивным методом. Разработчик лишен возможности использовать какие-либо дополнительные предположения. Он должен показать, каким образом априорная информация о задаче и полученное сенсорное впечатление преобразуются в ответы наблюдателя. «Внутренний механизм» выбора поведения должен являться логическим следствием набора исходных положений. Под «наблюдателем» при этом фактически понимаются, с одной стороны, его внутренняя ситуация, а с другой – тот внутренний механизм, которым он располагает для получения ответов и контроля над их правильностью. Так как цели, поставленные в экспериментальной задаче перед испытуемым, и его возможные ответы за-

даны инструкцией, то при математическом моделировании и цели, и возможные ответы идеального наблюдателя известны. Внутренний же механизм выбора ответов должен быть найден в результате разработки модели.

Структура механизма выбора ответов получается в результате решения математической задачи, поэтому она является «прозрачной», лишена логических противоречий и полностью понятна. Однако для того, чтобы «увидеть», как реагирует психика наблюдателя на предъявление внешнего физического стимула, требуется дополнительная работа по психологическому осмыслению математических результатов, полученных с помощью теории обнаружения сигнала (Иган, 1983; Green, Swets, 1974; Macmillan, Creelman, 2005).

Важно убедиться, что сенсорные возможности и полученный психофизический механизм выбора ответов идеального наблюдателя не противоречат имеющимся в настоящее время знаниям о психофизиологических процессах мозга, а сами моделируемые ответы в целом хорошо имитируют ответы испытуемых. Только в этом случае можно полагать, что разработанная модель правильно воспроизводит и адекватно объясняет поведение человека, выполняющего задачу различения.

В психофизиологии под сенсорной системой понимают ту часть нервной системы, которая воспринимает внешнюю для мозга информацию, необходимую для ориентации во внешней среде и для оценки состояния самого организма. Сенсорные сигналы возникают в рецепторах и затем передаются в мозг через цепи нейронов и связывающих их нервных волокон сенсорной системы для анализа, в результате которого наличие стимула (ощущение раздражителя) может быть осознано. Понимание ощущения, т. е. способность обозначить его словами, называют восприятием. Но восприятие возникает не всегда – стимул может остаться неосознанным (подпороговым для ощущения). Следует признать, что нейрофизиологические механизмы и алгоритмы вышних этапов переработки сенсорной информации, приводящих к возникновению восприятия, из-за своей сложности пока мало изучены (Шевелев, 1998).

Однако психофизическое описание восприятия стимулов гораздо менее детально и поэтому является более простым по сравнению с нейрофизиологическим. В парадигме традиционной теории обнаружения сигнала оно основывается на двух предположениях.

Первое предположение опирается на данные психофизиологии и состоит в том, что *в результате предъявления физического сигнала*

ла на фоне шума во входной части соответствующей сенсорной системы наблюдателя формируется отклик – сенсорное впечатление X о величине предъявленной смеси сигнала и шума. Так как на выходе рецепторов сенсорной системы, даже в отсутствие внешнего шума, всегда присутствует собственный шум, то сенсорное впечатление является случайной величиной. Обычно предполагается, что X является непрерывной случайной величиной.

Второе предположение состоит в том, что набор значений сенсорного впечатления X не зависит от того, что именно предъявляется (сигнал ли с шумом или один шум): рецепторы сенсорной системы реагируют на любую энергию независимо от ее происхождения. Поэтому по величине сенсорного впечатления X отличить сигнал от шума невозможно.

Предъявление одного шума в теории обнаружения сигнала обозначают событием \mathbf{n} (noise – шум), а совместное предъявление сигнала и шума – событием \mathbf{sn} (signal+noise – сигнал+шум). Любое из них может вызвать в сенсорной системе наблюдателя только одно внутреннее событие – случайное сенсорное впечатление X из всех возможных значений принимает конкретное значение x . Однако вероятности выпадения значений x сенсорного впечатления X зависят от того, что было предъявлено. В случае предъявления сигнала вероятность попадания значения x сенсорного впечатления X в интервал $(x, x+dx)$ равна $f(x|\mathbf{sn}) dx$, где $f(x|\mathbf{sn})$ – плотность распределения вероятностей значений сенсорного впечатления X . В том случае, когда предъявляется только шум, сенсорное впечатление X описывается соответствующей плотностью распределения вероятностей $f(x|\mathbf{n})$, которая отличается от $f(x|\mathbf{sn})$. Благодаря этому различию между $f(x|\mathbf{n})$ и $f(x|\mathbf{sn})$, как мы далее увидим, можно, хотя и не безошибочно, отличить сигнал от шума.

Еще до появления в психофизике первых работ, использующих теорию обнаружения сигнала, Л. Терстон предположил, что предъявление одного и того же физического стимула также формирует у человека случайное сенсорное впечатление X , непрерывные значения x которого в разных пробах различны и нормально распределены на некоторой числовой оси (Терстон, 1974). Позднее было предложено предъявление одного из стимулов называть шумом (\mathbf{n}) и порождаемую им плотность распределения обозначать $f(x|\mathbf{n})$, а предъявление другого стимула называть сигналом (\mathbf{sn}) и порождаемую им плотность распределения обозначать $f(x|\mathbf{sn})$. В результате стало ясно, что математический аппарат теории обнаружения сиг-

нала можно использовать для моделирования различения не только сигнала и шума, но и более сложных объектов (Бардин, 1976). При этом плотности распределения вероятностей $f(x|\mathbf{n})$ и $f(x|\mathbf{sn})$, естественно, описывают реакции более сложных сенсорных систем наблюдателя, реагирующих уже не просто на шум или сигнал, а на более сложные параметры целостных объектов. В данной работе под сенсорным впечатлением X понимается впечатление о различии между физическими параметрами стандартного и сравниваемого с ним стимула.

Как уже отмечалось выше, в соответствии с традиционной концепцией научного исследования, в экспериментальных исследованиях уверенности обычно используется метод «да–нет», который требует, чтобы наблюдатель, принимая решение, выбирал однозначный ответ. Поведение наблюдателя при выполнении экспериментальной задачи различения стимулов в парадигме теории обнаружения сигнала также сводится к обязательному принятию одной из двух сенсорных гипотез о предъявленном стимуле. Первая гипотеза H_s формулируется так: «данное значение x случайного сенсорного впечатления вызвано сигналом». Альтернативная ей гипотеза H_n следующим образом: «данное значение x случайного сенсорного впечатления вызвано шумом». При принятии гипотезы H_s наблюдатель должен вынести ответ «да» и тем самым эксплицитировать свое решение. Обозначим это событием Y (yes – да). Если же наблюдатель принимает гипотезу H_n , то он должен вынести ответ «нет». Обозначим это событием N (no – нет).

Тот факт, что плотности распределения вероятностей $f(x|\mathbf{n})$ и $f(x|\mathbf{sn})$ перекрываются на всей оси значений сенсорного впечатления X и поэтому при принятии гипотез неизбежны ошибки, заставляет рациональных наблюдателей контролировать риски ошибок. В том случае, когда реальные риски обеих гипотез велики, человек обычно отказывается выносить определенный ответ. Поэтому, как выше уже говорилось, мы использовали метод «да–нет–сомневаюсь». При разработке для него модели сенсорного различения в парадигме теории обнаружения сигнала мы руководствовались следующими положениями. Если идеальный наблюдатель имеет достаточный объём свидетельств в пользу принятия одной из двух рассматриваемых гипотез, то естественно полагать, что он уверен в полезности принятого решения, т. е. находится в состоянии «уверенности при принятии решения». Если же идеальный наблюдатель не имеет достаточного объема свидетельств в пользу принятия

ни одной из гипотез H_s либо H_n , то их отклонение с помощью ответа «сомневаюсь» означает, что испытуемый не уверен в полезности вынесения ни одного из ответов «да» или «нет». Расширяя традиционную систему понятий теории обнаружения сигнала, мы предложили такой ответ обозначать событием **D** (doubt – сомнение).

Принятие и отклонение гипотез в модели идеального наблюдателя реализуется механизмом выбора ответа, работа которого зависит от требований задачи. Если требуется из двух альтернатив выбрать гипотезу, имеющую наибольшую вероятность правильности, то механизм выбора ответов должен напрямую или косвенно (через определенный показатель) оценивать вероятности правильности обеих рассматриваемых гипотез и затем отклонять менее вероятную. Если требуется выбрать гипотезу, наиболее полезную в среднем за большой период времени, и при этом отсутствуют какие-либо дополнительные ограничения на ее минимальную величину, то механизм выбора ответов, учитывая риски ошибочных и ценности правильных ответов, должен оценивать полезности обеих рассматриваемых гипотез и затем отклонять менее полезную альтернативу. Таким образом, механизм выбора ответов для первых двух задач соответствует традиционному методу «да–нет».

Если же требуется выбрать наиболее полезную гипотезу, полезность которой к тому же должна превышать заранее заданный (например, нулевой) уровень, то механизм выбора ответов помимо вероятностей правильности гипотез, рисков ошибочных и ценностей правильных ответов должен учитывать величину средней полезности. Сначала он должен отклонить менее полезную гипотезу, а затем принять оставшуюся, если ее полезность превышает заданный минимальный уровень. Если же полезность оставшейся гипотезы из-за рисков ошибок оказалась ниже заданного уровня, то она также должна быть отклонена. Для адекватного описания такого механизма выбора ответов необходимо использовать метод «да–нет–сомневаюсь».

Математический аппарат классической теории обнаружения сигнала описывает механизм принятия решения, отвечающий только на вопрос о том, какая из альтернативных гипотез лучше соответствует полученному в результате наблюдения единичному значению x случайного сенсорного впечатления X . Важный для практических применений дополнительный вопрос об уверенности в правильности принятой сенсорной гипотезы в психофизике хотя и обсуждается (Balakrishnan, Ratcliff, 1996; Ferrel, 1995; Pleskas,

2010), но в рамках классической теории обнаружения сигнала пока не имеет удовлетворительного решения. Формула, показывающая, как вычислять вероятность правильности принятой сенсорной гипотезы, в теории обнаружения сигнала имеется (см., например, формулы 1.8, 1.9, 1.11 в кн.: Иган, 1983), однако удовлетворительного общего определения (в виде однозначного математического выражения) для уверенности в правильности принятой гипотезы в данной теории пока нет. Для разработки же математической модели уверенности в единичном решении необходимо прежде найти и обосновать такое общее определение уверенности.

3.3.2. Апостериорная вероятность правильности альтернативных ответов при различении стимулов

Для разработки модели уверенности вначале воспроизведем вывод известной формулы Байеса для апостериорной вероятности сигнала.

У наблюдателя нет точной информации о том, какой стимул ему был предъявлен. Известна только априорная вероятность появления сигнала (стимула \mathbf{sn}), равная $P(\mathbf{sn})$, которая заведомо не может принимать граничных значений, равных 0 или 1. Априорная вероятность появления шума (альтернативного стимула \mathbf{n}) при этом равна $P(\mathbf{n})=1-P(\mathbf{sn})$. В ходе выполнения сенсорной задачи *отношение априорных вероятностей в пользу сигнала*:

$$\lambda = P(\mathbf{sn})/P(\mathbf{n}) \quad (1)$$

не меняется. Оно еще до наблюдения показывает, насколько сигнал появляется чаще, чем шум. Величина λ характеризует априорную информацию наблюдателя о стимулах внешней среды. Чем больше λ , тем больше вероятность появления сигнала и меньше вероятность появления шума. Зная величину λ , можно восстановить обе эти априорные вероятности:

$$P(\mathbf{sn}) = \lambda/(1+\lambda), P(\mathbf{n}) = 1/(1+\lambda). \quad (2)$$

Если $\lambda > 1$, то $P(\mathbf{sn}) > P(\mathbf{n})$ и наблюдатель еще до предъявления стимула имеет основания прогнозировать, что, скорее всего, будет сигнал, а не шум. Если же $\lambda < 1$, то $P(\mathbf{sn}) < P(\mathbf{n})$ и наблюдатель имеет основания ожидать, что, скорее всего, будет шум. Наиболее велика неопределенность внешней среды при $\lambda = 1$, т. е. когда априорные вероятности $P(\mathbf{sn})$ и $P(\mathbf{n})$ равны друг другу и никаких априорных свидетельств для выбора определенного ответа нет.

Величина *отношения правдоподобия в пользу сигнала*, равная отношению плотностей распределения вероятности $l(x) = f(x|\mathbf{sn})/f(x|\mathbf{n})$, характеризует сенсорную информацию, полученную во время наблюдения, которая в отличие от отношения априорных вероятностей λ при проведении серии испытаний меняется от пробы к пробе, так как зависит от значения сенсорного впечатления x . Она показывает, насколько чаще полученное значение x появляется при наличии сигнала, чем при его отсутствии. Если после наблюдения получено значение $l(x) > 1$, то $f(x|\mathbf{sn}) > f(x|\mathbf{n})$ и наблюдатель имеет основания прогнозировать, что, скорее всего, был предъявлен сигнал, а не шум. Если же $l(x) < 1$, то $f(x|\mathbf{sn}) < f(x|\mathbf{n})$ и наблюдатель имеет основания полагать, что, скорее всего, был предъявлен шум. Наименьшую информацию наблюдатель получает при таких значениях сенсорного впечатления, при которых $l(x) = 1$, т. е. частоты появления сигнала и шума одинаковы.

Вероятность правильности гипотезы H_s о том, что был предъявлен сигнал, в парадигме теории обнаружения сигнала рассматривается как апостериорная вероятность $P(\mathbf{sn}|x)$, т. е. как вероятность сложного события, что был предъявлен сигнал, при условии, что на выходе сенсорной системы было получено значение x сенсорного впечатления X . Соответствующая апостериорная вероятность предъявления шума, обозначаемая как $P(\mathbf{n}|x)$, вычисляется по формуле $P(\mathbf{n}|x) = 1 - P(\mathbf{sn}|x)$. Апостериорные вероятности этих событий по аналогии с выражениями (2) можно выразить через отношение априорных вероятностей λ и отношение правдоподобия $l(x)$, полученное в результате наблюдения.

Для получения данных выражений обозначим через $g(\mathbf{sn}, x)$ функцию плотности распределения вероятности совпадения двух событий: а) попадания полученного значения x случайного сенсорного впечатления X в элементарный интервал $(x, x + dx)$ и б) предъявления сигнала. Используя формулу для вероятности совпадения этих событий, получаем, что:

$$g(\mathbf{sn}, x) dx = P(\mathbf{sn}) f(x|\mathbf{sn}) dx = f(x) dx P(\mathbf{sn}|x). \quad (3)$$

Функция плотности распределения вероятности для значений сенсорного впечатления равна $f(x) = P(\mathbf{sn}) f(x|\mathbf{sn}) + P(\mathbf{n}) f(x|\mathbf{n}) = P(\mathbf{sn}) f(x|\mathbf{sn}) \{1 + [\lambda l(x)]^{-1}\}$. Отсюда получаем формулу Байеса для апостериорной вероятности предъявления сигнала и шума:

$$P(\mathbf{sn}|x) = P(\mathbf{sn}) f(x|\mathbf{sn})/f(x) = P(\mathbf{sn}) f(x|\mathbf{sn}) / \lambda l(x) / P(\mathbf{sn}) f(x|\mathbf{sn}) [1 + \lambda l(x)] = \lambda l(x) / [1 + \lambda l(x)] \quad (4)$$

$$P(\mathbf{n}|x) = 1 - P(\mathbf{sn}|x) = 1 / (1 + \lambda l(x)). \quad (5)$$

В дальнейшем нам понадобится использовать отношение полученных апостериорных вероятностей в пользу сигнала: $\psi = P(\mathbf{sn}|x) / P(\mathbf{n}|x)$. С учетом (4) и (5) получаем, что:

$$\psi = \lambda l(x). \quad (6)$$

Оказалось, что отношение апостериорных вероятностей ψ равно произведению отношения априорных вероятностей λ и отношения правдоподобия $l(x)$, зависящего от значения x случайного сенсорного впечатления. Заменяя в (4) и (5) произведение $\lambda l(x)$ на ψ , получаем, что апостериорные вероятности $P(\mathbf{sn}|x)$ и $P(\mathbf{n}|x)$ выражаются через те же функции, что и априорные вероятности (2). Только вместо отношения априорных вероятностей λ необходимо подставить отношения апостериорных вероятностей $\psi = \lambda l(x)$ (Иган, 1983):

$$P(\mathbf{sn}|x) = \psi / (1 + \psi), \quad P(\mathbf{n}|x) = 1 / (1 + \psi). \quad (7)$$

3.3.3. Введение в теорию обнаружения сигнала понятия «свидетельство в пользу сигнала»

Выражения (6) и (7), полученные в теории обнаружения сигнала (Иган, 1983), дают точное решение математической задачи, т.е. показывают, каким образом идеальный наблюдатель, зная априорные вероятности предъявления стимулов $P(\mathbf{sn})$ и $P(\mathbf{n})$, имея плотности распределения вероятностей $f(x|\mathbf{n})$ и $f(x|\mathbf{sn})$ значений сенсорного впечатления X от предъявляемых стимулов и получив в результате наблюдения конкретное значение x сенсорного впечатления X , мог бы вычислять вероятности правильности гипотез H_s и H_n . Для этого он должен был бы сначала вычислить отношение априорных вероятностей λ и отношение правдоподобия $l(x) = f(x|\mathbf{sn}) / f(x|\mathbf{n})$, затем по формуле (6) вычислить отношение апостериорных вероятностей $\psi = \lambda l(x)$. Далее по формулам (7) вычисляются $P(\mathbf{sn}|x)$ – вероятность правильности гипотезы H_s и $P(\mathbf{n}|x)$ – вероятность правильности гипотезы H_n .

Все возможные значения отношения апостериорных вероятностей ψ заполняют положительную полуось $(0, +\infty)$. При монотонном росте значений переменной ψ от 0 до $+\infty$ вероятность $P(\mathbf{n}|\psi)$ монотонно спадает от 1 до 0, а вероятность $P(\mathbf{sn}|\psi)$ монотонно растет от 0 до 1. Точка $\psi_{кр} = 1$ является критерием принятия решения, так как в ней графики вероятностей $P(\mathbf{sn}|\psi)$ и $P(\mathbf{n}|\psi)$ пересекаются на уровне 0,5.

Поскольку формулы (7) позволяют вычислять вероятности правильности каждой гипотезы, то, в принципе, они позволяют принимать решение о выборе наиболее правдоподобной гипотезы и одновременно контролировать эффективность решения. Однако при моделировании уверенности необходимо учитывать, что, согласно данным психофизиологии, вся психическая деятельность реализуется нейронами мозга. Поэтому принятие решений и контроль их правильности в условиях неопределенности должны реализовываться на базе универсальной нейросетевой схемы, которая оперирует не с априорными вероятностями стимулов и значениями сенсорного впечатления по отдельности, а с некоторой переменной, которая является их функцией. Модель уверенности прежде всего должна объяснить, как эта переменная формируется. Проанализируем полученный алгоритм принятия решения с целью нахождения такой схемы.

Очевидно, что, независимо от вида плотностей распределения $f(x|\mathbf{n})$ и $f(x|\mathbf{sn})$, положительная полуось ψ всегда разбивается только на два интервала: $(0, 1)$, где вероятность $P(\mathbf{sn}|x)$ меньше вероятности $P(\mathbf{n}|x)$, и $(1, +\infty)$, где, наоборот, вероятность $P(\mathbf{sn}|x)$ больше вероятности $P(\mathbf{n}|x)$.

Таким образом, если для принятия решения о выборе наиболее вероятной гипотезы использовать ось отношения апостериорных вероятностей ψ , то областью принятия гипотезы H_n является конечный интервал $(0, 1)$, а областью принятия гипотезы H_s – бесконечный интервал $(1, +\infty)$. Однако из условий сенсорной задачи ясно видно, что гипотезы H_s и H_n являются совершенно равноправными и такого различия между областями принятия гипотез быть не должно. Эту несимметричность гипотез можно устранить.

Если от отношений λ , $l(x)$ и ψ перейти к их натуральным логарифмам: $\Lambda = \ln(\lambda)$, $L(x) = \ln[l(x)]$ и $\Psi = \ln(\psi)$, то для вычисления апостериорных вероятностей вместо (6) и (7) получаем:

$$\Psi = \Lambda + L(x), \quad (8)$$

$$P(\mathbf{sn}|\Psi) = \exp(\Psi) / [\exp(\Psi) + 1] = [\exp(\Psi) + 1 + \exp(\Psi) - 1] / 2[\exp(\Psi) + 1] = 0,5 + 0,5 \operatorname{th}(\Psi/2), \quad (9)$$

$$P(\mathbf{n}|\Psi) = 1 - P(\mathbf{sn}|\Psi) = 0,5 - 0,5 \operatorname{th}(\Psi/2). \quad (10)$$

Зависимости $P(\mathbf{sn}|\Psi)$ и $P(\mathbf{n}|\Psi)$, вероятностей правильности гипотез H_s и H_n , от переменной Ψ , рассчитанные по формулам (9) и (10), показаны на рисунке 5. Видно, что вероятность $P(\mathbf{sn}|\Psi)$ с ростом Ψ

от $-\infty$ до $+\infty$ монотонно растёт от 0 до 1, а вероятность $P(\mathbf{n}|\Psi)$ также монотонно падает от 1 до 0. Очевидно, что переменная Ψ является рейтингом вероятностей правильности рассматриваемых гипотез H_s и H_n . В результате перехода от оси ψ к оси $\Psi = \ln(\psi)$ графики вероятностей правильности рассматриваемых гипотез H_s и H_n стали совершенно симметричными относительно вертикальной прямой, проходящей через начало координат $\Psi=0$. При этом на оси Ψ областью принятия гипотезы H_n является полубесконечный интервал $(-\infty, 0)$, а областью принятия гипотезы H_s – полубесконечный интервал $(0, +\infty)$.

Формулы (9) и (10) для зависимостей вероятности правильности гипотез H_s и H_n от переменной Ψ , выраженные в явном виде через сигмоидальную функцию гиперболического тангенса, были получены недавно (Шендяпин, Барабанщиков, 2008). Эти формулы дают точный метод вычисления, но для приближенного вычисления значений вероятностей правильности гипотез H_s и H_n , в принципе, можно использовать нейроны, имеющие близкую к гиперболическому тангенсу сигмоидальную зависимость вероятности генерации спайка от величины мембранного потенциала (Bullock, 1965; Eccles, 1945). Для этого на входы таких нейронов надо просто подать потенциал, равный $\Psi/2$.

Соотношения (8), (9) и (10) показывают, что психофизическая модель идеального наблюдателя не воспроизводит конкретные психофизиологические детали формирования сенсорного впечатления нейронами из сигналов, поступающих с выходов рецепторов органов чувств. Она начинает свою работу с поступления на ее вход уже сформированного значения x сенсорного впечатления X от воспринимаемого параметра альтернативных стимулов. При этом берется наиболее простое описание сенсорного впечатления в виде случайной величины X с заданными плотностями распределения вероятностей для шума и сигнала $f(x|\mathbf{n})$ и $f(x|\mathbf{sn})$. Все остальные факторы, влияющие на восприятие (например, априорные вероятности появления стимулов, а также субъективные оценки ценности для наблюдателя правильных и ошибочных ответов, которые далее будут учтены в нашей модели), учитываются ещё проще – в виде констант.

Однако в отличие от других психофизических моделей восприятия, использующих понятия теории обнаружения сигнала, наша модель лучше согласуется с нейронными механизмами реализации психики. Формулы вычисления вероятностей (9) и (10) являются хорошей основой для поиска более близкой к реальности пси-

хофизиологической схемы организации восприятия, основанной на нейронах.

Никаких ограничений на вид математической зависимости плотностей распределения вероятностей $f(x|\mathbf{n})$ и $f(x|\mathbf{sn})$ от значения x сенсорного впечатления теория обнаружения сигнала не вводит. Так как эти плотности могут задаваться совершенно произвольно, то в рамках данной теории можно воспроизвести принятие решения для восприятия любой модальности и любого уровня накопленного опыта наблюдателя. Однако в известных нам руководствах по теории обнаружения сигнала (Иган, 1983; Green, Swets, 1974; Macmillan, Creelman, 2005) до сих пор отсутствует ответ на принципиально важный для психофизики вопрос: каким образом наблюдатель получает необходимую ему для принятия решения информацию о плотностях распределения вероятностей $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$?

Наш ответ на этот вопрос опирается на нейронную психофизиологию и состоит в следующем. Все значения сенсорного впечатления X могут быть разбиты на упорядоченное множество достаточно малых интервалов x_i шириной Δx_i . В процессе обучения нейроны наблюдателя для каждого интервала значений сенсорного впечатления запоминают два числа: $f(x_i|\mathbf{sn})$ – число попаданий значения сенсорного впечатления от сигнала в интервал x_i , деленное на общее число предъявлений сигнала, и $f(x_i|\mathbf{n})$ – соответствующее число попаданий значения сенсорного впечатления от шума, деленное на общее число предъявлений шума. Если для упрощения теоретического описания устремить ширину всех интервалов Δx_i к нулю, то дискретное представление значений сенсорного впечатления X в виде интервалов x_i может быть заменено непрерывным.

В итоге можно констатировать, что, с точки зрения психофизики, необходимый для моделирования принятия решения механизм вычисления вероятностей, полученный в парадигме теории обнаружения сигнала, является универсальным и не зависит от модальности сенсорной системы. Очевидно также, что в процессе восприятия механизм принятия решения играет более существенную роль, чем точное знание плотности распределения сенсорного впечатления на входе модели. Наиболее ясно суть такой трактовки восприятия изложил Дж. Брунер: «Во-первых, восприятие есть процесс принятия решения. Независимо от характера стоящей задачи наблюдатель или его нервная система решает, что воспринимаемая вещь есть то, а не другое. <...> Во-вторых, этот процесс принятия решения... основан на использовании отличительных признаков:

свойства стимулов дают возможность отнести их к соответствующим категориям» (Брунер, 1975, с. 140–141).

Таким образом, модель идеального наблюдателя, основанная на теории обнаружения сигнала, анализирует возможности именно механизма принятия решения, который, согласно концепции Брунера, определяет основную суть процесса восприятия. При этом, несмотря на свою простоту, модель идеального наблюдателя все же может считаться моделью восприятия.

В принципе, и все известные до наблюдения данные задачи (вероятности $P(\mathbf{sn})$ и $P(\mathbf{n})$, плотности распределения вероятностей $f(x|\mathbf{n})$ и $f(x|\mathbf{sn})$), и появившееся после наблюдения значение x сенсорного впечатления X – влияют на решение идеального наблюдателя. Но, согласно преобразованию (8), все эти данные интегрируются в единую математическую переменную Ψ , которая имеет ясный психологический смысл.

Теоретическая ценность этой переменной состоит в том, что, согласно формулам (9) и (10), она является рейтингом вероятностей правильности рассматриваемых в парадигме теории обнаружения сигнала гипотез H_s и H_n . До настоящего времени такой переменной в теории обнаружения сигнала не было, что не позволяло ввести в модель принятия решения адекватную количественную оценку уверенности в правильности решения, связанную монотонной зависимостью с вероятностями правильности гипотез.

Тот факт, что с ростом переменной Ψ монотонно растет вероятность правильности гипотезы H_s , позволяет рассматривать ее как *свидетельство правильности гипотезы H_s* , или *свидетельство в пользу сигнала*. Положительное значение Ψ свидетельствует в пользу выбора гипотезы H_s , а отрицательное – в пользу выбора гипотезы H_n . Причем чем дальше значение Ψ отклоняется от нуля, тем больше вероятность правильности соответствующей гипотезы. Введение в парадигму теории обнаружения сигнала понятия свидетельства Ψ придает четкий теоретический смысл эвристическому понятию свидетельства, ранее введенному в моделях случайных блужданий (Heath, 1984; Link, Heath, 1975; Ratcliff, Smith, 2004) и в аккумуляторной модели (Vickers et al., 1998, 2000, 2003). Это позволяет включить в парадигму теории обнаружения сигнала данные модели принятия решения и оценки уверенности.

Зависимость вероятности правильности гипотезы H_s от свидетельства Ψ очень похожа на зависимость частоты срабатывания типичного нейрона от напряжения на его мембране. Для вычисления

этой вероятности в принципе достаточно одного нейрона, на мембрану которого подается потенциал, кодирующий значение свидетельства. Таким образом, переход от сенсорного впечатления X к свидетельству Ψ позволяет не только объяснить механизм принятия гипотез H_s и H_n , но и доказывает, что вероятность правильности выбранной гипотезы можно контролировать с помощью наиболее доступных для человека «вычислительных средств» – нейронов мозга.

Решающее правило для выбора наиболее правильного ответа с помощью свидетельства имеет очень простой вид: при $\Psi > 0$ выносится ответ «да» (событие Y), так как при этих значениях свидетельства более вероятна гипотеза H_s . Вероятность правильности ответа «да» $P(Y|\Psi)$ вычисляется по формуле (9). При $\Psi < 0$ выносится ответ «нет» (событие N), так как при этих значениях свидетельства более вероятной является гипотеза H_n . Вероятность правильности ответа «нет» $P(N|\Psi)$ вычисляется по формуле (10). Точка $\Psi_{кр} = 0$ на оси свидетельств является критерием принятия решения при выборе наиболее вероятной гипотезы. При попадании свидетельства в точку $\Psi_{кр}$ вероятности правильности обоих ответов принимают минимальное значение $P(Y|\Psi) = P(N|\Psi) = 0,5$. Выбор однозначного ответа в такой ситуации становится невозможным – подходят оба ответа.

Так как Ψ аккумулирует в себе всю информацию о предъявленном стимуле, то она имеет для наблюдателя важный практический смысл. Знание значения этой переменной позволяет наблюдателю, не вычисляя вероятности в процессе принятия решения, сразу «увидеть», какое решение ему следует принять. Однако при необходимости он по формулам (9) и (10) может также оценить и вероятность правильности найденного решения.

Рассмотрим свойства введенного нами в модель идеального наблюдателя свидетельства $\Psi = \Lambda + L(x)$ – суммы логарифма отношения априорных вероятностей и логарифма отношения правдоподобия. Оно является суммой двух независимых переменных Λ и $L(x)$, каждая из которых по отдельности, согласно формулам (2) и (7), имеет определенный смысл. Например, при условии, что после наблюдения переменная $L(x)$ равна 0, положительное значение переменной Λ свидетельствует о том, что как до наблюдения, так и после него более вероятным является предъявление сигнала, а более правильным (т. е. имеющим большую, чем 0,5, вероятность правильности) – ответ «да». Отрицательный же знак Λ при $L(x) = 0$ свидетельствует о том, что априори более вероятным является предъявление шума,

а более правильным – ответ «нет». Это дает нам основания рассматривать переменную Λ как *априорную частотную составляющую свидетельства в пользу сигнала*.

Если же частотная составляющая свидетельства $\Lambda=0$, то положительное значение переменной $L(x)$ означает, что более вероятным является предъявление сигнала, а более правильным (т. е. имеющим большую вероятность правильности) – ответ «да». Отрицательное значение переменной $L(x)$ при нулевой частотной составляющей свидетельства означает, что более вероятным является предъявление шума, а более правильным – ответ «нет». Это дает основания считать переменную $L(x)$ *апостериорной сенсорной составляющей свидетельства в пользу сигнала*.

Складывая величины частотной Λ и сенсорной $L(x)$ составляющих свидетельства в пользу сигнала, можно получить полное свидетельство Ψ , по нему принять решение, а затем вычислить вероятности правильности обеих гипотез, как в том случае, когда Λ и $L(x)$ имеют одинаковые знаки, т. е. свидетельствуют в пользу одной и той же гипотезы, так и тогда, когда эти свидетельства конфликтуют, так как их знаки не совпадают.

Если в какой-то пробе сенсорное впечатление X получило значение x_1 такое, что выполняется равенство $\Psi_1=\Lambda$, то в данной пробе сенсорное свидетельство равно нулю, т. е. $L(x_1)=0$, а отношение правдоподобия $l(x_1)=1$. Подставляя $l(x_1)=1$ в выражения (4) и (5), получаем $P(\text{sn}|\Psi_1)=P(\text{sn})$ и $P(\text{n}|\Psi_1)=P(\text{n})$, т. е., несмотря на наблю-

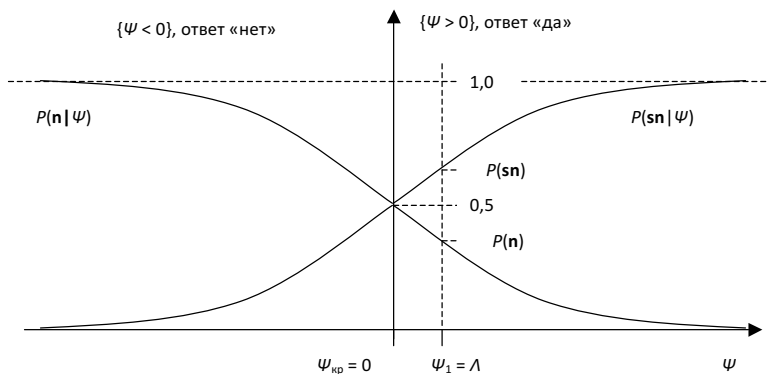


Рис. 5. Графики зависимостей $P(\text{sn}|\Psi)$ и $P(\text{n}|\Psi)$ – вероятностей правильности альтернативных гипотез H_s (был сигнал) и H_n (был шум) – от свидетельства в пользу сигнала Ψ .

дение, при равенстве сенсорного свидетельства нулю вероятности правильности гипотез H_s и H_n не изменяются и остаются равными априорным вероятностям этих гипотез.

3.3.4. Определение уверенности в наибольшей правильности принятой сенсорной гипотезы

Так как мы рассматриваем уверенность как субъективный показатель обоснованности принятого решения, т. е. степени соответствия решения требованиям задачи (см. п. 3.2.1), то чем больше вероятность правильности выбранной гипотезы превышает минимальное значение $P_{\min} = 0,5$, тем субъективно более правильным является для идеального наблюдателя выбранный ответ. В соответствии с решающим правилом и формулами (9) и (10), вероятности правильности ответов тем выше, чем дальше величина свидетельства Ψ отстоит от критерия $\Psi_{\text{кр}} = 0$, при котором эти вероятности становятся равными 0,5 (см. рисунок 5).

Это дает нам основание определить субъективную уверенность в правильности выбранной гипотезы как расстояние от полученного в данном наблюдении информационного свидетельства Ψ до критерия $\Psi_{\text{кр}} = 0$. При этом *уверенность в наибольшей правильности ответа «да»* равна величине

$$C_{\text{cor}}(\mathbf{Y}|\Psi) = \Psi - \Psi_{\text{кр}} = \Psi, \quad (11)$$

которая всегда положительна, если вынесен ответ «да». Аналогично, *уверенность в наибольшей правильности ответа «нет»* может быть определена как величина

$$C_{\text{cor}}(\mathbf{N}|\Psi) = \Psi - \Psi_{\text{кр}} = \Psi, \quad (12)$$

которая всегда отрицательна при вынесении ответа «нет». Очевидно, что вместо свидетельства Ψ и двух разных переменных $C_{\text{cor}}(\mathbf{Y}|\Psi)$ и $C_{\text{cor}}(\mathbf{N}|\Psi)$ наблюдателю легче использовать всего одну переменную – *уверенность в правильности принятого решения* $C_{\text{cor}}(\Psi) = \Psi$.

Решающее правило для выбора наиболее правильного ответа с помощью уверенности $C_{\text{cor}}(\Psi) = \Psi$ имеет очень простой вид: при $C_{\text{cor}}(\Psi) > 0$ выносится ответ «да» (событие \mathbf{Y}), а при $C_{\text{cor}}(\Psi) < 0$ выносится ответ «нет» (событие \mathbf{N}).

Согласно введенному определению, уверенность в правильности ответов $C_{\text{cor}}(\Psi)$ совпала с величиной свидетельства в пользу сигнала Ψ , равного сумме частотной и сенсорной составляющих. Это соот-

ветствует определениям уверенности в моделях с последовательными выборками: случайных блужданий (Heath, 1984; Link, 2003; Link, Heath, 1975; Ratcliff, Smith, 2004), аккумуляторной (Vickers et al., 1998, 2000) и двойного шкалирования (Baranski, Petrusic, 1998). Трактовка величины уверенности как расстояния от полученного при наблюдении значения Ψ до критерия $\Psi_{кр}$ соответствуют пониманию уверенности как расстоянию между критерием и текущим сенсорным эффектом, которое было развито в предыдущих моделях уверенности, основанных на теории обнаружения сигнала (Balakrishnan, Ratcliff, 1996; Bjorkman et al., 1993).

В процессе разработки модели для экспериментальной задачи выбора наиболее правдоподобной сенсорной гипотезы по методу «да-нет» были получены следующие результаты. Благодаря выводу новых формул (8), (9) и (10) в парадигму теории обнаружения сигнала были математически корректно введены понятия о свидетельстве в пользу сигнала Ψ и его составляющих: априорном частотном Λ и апостериорном сенсорном $L(x)$. Была установлена тесная связь между сенсорным впечатлением, свидетельством и уверенностью. При введенном определении уверенности вероятность правильности ответа в единичном наблюдении и уверенность связаны положительной монотонной зависимостью, что соответствует психофизическим результатам, полученным при измерении реализма (калибровки) уверенности (Baranski, Petrusic, 1994, 1999; Bjorkman et al., 1993; Juslin, Olsson, 1997; Stankov, 1998; и др.).

Введение нового понятия свидетельства в парадигму теории обнаружения сигнала позволило выделить *основные моменты процесса решения сенсорной задачи*:

- 1) наличие у наблюдателя априорной информации в виде частотной составляющей свидетельства о стимуле до наблюдения;
- 2) наблюдение стимула;
- 3) получение в результате наблюдения конкретного значения сенсорного впечатления о стимуле;
- 4) преобразование полученного значения сенсорного впечатления о стимуле в сенсорную составляющую свидетельства в пользу сигнала;
- 5) суммирование частотной и сенсорной составляющих в свидетельство в пользу сигнала;
- 6) преобразование свидетельства в пользу сигнала в уверенность в наибольшей правильности принимаемого решения;
- 7) принятие решения.

3.3.5. Связь модели идеального наблюдателя для задачи выбора наиболее правильной сенсорной гипотезы с поведением реального человека, выполняющего аналогичную задачу

Выделим основное психологическое содержание разработанной модели, применимое, как мы ожидаем, к хорошо обученным и рационально действующим реальным наблюдателям, выполняющим задачу выбора наиболее правильной сенсорной гипотезы.

При выполнении задачи различения стимулов по методу «да-нет» испытуемый выносит ответ и затем оценивает степень своей уверенности в нем через вероятность его правильности. Разработанная для этой задачи математическая модель основана на гипотезе о том, что после предъявления пары стимулов в мозгу человека возникает неосознаваемая внутренняя переменная – сенсорное впечатление о различии между ними. Приняв эту гипотезу как правильную, модель далее строго логически объясняет и показывает, как выполнял бы эту задачу идеальный наблюдатель, обладающий всеми необходимыми математическими знаниями. Реальный испытуемый, конечно, может и не знать математики, но если исходные положения (о реальности сенсорного впечатления о различии), заложенные в модель, верны, то при выполнении задачи рациональный испытуемый в той или иной мере на опыте обнаруживает и рано или поздно начинает использовать закономерности, правильность которых была доказана с помощью модели. Модель при этом объясняет, почему рациональный испытуемый, вынося ответ и оценивая вероятность его правильности, может доверять своему восприятию.

Модель ввела в парадигму теории обнаружения сигналов новое понятие – свидетельство о стимуле в пользу сигнала $\Psi = \Lambda + L(x)$. Согласно модели, это свидетельство интегрирует в себе априорную информацию о вероятностях предъявления сигнала и шума $P(\mathbf{sn})$ и $P(\mathbf{n})$ (в виде частотной составляющей свидетельства Λ), информацию о ранее полученных опытным путем законах распределения $f(x|\mathbf{n})$ и $f(x|\mathbf{sn})$ значений сенсорного впечатления X и о полученном в данной пробе конкретном значении сенсорного впечатления о стимуле x в виде сенсорной составляющей свидетельства $L(x)$. Тем самым модель объясняет, как у наблюдателя происходит интеграция ранее накопленной информации с информацией, появляющейся непосредственно в процессе наблюдения, в единую психологическую переменную, необходимую для принятия решения и оценки вероятности его правильности.

После наблюдения испытуемый (точнее, его сенсорная система, воспринимающая различие между стимулами) преобразует полученное значение x сенсорного впечатления в значение свидетельства о стимуле в пользу сигнала Ψ . Затем он сравнивает полученное значение свидетельства Ψ с критерием $\Psi_{кр} = 0$. Величина критерия принятия решения зависит от цели наблюдателя при выполнении задачи. Хотя модель и вычисляет точное значение критерия, вопрос о том, как он формируется в реальной сенсорной системе, остается пока открытым. На наш взгляд, это происходит, скорее всего, опытным путем.

Если $\Psi > 0$, то наблюдатель выносит ответ «да» (событие Y) и одновременно получает оценку уверенности в нем $C_{cor}(Y|\Psi) = \Psi$, а если $\Psi < 0$, то он выносит ответ «нет» (событие N) и получает оценку уверенности $C_{cor}(N|\Psi) = \Psi$. Очевидно, что вместо свидетельства Ψ и двух разных переменных $C_{cor}(Y|\Psi)$ и $C_{cor}(N|\Psi)$ наблюдателю легче использовать всего одну переменную – уверенность в правильности принятого решения $C_{cor}(\Psi) = \Psi$ – как для принятия решения, так и для описания уверенности в правильности вынесенного ответа.

Правило принятия решения на основе оценки уверенности в правильности выглядит наиболее просто: если уверенность в правильности решения $C_{cor}(\Psi) > 0$, то выносится ответ «да», а если $C_{cor}(\Psi) < 0$, то выносится ответ «нет». Данная формулировка решающего правила математически эквивалентна решающему правилу на основе свидетельства (см. п. 2.1.3), но уверенность, как мы полагаем, непосредственно осознается психикой испытуемого, а свидетельство – лишь неосознаваемая внутренняя переменная сенсорной системы. Поэтому человек скорее всего совершает выбор, опираясь на свое переживание уверенности. Разработанная модель объясняет, каким образом наблюдатель может с помощью уверенности контролировать правильность своих решений. Видно, что в обоих случаях, используя свидетельство в пользу сигнала либо уверенность, наблюдатель, принимая решение, уже имеет оценку уверенности в его правильности.

Так как испытуемый не может выразить свою субъективную уверенность в правильности $C_{cor}(\Psi)$ решения сенсорной задачи непосредственно в каких-либо единицах уверенности, то в соответствии с инструкцией, данной ему в задаче, он оценивает свою уверенность косвенно, с помощью оценки вероятности правильности принятого решения, которая, согласно исходному предположению модели идеального наблюдателя, однозначно связана с уверенностью моно-

тонной зависимостью. При этом точность оценки вероятности в отсутствии тренировки может быть довольно низкой.

Экспериментатору, в отличие от испытуемого, известна только априорная частотная составляющая свидетельства L . Значения сенсорной составляющей свидетельства $L(x)$, уверенности в правильности $C_{\text{кор}}(\Psi)$ и вероятности правильности ответа ему недоступны, но в отличие от испытуемого он всегда знает, правильным или ошибочным был ответ. Адекватность оценок вероятности правильности ответов испытуемого по каждой используемой категории экспериментатор может проверить, накопив статистику его правильных ответов.

В литературе обсуждается вопрос о том, когда появляется уверенность в принятом решении – во время решения (decisional confidence) или после его принятия (post decisional confidence) (Baranski, Petrusic, 1998; Petrusic, Baranski, 2000; Скотникова, 2008).

Как следует из разработанной модели, наблюдатель оценивает уверенность уже в процессе принятия решения и само решение принимает на основе осознаваемой уверенности в его правильности. При этом формально введенную в модель уверенность в правильности $C_{\text{кор}}(\Psi)$ можно рассматривать как математический образ первичной «уверенности во время решения» (в терминологии Барански и Петрусика). Оценка правильности принятого решения в виде вероятностей $P(Y|\Psi)$ и $P(N|\Psi)$ является образом вторичной «уверенности после решения». Мы понимаем «уверенность во время решения» как осознаваемую величину, на основе которой принимается решение, а «уверенность после решения» как осознаваемый прогноз вероятности правильности этого решения (Скотникова, 2008). Оба эти вида уверенности могут присутствовать в одном и том же наблюдении. При этом из модели следует, что первичная уверенность во время решения есть всегда, а вторичная оценка уверенности в виде вероятности правильности вынесенного решения – только тогда, когда субъекта спросят об этом (в отличие от мнения Барански и Петрусика о том, что уверенность во время решения появляется при специальных экспериментальных условиях).

Поэтому существование «уверенности после решения», на наш взгляд, связано с инструкцией наблюдателю, требующей от него оценивать уверенность в виде вероятности правильности после вынесения ответа. Истинное же назначение уверенности состоит в том, чтобы контролировать правильность решения в процессе его получения.

3.4. Распространение модели уверенности на задачу выбора наиболее полезного действия

3.4.1. Ожидаемая полезность сравниваемых альтернатив действия

Рассмотрим теперь новую экспериментальную задачу для исследования поведения наблюдателя, принимающего решения в условиях неопределенности. Внешне эта задача похожа на предыдущую экспериментальную задачу различения стимулов, в которой испытуемый должен был сначала с помощью ответа «да» (событие Y) принять гипотезу H_s или с помощью ответа «нет» (событие N) принять гипотезу H_n , а затем оценить понятным для экспериментатора способом свою уверенность в выбранном ответе. Отметим, что задача по-прежнему предназначена для исследования поведения несвободного наблюдателя, так как выбор его ответа ограничен двумя альтернативами и отказаться от выбора он не может.

Однако в этой новой задаче *цель* наблюдателя состоит не в том, чтобы из двух возможных ответов выбрать наиболее правильный. Каждый ответ, согласно инструкции, обозначает определенную сенсорную ситуацию и вызывает однозначно связанное с ним действие, а действие приводит к определенному результату. Если ответ правильно описал ситуацию (восприятие было адекватным), то действие является адекватным ситуации, и поэтому оно приводит к положительному результату. Если же ответ был неправильный, то действие неадекватно ситуации, и поэтому оно приводит к отрицательному результату.

Целью наблюдателя теперь является выбор ответа, который максимизирует *ожидаемую полезность* V результата действия, зависящую от правильности или ошибочности выбранного ответа. В теории обнаружения сигналов модель выбора наиболее полезного действия заинтересованного наблюдателя уже разработана. Однако принятие решения в ней основано не на свидетельстве, а на сенсорном впечатлении. Модель же уверенности в наибольшей полезности выбранного действия, как и модель уверенности в наибольшей правильности выбранной гипотезы, в парадигме теории обнаружения сигналов до сих пор отсутствовала.

В теории обнаружения сигналов предполагается, что если выбранная гипотеза была правильной, то после выполнения связанного с ней действия полезность V полученного результата описывается положительным числом, равным ценности правильного ответа, а если

выбранная гипотеза была ошибочной, то полезность V полученного результата описывается отрицательным числом, равным риску ошибочного ответа. В эксперименте испытуемый за правильный ответ «получает премию», а за ошибочный «платит штраф».

Так как гипотез у наблюдателя имеется только две и каждая из них может быть как правильной, так и ошибочной, то переменная «полезность действия» V в каждой пробе может принимать 4 дискретных значения – два положительных и два отрицательных. В традиционной парадигме теории обнаружения сигналов предполагается, что эти дискретные значения заданы и не меняются в течение всего эксперимента.

Видно, что, хотя в этой задаче и используется традиционный метод «да–нет», оценка степени уверенности заинтересованного наблюдателя в принятом решении уже не может основываться только на вероятности правильности, так как на принятие решения влияют также значения ценностей и рисков ответов. Для того чтобы ответить на вопрос, как же испытуемый оценивает свою уверенность в принятом решении, необходимо разработать и проанализировать модель идеального наблюдателя для рассматриваемой задачи.

После получения определенного значения x сенсорного впечатления X и вычисления свидетельства в пользу сигнала Ψ , учитывающего также и априорные вероятности стимулов $P(\mathbf{sn})$ и $P(\mathbf{n})$, идеальный наблюдатель в данной пробе должен оценить ожидаемую полезность результата для каждого действия. Найдем формулы, по которым он может вычислить эту полезность.

За принятие правильной гипотезы H_s наблюдатель получает положительное значение $v_{\mathbf{sn}, \Psi} > 0$ полезности V результата действия, равное ценности правильного ответа «да». Для получения $v_{\mathbf{sn}, \Psi}$ необходима реализация сложного события $(\mathbf{sn}, Y|\Psi)$ (т. е. при полученном значении свидетельства Ψ был предъявлен сигнал и затем был выдан ответ «да»), которое появляется с вероятностью $P(\mathbf{sn}, Y|\Psi)$.

Так как наблюдатель не знает, какой стимул был на самом деле предъявлен, то предъявление стимула и выбор гипотезы вместе с соответствующим действием (ответом «да» или «нет») являются независимыми событиями. Следовательно, решающее правило, реализующее выбор ответа, зависит только от значения переменной Ψ и требований сенсорной задачи, которым должен удовлетворять ответ.

В соответствии с теоремой для вероятности совпадения двух независимых событий, вероятность совпадения предъявления сигнала

ла и выбора ответа «да» при данном значении переменной Ψ равна $P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y}|\Psi) = P(\mathbf{sn}|\Psi) P(\mathbf{Y}|\Psi)$, где $P(\mathbf{Y}|\Psi)$ – условная вероятность ответа «да» при данном значении Ψ . В силу детерминированности решающего правила условная вероятность $P(\mathbf{Y}|\Psi)$ принимает на всей оси Ψ только два возможных значения: 0 и 1. Фактически $P(\mathbf{Y}|\Psi)$ играет роль функции принадлежности данного значения переменной Ψ к области вынесения ответов «да». Границы этой области определяются решающим правилом для выбора ответов.

За принятие ошибочной гипотезы H_s (событие $(\mathbf{n}, \mathbf{Y}|\Psi)$, которое реализуется с вероятностью $P(\mathbf{n}, \mathbf{Y}|\Psi)$, идеальный наблюдатель получает с вероятностью $P(\mathbf{n}, \mathbf{Y}|\Psi) = P(\mathbf{n}|\Psi) P(\mathbf{Y}|\Psi)$ отрицательное значение полезности $v_{\mathbf{n}, \mathbf{Y}} < 0$, равное риску ошибочного ответа «да».

Аналогично, за принятие правильной гипотезы H_n (событие $(\mathbf{n}, \mathbf{N}|\Psi)$, которое реализуется с вероятностью $P(\mathbf{n}, \mathbf{N}|\Psi)$) он получает с вероятностью $P(\mathbf{n}, \mathbf{N}|\Psi) = P(\mathbf{n}|\Psi) P(\mathbf{N}|\Psi)$ положительное значение $v_{\mathbf{n}, \mathbf{N}} > 0$ полезности действия, равное ценности правильного ответа «нет», а за принятие ошибочной гипотезы H_n (событие $(\mathbf{sn}, \mathbf{N}|\Psi)$, которое реализуется с вероятностью $P(\mathbf{sn}, \mathbf{N}|\Psi)$) он получает с вероятностью $P(\mathbf{sn}, \mathbf{N}|\Psi) = P(\mathbf{sn}|\Psi) P(\mathbf{N}|\Psi)$ отрицательное значение $v_{\mathbf{sn}, \mathbf{N}} < 0$ полезности действия, равное риску ошибочного ответа «нет». Здесь $P(\mathbf{N}|\Psi)$ – условная вероятность выбора ответа «нет» при данном значении Ψ , выполняющая при детерминированном решающем правиле роль функции принадлежности Ψ к области вынесения ответов «нет».

Таким образом, полезность V результата выбранного действия можно рассматривать как дискретную случайную величину. Значения полезности $(v_{\mathbf{sn}, \mathbf{Y}}, v_{\mathbf{n}, \mathbf{Y}}, v_{\mathbf{n}, \mathbf{N}}, v_{\mathbf{sn}, \mathbf{N}})$ в модели задаются константами, которые так же, как и априорные вероятности $P(\mathbf{n})$ и $P(\mathbf{sn})$, считаются известными наблюдателю. Соответствующие вероятности $[P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y}|\Psi), P(\mathbf{n}, \mathbf{Y}|\Psi), P(\mathbf{n}, \mathbf{N}|\Psi), P(\mathbf{sn}, \mathbf{N}|\Psi)]$ реализации значений V в каждой пробе зависят только от значения свидетельства Ψ и правила принятия наиболее полезной гипотезы.

Выбор наиболее полезного действия в каждой пробе реализуется следующим образом. При попадании значения Ψ в область вынесения ответов «да» функция принадлежности $P(\mathbf{Y}|\Psi)$ обращается в 1, а функция принадлежности $P(\mathbf{N}|\Psi)$ обращается в 0. При этом вероятность $P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y}|\Psi)$ реализации значения $v_{\mathbf{sn}, \mathbf{Y}}$ становится равной $P(\mathbf{sn}|\Psi)$, вероятность $P(\mathbf{n}, \mathbf{Y}|\Psi)$ реализации значения $v_{\mathbf{n}, \mathbf{Y}}$ становится равной $P(\mathbf{n}|\Psi)$, а вероятности реализации значений $v_{\mathbf{n}, \mathbf{N}}, v_{\mathbf{sn}, \mathbf{N}}$ обращаются в ноль. При попадании же значения Ψ в область вынесения ответов «нет» вероятности реализации значений $v_{\mathbf{sn}, \mathbf{Y}}$ и $v_{\mathbf{n}, \mathbf{Y}}$ обраща-

ются в ноль, а вероятности значений $v_{n,N}$ и $v_{sn,N}$ становятся равными соответственно $P(\mathbf{n}|\Psi)$ и $P(\mathbf{sn}|\Psi)$.

Цель наблюдателя в каждой пробе состоит в принятии наиболее полезной из двух альтернативных гипотез. Так как в условиях неопределенности полностью избежать ошибок невозможно, то он может максимизировать только *ожидаемую полезность* выбранного действия в данной пробе $\underline{V}(\Psi) = E[V(\Psi)]$, равную среднему значению случайной полезности \underline{V} , которое получается при данном значении свидетельства Ψ . Зная значения полезности V и вероятности их появления, можно написать формулу для вычисления среднего значения результата $\underline{V}(\Psi)$:

$$\begin{aligned} \underline{V}(\Psi) = & P(\mathbf{sn}|\Psi) P(\mathbf{Y}|\Psi) v_{sn,Y} + P(\mathbf{n}|\Psi) P(\mathbf{Y}|\Psi) v_{n,Y} + \\ & P(\mathbf{sn}|\Psi) P(\mathbf{N}|\Psi) v_{sn,N} + P(\mathbf{n}|\Psi) P(\mathbf{N}|\Psi) v_{n,N} = \\ & [P(\mathbf{sn}|\Psi) v_{sn,Y} + P(\mathbf{n}|\Psi) v_{n,Y}] P(\mathbf{Y}|\Psi) + \\ & [P(\mathbf{sn}|\Psi) v_{sn,N} + P(\mathbf{n}|\Psi) v_{n,N}] P(\mathbf{N}|\Psi). \end{aligned} \quad (13)$$

Из формулы видно, что если при данном значении свидетельства Ψ наблюдатель выберет ответ «да», то получит среднюю полезность ответа «да», равную $\underline{V}(\mathbf{Y}|\Psi)$:

$$\underline{V}(\mathbf{Y}|\Psi) = P(\mathbf{sn}|\Psi) v_{sn,Y} + P(\mathbf{n}|\Psi) v_{n,Y} \quad (14)$$

если же он выберет ответ «нет», то получит среднюю полезность ответа «нет», равную $\underline{V}(\mathbf{N}|\Psi)$:

$$\underline{V}(\mathbf{N}|\Psi) = P(\mathbf{sn}|\Psi) v_{sn,N} + P(\mathbf{n}|\Psi) v_{n,N}. \quad (15)$$

Подставляя в формулы (14) и (15) ранее выведенные нами выражения (9) и (10) для $P(\mathbf{sn}|\Psi)$ и $P(\mathbf{n}|\Psi)$, получаем искомые зависимости средних полезностей альтернативных ответов «да» и «нет» от свидетельства Ψ (Шендяпин, Скотникова, 2011):

$$\underline{V}(\mathbf{Y}|\Psi) = [(v_{sn,Y} + v_{n,Y}) + (v_{sn,Y} - v_{n,Y}) th(\Psi/2)]/2, \quad (16)$$

$$\underline{V}(\mathbf{N}|\Psi) = [(v_{sn,N} + v_{n,N}) + (v_{sn,N} - v_{n,N}) th(\Psi/2)]/2. \quad (17)$$

Графики зависимостей средних полезностей альтернативных ответов $\underline{V}(\mathbf{Y}|\Psi)$ и $\underline{V}(\mathbf{N}|\Psi)$ от значения свидетельства Ψ , рассчитанные по формулам (16) и (17), показаны на рисунках 6 и 7. Зависимости $\underline{V}(\mathbf{Y}|\Psi)$ и $\underline{V}(\mathbf{N}|\Psi)$, приведенные на рисунке 6, получены при следующих дискретных значениях полезности выбора идеального наблюдателя: $v_{sn,Y} = 3, v_{n,Y} = -1, v_{sn,N} = 1, v_{sn,N} = -0,5$. Зависимости $\underline{V}(\mathbf{Y}|\Psi)$ и $\underline{V}(\mathbf{N}|\Psi)$, приведенные на рисунке 7, получены при других дискретных значениях полезности: $v_{sn,Y} = 1, v_{n,Y} = -3, v_{sn,N} = 0,5, v_{sn,N} = -1$.

Видно, что с ростом величины свидетельства Ψ средняя полезность ответа «да» и связанного с ним действия, описываемая $V(Y|\Psi)$, монотонно растет по закону гиперболического тангенса от отрицательного значения полезности $v_{n,Y}$ при принятии ошибочной гипотезы H_s до положительного значения полезности $v_{sn,Y}$ при принятии правильной гипотезы H_s . При этом средняя полезность ответа «нет» и связанного с ним действия, описываемая $V(N|\Psi)$, монотонно убывает от положительного значения полезности $v_{n,N}$ при принятии правильной гипотезы H_n до отрицательного значения полезности $v_{sn,N}$ при принятии ошибочной гипотезы H_n .

3.4.2. Анализ принятия решения при выборе наиболее полезного действия

Рассмотрим, каким правилом должен руководствоваться наблюдатель при выборе наиболее полезных действий, связанных с сенсорными гипотезами. Для получения в данной пробе максимальной средней полезности $V(\Psi)$ идеальный наблюдатель должен выбирать ответ «да» (принимать гипотезу H_s , что был сигнал) тогда и только тогда, когда средняя полезность ответа «да» превышает среднюю полезность ответа «нет», т. е. при $V(Y|\Psi) > V(N|\Psi)$. Подставляя в это неравенство вместо $V(Y|\Psi)$ и $V(N|\Psi)$ выражения (14) и (15), получаем эквивалентное неравенство:

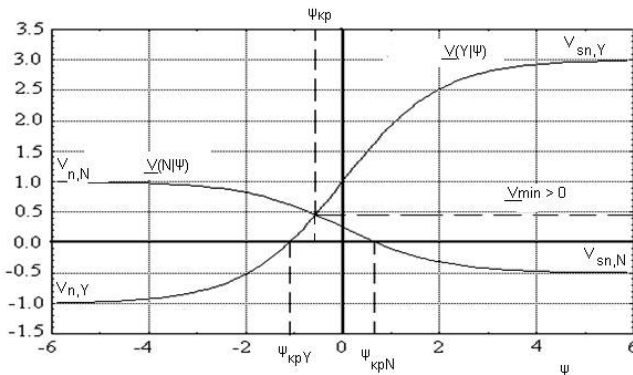


Рис. 6. Зависимости средней полезности альтернативных ответов идеального наблюдателя от значения свидетельства Ψ .

Обозначения: $V(Y|\Psi)$ – средняя полезность ответа «да», $V(N|\Psi)$ – средняя полезность ответа «нет». Используемые дискретные значения полезности: $v_{sn,Y}=3, v_{n,Y}=-1, v_{n,N}=1, v_{sn,N}=-0,5$.

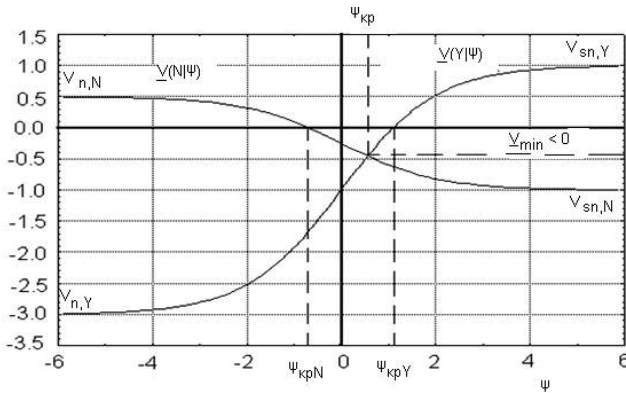


Рис. 7. Зависимости средней полезности альтернативных ответов идеального наблюдателя от значения свидетельства Ψ .

Обозначения: $V(Y|\Psi)$ – средняя полезность ответа «да», $V(N|\Psi)$ – средняя полезность ответа «нет». Используемые значения полезности: $v_{sn,Y}=1, v_{n,Y}=-3, v_{n,N}=0,5, v_{sn,N}=-1$.

$$P(\mathbf{sn}|\Psi) v_{sn,Y} + P(\mathbf{n}|\Psi) v_{n,Y} > P(\mathbf{n}|\Psi) v_{n,N} + P(\mathbf{sn}|\Psi) v_{sn,N}. \quad (18)$$

После алгебраических преобразований неравенства (18) получаем, что для вынесения ответа «да» должно выполняться условие:

$$P(\mathbf{sn}|\Psi)/P(\mathbf{n}|\Psi) > (v_{n,N} - v_{n,Y}) / (v_{sn,Y} - v_{sn,N}). \quad (19)$$

Вспоминая, что, по своему формальному определению, величина свидетельства Ψ равна натуральному логарифму отношения апостериорных вероятностей в пользу сигнала $P(\mathbf{sn}|\Psi)/P(\mathbf{n}|\Psi)$, и беря натуральный логарифм от обеих частей неравенства (19), получаем, что условие вынесения ответа «да» эквивалентно неравенству:

$$\Psi > -\Sigma, \quad (20)$$

где константа Σ равна

$$\Sigma = \ln[(v_{sn,Y} - v_{sn,N}) / (v_{n,N} - v_{n,Y})] = \ln(s_{sn}/s_n). \quad (21)$$

Константы

$$\begin{aligned} s_{sn} &= v_{sn,Y} - v_{sn,N}, \\ s_n &= v_{n,N} - v_{n,Y} \end{aligned} \quad (22)$$

получаемые из значений полезности V результата действия, всегда положительны, так как равны суммам соответствующих премий

и штрафов. В теории обнаружения сигналов (Иган, 1983) s_{sn} называется значимостью сигнала, а s_n – значимостью шума. Значимость сигнала равна разности между ценностью для наблюдателя правильного ответа «да» (при предъявленном сигнале) и риском ошибочного ответа «нет», т. е. сумме премии за правильное обнаружение сигнала и штрафа за его пропуск (при предъявленном сигнале). Значимость шума не зависит от значимости сигнала и равна разности между ценностью для наблюдателя правильного ответа «нет» (при предъявленном шуме) и риском ошибочного ответа «да», т. е. равна сумме премии за правильное обнаружение шума и штрафа за его пропуск (при предъявленном шуме).

Выбирать ответ «нет» (принимать гипотезу H_n , что был шум) наблюдатель должен тогда и только тогда, когда средняя полезность ответа «нет» превышает среднюю полезность ответа «да», т. е. при $V(Y|\Psi) < V(N|\Psi)$. Записывая выражения, аналогичные (18) и (19), получаем, что для вынесения ответа «нет» необходимо, чтобы выполнялось неравенство:

$$\Psi < -\Sigma. \tag{23}$$

Точка $\Psi_{кр} = -\Sigma = -\ln(s_{sn}/s_n)$ является критерием выбора наиболее полезного действия. Видно, что на величину критерия влияют не отдельные значения полезности результата V , а их парные сочетания в виде значимостей сигнала s_{sn} и шума s_n (22). В отличие от переменной Ψ , которая интегрирует в себе априорную и апостериорную информацию о вероятностях предъявления стимулов, постоянный критерий $\Psi_{кр}$ интегрирует в себе априорную информацию о субъективных значимостях для наблюдателя сигнала и шума. На рисунке 6 значимости стимулов равны: $s_{sn} = 3,5$, $s_n = 2$, а критерий: $\Psi_{кр} = -\ln(1,75)$. На рисунке 7 значимости стимулов равны: $s_{sn} = 2$, $s_n = 3,5$, а критерий: $\Psi_{кр} = \ln(1,75)$.

Решающее правило для выбора наиболее полезного действия с учетом формул (20) и (23) можно записать следующим образом: если $\Psi + \Sigma > 0$, то наблюдатель должен выбрать ответ «да» (принять гипотезу H_s); если $\Psi + \Sigma < 0$, то он должен выбрать ответ «нет» (принять гипотезу H_n).

Если значимость сигнала s_{sn} больше значимости шума s_n , то критерий выбора наиболее полезного действия $\Psi_{кр} = -\Sigma = -\ln(s_{sn}/s_n)$ является отрицательным числом, т. е. он сдвигается влево от нуля. На образовавшемся интервале ($\Psi_{кр}$, 0) наблюдатель должен выбрать ответ «да» несмотря на то, что вероятность его правильности меньше вероятности правильности ответа «нет». Такое поведение

наблюдателя можно объяснить только тем, что сигнал априорно является более значимым для него, чем шум. Если же, наоборот, $s_{sn} < s_n$, то критерий выбора наиболее полезного действия $\Psi_{кр} = -\Sigma = -\ln(s_{sn}/s_n)$ является положительным числом, т. е. он сдвигается вправо от нуля. В таком случае на интервале $(0, \Psi_{кр})$ наблюдатель выносит ответ «нет», хотя вероятность его правильности меньше вероятности правильности ответа «да», что можно объяснить только тем, что шум априорно является более значимым для наблюдателя, чем сигнал.

Значимость сигнала s_{sn} представлена на рисунках 6 и 7 расстоянием между асимптотическими значениями средних полезностей $\underline{V}(Y|\Psi)$ и $\underline{V}(N|\Psi)$ альтернативных ответов «да» и «нет» при $\Psi \rightarrow \infty$, а значимость шума s_n представлена расстоянием между левыми асимптомами этих зависимостей при $\Psi \rightarrow -\infty$.

В точке критерия $\Psi_{кр} = -\Sigma$ средние полезности ответов $\underline{V}(Y|-\Sigma)$ и $\underline{V}(N|-\Sigma)$ равны друг другу. Выбор ответа в этом случае реализуется простым угадыванием. Средняя полезность, получаемая идеальным наблюдателем, при этом равна своему минимальному значению V_{min} , определяемому только ценностями правильных и рисками ошибочных ответов. Оценку величины V_{min} можно получить двумя способами: вычислением по формуле (16) средней полезности ответа «да» при $\Psi = \Psi_{кр} = -\Sigma$:

$$\underline{V}_{min} = \underline{V}[Y|(-\Sigma)] = 0,5[(v_{sn,Y} + v_{n,Y}) - (v_{sn,Y} - v_{n,Y}) (s_{sn} - s_n)/(s_{sn} + s_n)] \quad (24)$$

и вычислением по формуле (17) средней полезности ответа «нет»:

$$\underline{V}_{min} = \underline{V}[N|(-\Sigma)] = 0,5[(v_{n,N} + v_{sn,N}) + (v_{n,N} - v_{sn,N}) (s_{sn} - s_n)/(s_{sn} + s_n)]. \quad (25)$$

Выражения (24) и (25) получены путем замены в (16) и (17) гиперболического тангенса от $-\Sigma/2$ на соответствующие экспоненты:

$$th(-\Sigma/2) = [\exp(-\Sigma) - 1] / [\exp(-\Sigma) + 1] \quad (26)$$

и подстановки вместо величины Σ его представления (21) через значимости ответов s_{sn} и s_n .

Величину \underline{V}_{min} можно вычислить по любой из формул (24) и (25), которые хотя по внешнему виду и отличаются друг от друга, но, как легко доказать, тождественны друг другу.

Найдем условие, при котором минимальное значение средней полезности \underline{V}_{min} становится отрицательным. Из (24) следует, что для этого необходимо выполнение неравенства:

$$(v_{s_n, Y} + v_{n, Y}) - (v_{s_n, Y} - v_{n, Y}) (s_{s_n} - s_n) / (s_{s_n} + s_n) < 0. \quad (27)$$

Если, в соответствии с (22), значимости стимулов заменить на ценности и риски ответов, то вместо условия (27) получается эквивалентное условие отрицательности V_{\min} :

$$v_{n, Y} v_{s_n, N} > v_{s_n, Y} v_{n, N}. \quad (28)$$

Это условие означает, что минимум средней полезности V_{\min} отрицателен, если произведение рисков ошибочных ответов больше произведения ценностей правильных ответов. Если же произведение рисков ошибочных ответов меньше произведения ценностей правильных ответов, то минимум средней полезности V_{\min} положителен.

3.4.3. Определение уверенности в наибольшей полезности выбранного действия

Цель наблюдателя при принятии решения состоит в том, чтобы из двух возможных действий выбрать наиболее полезное. Выше мы показали, что с ростом величины свидетельства в пользу сигнала Ψ средняя полезность ответа «да» $V(Y|\Psi)$ монотонно растет, а средняя полезность ответа «нет» $V(N|\Psi)$ монотонно убывает (см. рисунки 6 и 7). Выше мы выяснили, что при любом полученном при наблюдении свидетельстве Ψ средняя полезность выбранного ответа $V(\Psi)$ всегда выше или равна минимальному значению V_{\min} . Так как в данной задаче мы рассматриваем уверенность как субъективное переживание полезности принятого решения (см. п. 3.2.1), то чем больше средняя полезность выбранной гипотезы $V(\Psi)$ превышает минимальное значение средней полезности V_{\min} , тем субъективно более полезным является для идеального наблюдателя выбранный ответ.

Таким образом, расстояние от полученного в наблюдении свидетельства Ψ до критерия $\Psi_{кр} = -\Sigma$ является показателем (или рейтингом) величины полезности выбранного ответа. В соответствии с описанным нами выше (см. п. 3.2.1) общим подходом к определению субъективной уверенности в эффективности выбранного решения, это дает нам основание определить субъективную уверенность в полезности выбранного ответа как расстояние от полученного в данном наблюдении свидетельства Ψ до критерия $\Psi_{кр}$.

Данное определение очень похоже на определение субъективной уверенности в правильности ответа (см. п. 3.3.4). Разница между ними только в том, что критерий принятия решения $\Psi_{кр}$, входящий в определение уверенности в выборе наиболее правильного ответа,

всегда равен нулю, а при выборе наиболее полезного ответа он сдвинут в точку $-\Sigma$. В зависимости от значимостей стимулов эта точка может находиться слева от 0 (при $s_{sn} > s_n$) либо справа от 0 (при $s_{sn} < s_n$).

При этом *уверенность в наибольшей полезности ответа «да»* задается величиной

$$C_{\text{util}}(\mathbf{Y}|\Psi) = \Psi - \Psi_{\text{кр}} = \Psi + \Sigma, \quad (29)$$

которая всегда положительна, если, в соответствии с решающим правилом (см. п. 3.4.2), вынесен ответ «да», а *уверенность в наибольшей полезности ответа «нет»* задается величиной

$$C_{\text{util}}(\mathbf{N}|\Psi) = \Psi - \Psi_{\text{кр}} = \Psi + \Sigma, \quad (30)$$

которая всегда отрицательна, если вынесен ответ «нет». Из выражений (29) и (30) видно, что уверенности в выбранных ответах «да» и «нет» ($C_{\text{util}}(\mathbf{Y}|\Psi)$ и $C_{\text{util}}(\mathbf{N}|\Psi)$) равны одной и той же сумме $\Psi + \Sigma$. Поэтому вместо двух разных переменных $C_{\text{util}}(\mathbf{Y}|\Psi)$ и $C_{\text{util}}(\mathbf{N}|\Psi)$ для оценки уверенности в полезности выбранного ответа можно использовать одну переменную $C_{\text{util}}(\Psi) = \Psi + \Sigma$. Ранее было показано, что уверенность в правильности выбранного ответа $C_{\text{cor}}(\Psi) = \Psi$. Поэтому уверенности в полезности и правильности связаны соотношением $C_{\text{util}}(\Psi) = \Psi + \Sigma = C_{\text{cor}}(\Psi) + \Sigma$.

Правило оценки уверенности и принятия решения для выбора наиболее полезного действия при этом упрощается: если уверенность положительна ($C_{\text{util}}(\Psi) > 0$), то наблюдатель должен выбрать ответ «да» (принять гипотезу H_s), а если уверенность отрицательна ($C_{\text{util}}(\Psi) < 0$), то он должен выбрать ответ «нет» (принять гипотезу H_n). Данная формулировка решающего правила математически эквивалентна решающему правилу, полученному в п. 3.4.2 для свидетельства Ψ , но уверенность, как мы полагаем, любой человек переживает непосредственно, а свидетельство в пользу сигнала и критерий принятия решения являются лишь математическими абстракциями модели, которые доступны не всем. Тем не менее, полученный на модели результат объясняет, каким образом наблюдатель может с помощью уверенности контролировать полезность своих решений. Уверенность идеального наблюдателя в ответе может быть оценена также и косвенным образом, через среднюю полезность $\underline{V}(\Psi)$ ответа, вычисляемую по формулам (16) для ответа «да» и (17) для ответа «нет».

Разрабатываемая модель заинтересованного идеального наблюдателя сконцентрирована только на изучении принятия решения в процессе восприятия, поэтому она не описывает процесс

формирования у наблюдателя после прочтения инструкции значений премий за правильные ответы и штрафов за ошибочные ответы, а также значений значимостей стимулов. Но она воспроизводит такое последствие их появления в модели, как смещение критерия выбора наиболее полезного ответа $\Psi_{кр} = -\Sigma = -\ln(s_{sn}/s_n)$ от критерия выбора наиболее правильного ответа, равного 0. Так как в задаче выбора наиболее полезного ответа критерий $\Psi_{кр} = -\Sigma$ обращается в 0 только при равных значимостях стимулов, то переменную Σ , описывающую различие между уверенностями $C_{util}(\Psi)$ и $C_{cor}(\Psi)$, можно назвать *неравнозначимостью стимулов для наблюдателя*. Так как $\Sigma > 0$, если $s_{sn} > s_n$, а если $s_{sn} < s_n$, то $\Sigma < 0$, то Σ можно называть также *свидетельством большей значимости для наблюдателя сигнала по сравнению с шумом*.

Таким образом, модель выявила, что различие между уверенностью в полезности и уверенностью в правильности объясняется *неравнозначимостью стимулов для наблюдателя*. Проанализируем более детально, каким образом проявляется в модели свидетельство большей значимости для наблюдателя сигнала.

Если $s_{sn} > s_n$, т. е. значимость стимула **sn** (сумма премии за правильное обнаружение сигнала и штрафа за пропуск сигнала) больше значимости стимула **n** (суммы премии за правильное обнаружение сигнала и штрафа за ложную тревогу), то Σ , согласно формуле (21), больше 0. Это означает, что критерий $\Psi_{кр} = -\Sigma$ отрицателен и область вынесения ответа «да» заинтересованного наблюдателя $(-\Sigma, +\infty)$, по сравнению с областью вынесения ответа «да» наблюдателя незаинтересованного $(0, +\infty)$, расширяется влево на интервал $(-\Sigma, 0)$ (см. рисунок 6). Общее число ответов «да» при этом увеличивается. Соответственно, область вынесения ответа «нет» заинтересованного наблюдателя $(-\infty, -\Sigma)$ на тот же интервал сокращается, а общее число ответов «нет» уменьшается.

Одновременно с этим уверенность в большей полезности ответа «да» $C_{util}(\Psi)$ заинтересованного наблюдателя на общем интервале $(0, +\infty)$ возрастает относительно уверенности в большей правильности ответа «да» $C_{cor}(\Psi)$ незаинтересованного наблюдателя на положительное значение Σ . А при уменьшении свидетельства Ψ внутри добавленного интервала $(-\Sigma, 0)$ от 0 до $-\Sigma$ уверенность в большей полезности ответа «да» $C_{util}(\Psi)$ заинтересованного наблюдателя убывает по линейному закону от положительного значения Σ до 0.

При этом отрицательная уверенность в большей полезности ответа «нет» $C_{util}(\Psi)$ заинтересованного наблюдателя на общем интер-

вале $(-\infty, -\Sigma)$ возрастает относительно отрицательной уверенности в большей правильности ответа «нет» $C_{\text{кор}}(\Psi)$ незаинтересованного наблюдателя на положительное значение Σ , достигая в точке критерия $\Psi_{\text{кр}} = -\Sigma$ значения, равного 0. В результате абсолютное значение уверенности в полезности ответа «нет» $C_{\text{кор}}(\Psi)$ незаинтересованного наблюдателя уменьшается на величину Σ .

Если значимость стимула **sn** меньше значимости стимула **n** (при $s_{\text{sn}} < s_{\text{n}}$), то свидетельство большей значимости для наблюдателя сигнала Σ , согласно формуле (21), меньше 0. Критерий $\Psi_{\text{кр}} = -\Sigma$ при этом положителен и область вынесения ответа «да» заинтересованного наблюдателя $(-\Sigma, +\infty)$, по сравнению с областью вынесения ответа «да» незаинтересованного $(0, +\infty)$, уменьшается слева на интервал $(0, -\Sigma)$ (см. рисунок 7). Общее число ответов «да» при этом уменьшается. Соответственно, область вынесения ответа «нет» заинтересованного наблюдателя $(-\infty, -\Sigma)$ на тот же интервал увеличивается и число ответов «нет» увеличивается.

Положительная уверенность в большей полезности ответа «да» $C_{\text{util}}(\Psi)$ заинтересованного наблюдателя на общем интервале $(-\Sigma, +\infty)$ уменьшается относительно уверенности в большей правильности ответа «да» $C_{\text{кор}}(\Psi)$ незаинтересованного наблюдателя на положительную величину $-\Sigma$, снижаясь в точке критерия $\Psi_{\text{кр}} = -\Sigma$ до 0.

Одновременно отрицательная уверенность в большей полезности ответа «нет» $C_{\text{util}}(\Psi)$ заинтересованного наблюдателя на общем интервале $(-\infty, 0)$ падает относительно уверенности в большей правильности ответа «нет» $C_{\text{кор}}(\Psi)$ незаинтересованного наблюдателя на положительное значение $-\Sigma$. А при увеличении свидетельства Ψ внутри интервала $(0, -\Sigma)$ уверенность в большей полезности ответа «нет» $C_{\text{util}}(\Psi)$ заинтересованного наблюдателя растет по линейному закону от отрицательного значения Σ до 0.

Если в результате наблюдения получено значение сенсорного впечатления, при котором свидетельство Ψ равно 0, то гипотезы H_s и H_n имеют одинаковые вероятности правильности. В этом случае, как мы знаем, вероятности правильности и ошибочности ответов «да» и «нет» равны 0,5. Однако за счет различия значимостей стимулов для наблюдателя средняя полезность ответа «да», равная $\underline{V}(Y|\Psi) = 0,5(v_{\text{sn}, Y} + v_{\text{n}, Y})$, может отличаться от средней полезности ответа «нет», равной $\underline{V}(N|\Psi) = 0,5(v_{\text{sn}, N} + v_{\text{n}, N})$. Например, для графиков, приведенных на рисунке 6, для значения свидетельства $\Psi = 0$ средняя полезность ответа «да» $\underline{V}(Y|\Psi)$ равна 1, а средняя полезность ответа «нет» $\underline{V}(N|\Psi)$ равна 0,25, т. е. при нулевой уверенности в пра-

вильности какой-либо гипотезы более полезным для свидетельства $\Psi=0$ является ответ «да». В то же время для графиков, приведенных на рисунке 7, в той же самой точке $\Psi=0$ средняя полезность ответа «да» $V(Y|\Psi)$ равна -1 , а средняя полезность ответа «нет» $V(N|\Psi)$ равна $-0,25$, т. е. более полезным в этой точке является ответ «нет».

В модели идеального наблюдателя для задачи выбора наиболее правильной гипотезы ответ связан только с информацией о наблюдаемом стимуле: ответ «да» означает, что «данное значение x было вызвано скорее стимулом sn , чем стимулом n », а ответ «нет» означает, что «данное значение x было вызвано скорее стимулом n , чем стимулом sn ». Если в двух разных пробах были получены одинаковые значения свидетельства Ψ , то прогнозируемые вероятности правильности обеих гипотез в этих наблюдениях одинаковы и идеальный наблюдатель при выборе наиболее вероятной гипотезы вынесет один и тот же ответ.

Для задачи выбора наиболее полезного действия такая однозначная связь между ответами и вероятностями гипотез исчезает. На выбор ответа влияет не только сумма априорной частотной и апостериорной сенсорной составляющих свидетельства, но и субъективные значимости стимулов для наблюдателя, которые определяют критерий наблюдателя. Это приводит к тому, что, если при предъявлении одних и тех же стимулов в разных пробах были получены два одинаковых значения свидетельства Ψ и, следовательно, вероятности правильности гипотез в этих наблюдениях равны, то идеальный наблюдатель в конечном итоге из-за различия используемых критериев решения может вынести два разных ответа.

Неоднозначность выбора наиболее полезного ответа иллюстрируют графики средних полезностей, приведенные на рисунках 6 и 7. Как было отмечено, при $\Psi=0$ на рисунке 6 более полезным является ответ «да», а на рисунке 7 – ответ «нет». Все дело в том, что на рисунке 6 критерий $\Psi_{кр} = -\Sigma$ равен отрицательному числу $-\ln(3,5/2)$, а на рисунке 7 критерий $\Psi_{кр} = -\Sigma$ равен положительному числу $\ln(3,5/2)$.

3.4.4. Связь модели идеального наблюдателя для задачи выбора наиболее полезного действия с поведением реального человека, выполняющего аналогичную задачу

Выделим основные результаты разработанной модели, применимые, как мы ожидаем, к хорошо обученным и рационально дейст-

вующим испытуемым, выполняющим задачу выбора наиболее полезного действия.

Для описания принятия решения и оценки уверенности в его полезности наблюдатель может использовать единую переменную – уверенность в полезности решения $C_{\text{util}}(\Psi) = \Psi + \Sigma$. С учетом того, что ранее введенная уверенность в правильности решения $C_{\text{cor}}(\Psi) = \Psi + \Lambda + L(x)$ полностью совпадает со свидетельством Ψ , уверенность в полезности решения $C_{\text{util}}(\Psi)$ равна сумме уверенности в правильности решения $C_{\text{cor}}(\Psi)$ и свидетельства большей значимости для наблюдателя сигнала Σ , т. е. $C_{\text{util}}(\Psi) = C_{\text{cor}}(\Psi) + \Sigma$.

Правило оценки уверенности в полезности и принятия решения для переменной $C_{\text{util}}(\Psi)$ имеет простой вид: если уверенность в полезности решения $C_{\text{util}}(\Psi)$ положительна, то наблюдатель выносит ответ «да», а если $C_{\text{util}}(\Psi)$ отрицательна, то он выносит ответ «нет». В обоих случаях наблюдатель, вынося ответ, уже ощущает уверенность в его полезности. Данная формулировка решающего правила математически эквивалентна решающему правилу, полученному в п. 3.4.2, но уверенность, как мы полагаем, любой человек переживает и осознает, а свидетельство в пользу сигнала и критерий принятия решения, используемые в п. 3.4.2, являются лишь внутренними переменными сенсорной системы, которые не осознаются даже самим наблюдателем. Осознается лишь результат сравнения свидетельства в пользу сигнала и критерия принятия решения. Для психологии модель важна тем, что она объясняет, каким образом наблюдатель может с помощью уверенности контролировать полезность своих решений.

Таким образом, распространение модели идеального наблюдателя на задачу выбора наиболее полезного действия показало, что испытуемый с помощью уверенности может контролировать не только правильность, но и полезность сенсорных гипотез в процессе восприятия. Для принятия решения испытуемому не требуется оценивать и ощущать величину свидетельства Ψ и величину свидетельства большей значимости для наблюдателя сигнала Σ по отдельности. Вполне достаточно только ощущать уверенность в полезности решения, равную их сумме.

Согласно полученному с помощью модели определению, уверенность в полезности решения $C_{\text{util}}(\Psi) = \Lambda + L(x) + \Sigma$ интегрирует в себе в виде суммы уже три независимые друг от друга компоненты, влияющие на выбор наиболее полезного ответа. Это Λ – априорная частотная составляющая свидетельства в пользу сигнала, $L(x)$ – апостериорная сенсорная составляющая свидетельства в пользу сиг-

нала и Σ – априорная субъективная неравнозначимость стимулов для наблюдателя. Положительное значение неравнозначимости отражает большую значимость для наблюдателя стимула **sn** (большую сумму премии за правильное обнаружение сигнала и штрафа за пропуск сигнала), а отрицательное значение неравнозначимости отражает большую значимость альтернативного стимула **n** (большую сумму премии за правильное обнаружение шума и штрафа за пропуск шума).

Неравнозначимость стимулов Σ можно рассматривать как *свидетельство большей значимости для наблюдателя сигнала*. Это особый вид априорного несенсорного свидетельства. Оно влияет на выбор наиболее полезного ответа, так как определяет критерий выбора ответа $\Psi_{кр} = -\Sigma$. Но при этом оно не зависит ни от априорных вероятностей появления стимулов, ни от сенсорного впечатления наблюдателя, и, следовательно, не влияет на вероятность правильности ответа. В этом смысле свидетельство большей значимости для наблюдателя сигнала полностью является свидетельством субъекта, возникающим только благодаря неравнозначимости для него *осознаваемых результатов* выбора ответов.

При неизменных ценностях правильных ответов $v_{sn, \Psi}$, $v_{n, \Psi}$ и рисках ошибочных ответов $v_{sn, \Psi}$, $v_{n, \Psi}$ чем больше абсолютная величина полученного наблюдателем свидетельства в пользу сигнала Ψ , тем больше уверенность наблюдателя в правильности выбранного ответа, вероятность правильности и средняя полезность ответа. Изменение ценностей и рисков ответов наблюдателя при постоянном значении свидетельства Ψ может изменять среднюю полезность $\underline{V}(\Psi)$ и уверенность наблюдателя в полезности выбранного ответа, но совершенно не влияет на уверенность в правильности и вероятность правильности ответа.

Согласно модели, у идеального наблюдателя и испытуемого имеются две переменные, описывающие уверенность в принятом решении: внутренняя уверенность в полезности принятого решения $C_{util}(\Psi)$ и ее внешняя оценка, выраженная в виде средней полезности решения $\underline{V}(\Psi)$. Обе эти переменные, согласно (16) и (17), связаны однозначной и монотонной связью. Так как метод «да–нет» не позволяет испытуемому напрямую выражать свою внутреннюю уверенность в большей полезности выбранного ответа $C_{util}(\Psi)$, то при выполнении задачи испытуемый оценивает ее косвенно, через среднюю полезность принятого решения $\underline{V}(\Psi)$. При этом он не вычисляет величину средней полезности по формулам, а устанавливает указан-

ную связь уверенности в полезности $C_{\text{util}}(\Psi)$ с ожидаемой полезностью $\underline{V}(\Psi)$ решения в процессе выполнения работы, т. е. в результате накопления практического опыта. Однако полученные с помощью модели формулы и построенные по ним графики, описывающие идеального наблюдателя, доказывают, что такая связь имеет место. Ее наличие объясняет, почему испытуемый, прогнозируя полезность ответа на основе уверенности в полезности $C_{\text{util}}(\Psi)$, может доверять своему практическому опыту.

При предъявлении одной и той же последовательности стимулов изменение их значимости изменяет несенсорное свидетельство неравнозначимости стимулов Σ и тем самым изменяет баланс ответов «да» и «нет». По сравнению с равнозначимыми стимулами, положительная неравнозначимость $\Sigma > 0$ увеличивает число ответов «да» n_Y и сокращает число ответов «нет» n_N , а отрицательная неравнозначимость $\Sigma < 0$ увеличивает число ответов «нет» n_N и сокращает число ответов «да» n_Y . Но сумма ответов $n_Y + n_N$ при этом не меняется. Если в двух сериях испытаний за счет изменения значимостей стимулов получены две положительные неравнозначимости $\Sigma_2 > \Sigma_1 > 0$, то для соответствующих чисел ответов должны выполняться неравенства $n_{2Y} > n_{1Y} > 0$, $n_{1N} > n_{2N} > 0$. Если же получены две отрицательные неравнозначимости $\Sigma_2 < \Sigma_1 < 0$, то численности ответов должны удовлетворять неравенствам $n_{2N} > n_{1N} > 0$, $n_{1Y} > n_{2Y} > 0$.

В отличие от идеального наблюдателя и испытуемого, экспериментатору известны только априорная частотная составляющая Λ свидетельства Ψ и априорная неравнозначимость стимулов Σ . Ни величина сенсорной составляющей $L(x)$ свидетельства Ψ , ни уверенность в полезности $C_{\text{util}}(\Psi)$, ни средняя полезность $\underline{V}(\Psi)$ выбранного в данной пробе ответа ему не доступны. Но адекватность оценок ожидаемой полезности ответов испытуемого экспериментатор может проверить, накопив статистику правильности его ответов.

3.5. Распространение модели уверенности на задачу выбора успешного действия

В предыдущем параграфе было показано, что величина уверенности в наибольшей полезности выбранного ответа складывается из трех составляющих: двух постоянных, которые в процессе испытаний не меняются (Λ – частотной составляющей свидетельства и Σ – свидетельства неравнозначимости стимулов для наблюдателя), и $L(x)$ – сенсорной составляющей свидетельства, которая зависит от зна-

чения сенсорного впечатления x и в процессе испытаний от пробы к пробе случайным образом изменяется.

Введенное нами для описания процесса принятия решения свидетельство неравнозначности Σ выявило влияние значимостей стимулов (т. е. сумм штрафов и премий за каждый ошибочный и правильный ответ) на уверенность в принятом решении. Однако рост величин штрафов относительно величин премий, несомненно, также должен влиять на уверенность наблюдателя при выборе поведения. Ведь усиление наказания за ошибку в реальных жизненных ситуациях обычно приводит к уменьшению числа уверенных ответов.

Понятно, что в первую очередь рациональный наблюдатель отказывается от уверенности в тех ответах, вероятность ошибочности которых наиболее велика. Для того чтобы с помощью модели выявить механизм этого влияния, необходимо от метода «да–нет» перейти к принятию решения по методу «да–нет–сомневаюсь».

3.5.1. Анализ принятия решения при выборе успешного действия

Как мы уже говорили, для изучения поведения человека в условиях свободной деятельности задача выбора наиболее полезного действия по методу «да–нет» не подходит, поскольку этот метод не контролирует величину средней полезности $V(\Psi)$ принятого решения. Решающее правило для этого метода почти всегда (за исключением свидетельства, равного критерию решения: $\Psi = \Psi_{кр}$) позволяет однозначно выбрать наиболее полезное из двух действий и оценить уверенность идеального наблюдателя $C_{util}(\Psi)$ в этом выборе. Однако реальная деятельность человека зависит не только от вероятности правильности сенсорных гипотез и несенсорных значимостей стимулов. На нее также может влиять множество других несенсорных требований. Самое главное из них – это успешность деятельности. В результате выбора ответа наблюдатель должен получать достаточно большую среднюю полезность. Из уверенности человека в том, что полезность принятой гипотезы выше полезности отвергнутой, вовсе не следует, что принятая гипотеза гарантирует успешность выбранного действия.

Метод «да–нет–сомневаюсь», предлагаемый нами для исследования уверенности, оставляет испытуемому свободу выбора – быть уверенным или неуверенным в успешности выбираемого действия. Использование этого метода, даже если инструкция никак не конкретизирует условия вынесения ответа «сомневаюсь» (в виде числовых или вербальных характеристик вероятности и ожидаемой

полезности), позволяет получать непосредственно от испытуемого информацию о том, уверен он или не уверен в успешности своего решения. Однако для распространения модели уверенности на метод «да–нет–сомневаюсь» прежде всего необходимо детально разобраться с критериями вынесения успешных ответов.

В п. 3.2.2 мы предположили, что свободный наблюдатель переживает неуверенность и выбирает несенсорный ответ «сомневаюсь», если в данной пробе при любом сенсорном ответе «да» или «нет» не выполняется условие успешности действия, наложенное на допустимый уровень средней полезности $\underline{V}(\Psi)$. В дальнейшем будем полагать, что условие успешности действия состоит в том, что выбранный сенсорный ответ («да» или «нет») должен иметь *положительную* среднюю полезность.

Если ожидаемые полезности $\underline{V}(\Psi)$ обеих сенсорных гипотез при полученном в данной пробе значении свидетельства Ψ оказываются отрицательными, то наблюдатель должен выбирать ответ «сомневаюсь», чтобы избежать получения отрицательной полезности результата.

Найдем вначале на оси свидетельств Ψ критерии выбора ответов, определяющие границы тех областей, внутри которых наблюдатель может выносить ответы «да» и «нет». Для нахождения значения $\Psi_{\text{кр}\Psi}$ – критерия вынесения успешного ответа «да», при котором монотонно растущая средняя полезность $\underline{V}(Y|\Psi)$ проходит через 0 (см. рисунок 6), – приравняем нулю среднюю полезность ответа «да» и решим полученное уравнение:

$$\underline{V}(Y|\Psi_{\text{кр}\Psi}) = P(\text{sn}|\Psi_{\text{кр}\Psi}) v_{\text{sn}, Y} + P(\text{n}|\Psi_{\text{кр}\Psi}) v_{\text{n}, Y} = 0 \quad (31)$$

После алгебраических преобразований уравнения (31) получаем:

$$P(\text{sn}|\Psi_{\text{кр}\Psi})/P(\text{n}|\Psi_{\text{кр}\Psi}) = -v_{\text{n}, Y}/v_{\text{sn}, Y}. \quad (32)$$

Вспоминая, что по своему формальному определению величина свидетельства Ψ равна натуральному логарифму отношения апостериорных вероятностей в пользу сигнала $P(\text{sn}|\Psi)/P(\text{n}|\Psi)$ и беря натуральный логарифм от обеих частей равенства (32), получаем выражение для критерия успешного ответа «да»:

$$\Psi_{\text{кр}\Psi} = \ln(-v_{\text{n}, Y}/v_{\text{sn}, Y}). \quad (33)$$

Так как средняя полезность ответа «да» $\underline{V}(Y|\Psi)$ с ростом свидетельства Ψ монотонно растет, то для значений свидетельства $\Psi > \Psi_{\text{кр}\Psi}$ она положительна, а для $\Psi < \Psi_{\text{кр}\Psi}$ – отрицательна.

Аналогично можно найти значение критерия вынесения успешного ответа «нет» ($\Psi_{крN}$), при котором монотонно убывающая средняя полезность ответа «нет» $\underline{V}(N|\Psi)$ проходит через 0 (см. рисунок 7):

$$\Psi_{крN} = \ln(-v_{n,N}/v_{sn,N}), \quad (34)$$

тогда для $\Psi < \Psi_{крN}$ монотонно падающая полезность $\underline{V}(N|\Psi)$ положительна, а для $\Psi > \Psi_{крN}$ – отрицательна.

Правило оценки уверенности и принятия решения для выбора успешного действия должно удовлетворить сразу двум требованиям: 1) выбранный из двух альтернатив ответ должен быть наиболее полезным; 2) средняя полезность этого ответа должна быть больше нуля (т. е. действие, связанное с этим ответом, должно быть успешным). Таким образом, для выбора уверенного ответа «да» (событие Y) необходимо одновременное выполнение двух условий: свидетельство в пользу сигнала Ψ должно быть больше основного критерия принятия решения $\Psi_{кр} (\Psi > \Psi_{кр} = -\Sigma)$, а также превышать критерий вынесения успешного ответа «да» $\Psi_{крY} (\Psi > \Psi_{крY})$. Для выбора уверенного ответа «нет» (событие N) необходимо одновременное выполнение двух других условий: свидетельство в пользу сигнала Ψ должно быть меньше основного критерия принятия решения $\Psi_{кр} (\Psi < \Psi_{кр} = -\Sigma)$, а также быть меньше критерия вынесения успешного ответа «нет» $\Psi_{крN} (\Psi < \Psi_{крN})$. Если же критерий вынесения успешного ответа «да» $\Psi_{крY}$ превышает критерий вынесения успешного ответа «нет» $\Psi_{крN}$ и свидетельство в пользу сигнала Ψ находится между ними ($\Psi_{крN} < \Psi < \Psi_{крY}$), то это означает, что средняя полезность обоих ответов меньше нуля и необходимо выбирать неуверенный ответ «сомневаюсь» (событие D).

Необходимым условием того, чтобы на оси свидетельств Ψ существовала область неуверенных ответов «сомневаюсь», является выполнение неравенства для минимального значения средней полезности $\underline{V}_{\min} < 0$ или эквивалентного ему неравенства $\Psi_{крN} < \Psi_{крY}$ для критериев успешности ответов «нет» и «да». При выполнении этих условий средняя полезность $\underline{V}(N|\Psi)$ ответа «нет» внутри интервала ($\Psi_{крN}, \Psi_{крY}$) уже стала отрицательной, а средняя полезность $\underline{V}(Y|\Psi)$ ответа «да» все еще остается отрицательной. В силу монотонности графиков полезностей $\underline{V}(N|\Psi)$ и $\underline{V}(Y|\Psi)$ точка их пересечения $\Psi_{кр}$, т. е. критерий для выбора ответов в методе «да–нет», всегда лежит внутри интервала ($\Psi_{крN}, \Psi_{крY}$) (см. рисунок 7).

Можно показать, что из условия существования области неуверенных ответов $\Psi_{крN} < \Psi_{крY}$ следует, что произведение рисков ошибочных ответов «да–нет» больше произведения ценностей правильных ответов:

$$V_{n,Y} V_{sn,N} > V_{sn,Y} V_{n,N} \quad (35)$$

Это условие полностью совпадает с условием (28), обеспечивающим отрицательное значение минимальной средней полезности $V_{\min} < 0$, что доказывает эквивалентность неравенств $\Psi_{крN} < \Psi_{крY}$ и $V_{\min} < 0$.

Достаточным условием появления в данной единичной проблеме ответа «сомневаюсь», согласно решающему правилу, является существование на оси свидетельств области неуверенных ответов, т. е. выполнение необходимого условия в виде неравенства (35) и, кроме того, попадание свидетельства Ψ внутрь уже существующей на оси свидетельств области неуверенных ответов, т. е. выполнение двойного неравенства: $\Psi_{крN} < \Psi < \Psi_{крY}$.

Пример того, как выглядят графики зависимостей полезностей сенсорных ответов от величины свидетельства Ψ при наличии области неуверенных ответов, показан на рисунке 7. На этом рисунке средняя полезность ответа «нет» $V(N|\Psi)$ положительна при значениях Ψ меньших, чем критерий вынесения успешного ответа «нет» $\Psi_{крN} = -\ln 2$, а средняя полезность ответа «да» $V(Y|\Psi)$ положительна при значениях Ψ больших, чем критерий вынесения успешного ответа «да» $\Psi_{крY} = \ln 3$. Следовательно, на интервале свидетельств ($\Psi_{крN} = -\ln 2$, $\Psi_{крY} = \ln 3$) любые действия имеют отрицательные средние полезности и поэтому там должен выноситься ответ «сомневаюсь».

Условием гарантированного отсутствия на оси принятия решений Ψ области неуверенных ответов «сомневаюсь» является положительность минимального значения средней полезности $V_{\min} > 0$ или эквивалентное ему условие $\Psi_{крN} > \Psi_{крY}$ для критериев ответов, приносящих положительную полезность. Для выполнения этого неравенства необходимо, чтобы произведение рисков ошибочных ответов «да–нет» было меньше произведения ценностей правильных ответов:

$$V_{n,Y} V_{sn,N} < V_{sn,Y} V_{n,N} \quad (36)$$

Пример зависимостей средних полезностей сенсорных ответов от величины свидетельства Ψ для значений ценностей и рисков результата, которые обеспечивают только уверенные ответы, показан на рисунке 6. На этом рисунке средняя полезность ответа «да» $V(Y|\Psi)$ положительна при значениях Ψ больших, чем критерий вынесения успешного ответа «да» $\Psi_{крY} = -\ln 3$, а средняя полезность ответа «нет» $V(N|\Psi)$ положительна при значениях Ψ меньших, чем критерий вынесения успешного ответа «нет» $\Psi_{крN} = \ln 2$. Следовательно, на интервале свидетельств ($\Psi_{крY} = -\ln 3$, $\Psi_{крN} = \ln 2$) каждый из альтернативных

ответов «да–нет» обеспечивает успешность деятельности. Поэтому наблюдатель может выбрать тот из них, который обеспечивает максимальную полезность действия.

3.5.2. Уверенность в успешности выбранного действия в ситуации малых рисков

Предыдущий анализ принятия решений для задачи выбора сенсорной гипотезы по методу «да–нет–сомневаюсь» показал, что ответы свободного наблюдателя, стремящегося обеспечить успешность выбранного действия, зависят от величины рисков ошибочных ответов. При малых рисках, когда, согласно неравенству (36), произведение рисков ошибочных ответов «да» и «нет» меньше произведения ценностей правильных ответов, минимальная средняя полезность ответов положительна, т. е. любое выбранное действие является успешным. Так как условие положительности средней полезности выполняется на всей оси свидетельств, то ответы «сомневаюсь» при малых рисках отсутствуют при любом значении свидетельства Ψ . Наблюдатель для вынесения ответа использует только основной критерий $\Psi_{кр}$ и дает только уверенные ответы «да» и «нет».

При малых рисках уверенность в успешности действия, связанного с ответом «да», определяется как расстояние от полученного в наблюдении свидетельства Ψ до критерия $\Psi_{кр} = -\Sigma = \ln(s_{sn}/s_n)$, т. е. совпадает с уверенностью в большей полезности ответа «да»: $C_{hit}(Y|\Psi) = \Psi - \Psi_{кр} = \Psi + \Sigma = C_{util}(\Psi) > 0$. Уверенность в успешности действия, связанного с ответом «нет», соответственно равна $C_{hit}(N|\Psi) = \Psi + \Sigma = C_{util}(\Psi) < 0$, т. е. совпадает с уверенностью в большей полезности ответа «нет».

Видно, что при малых рисках поведение свободного наблюдателя ничем не отличается от поведения несвободного. При одинаковых значениях свидетельства Ψ ответы обоих наблюдателей совпадают. Также совпадают и их уверенности в вынесенных ответах «да» и «нет» и оценки их средних полезностей $\underline{V}(\Psi)$.

3.5.3. Уверенность в успешности выбранного действия в ситуации больших рисков. Влияние осторожности на уверенность

При больших рисках, когда, согласно формуле (37), произведение рисков ошибочных ответов «да» и «нет» больше произведения ценностей правильных ответов, критерий вынесения ответов «да» и «нет»

удовлетворяют неравенству $\Psi_{\text{крN}} < \Psi_{\text{крY}}$. Полезности обоих ответов на интервале $(\Psi_{\text{крN}}, \Psi_{\text{крY}})$ становятся отрицательными. При этом поведение свободного наблюдателя отличается от поведения несвободного наблюдателя либо ответом (появляются ответы «сомневаюсь» – событие D), либо, как мы сейчас покажем, величиной уверенности $C_{\text{hit}}(\mathbf{Y}|\Psi)$ для ответа «да» или $C_{\text{hit}}(\mathbf{N}|\Psi)$ для ответа «нет».

Если полученное в результате наблюдения свидетельство Ψ удовлетворяет неравенству $\Psi_{\text{крN}} < \Psi < \Psi_{\text{крY}}$, то свободный идеальный наблюдатель, отслеживающий знак средней полезности $\bar{V}(\Psi)$ ответов, знает, что полезности ответов «да» и «нет» при этом отрицательные и поэтому выбирает несенсорный ответ «сомневаюсь», который не вызывает каких-либо действий и результатов. Само понятие уверенности для такого ответа не имеет смысла.

Если же $\Psi > \Psi_{\text{крY}}$, то, согласно решающему правилу, свободный наблюдатель, как и несвободный, выносит ответ «да», но при этом *уверенность в успешности действия, связанного с ответом «да»*, определяется расстоянием между полученным при наблюдении свидетельством Ψ и критерием уверенного ответа «да» $\Psi_{\text{крY}}$:

$$C_{\text{hit}}(\mathbf{Y}|\Psi) = \Psi - \Psi_{\text{крY}} = \Psi - \Psi_{\text{кр}} - (\Psi_{\text{крY}} - \Psi_{\text{кр}}) = [\Psi + \Sigma] - \Omega_Y = C_{\text{util}}(\Psi) - \Omega_Y > 0, \quad (37)$$

где константа

$$\Omega_Y = \Psi_{\text{крY}} - \Psi_{\text{кр}} = \Sigma + \ln(-v_{n, \Psi} / v_{sn, \Psi}) > 0, \quad (38)$$

которая зависит только от ценностей правильных ответов и рисков ошибочных, при больших рисках, т. е. при выполнении условия (35), всегда больше 0.

Видно, что уверенность свободного наблюдателя в успешности действия, связанного с ответом «да», $C_{\text{hit}}(\mathbf{Y}|\Psi)$, в ситуации больших рисков меньше уверенности в большей полезности ответа «да» несвободного наблюдателя $C_{\text{util}}(\Psi)$ и уверенности в успешности ответа «да» свободного наблюдателя, находящегося в ситуации малых рисков, на величину Ω_Y . Уменьшение общего числа ответов «да» и уверенности в них при переходе от малых рисков к большим можно объяснить осторожностью наблюдателя.

Разрабатываемая нами математическая модель свободного идеального наблюдателя не описывает процесс формирования у человека осторожности в ответ на увеличение рисков, но она воспроизводит изменения его поведения, по сравнению с поведением несвободного наблюдателя: уменьшение числа уверенных ответов

«да» и уменьшение величины уверенности в их успешности на величину Ω_Y . Поэтому константу Ω_Y условно можно определить как «осторожность наблюдателя при вынесении ответа „да“».

Для вынесения ответа «да» при больших рисках используется неравенство для свидетельства $\Psi > \Psi_{крY}$. Но, согласно выражениям (37) и (38), вместо этого неравенства свободный наблюдатель может использовать эквивалентное неравенство:

$$C_{util}(\Psi) > \Omega_Y > 0, \tag{39}$$

которое означает, что если уверенность в большей полезности ответа «да» $C_{util}(\Psi)$ больше осторожности при вынесении ответа «да» Ω_Y , то выносится ответ «да». Если же уверенность в большей полезности ответа «да» меньше осторожности при вынесении ответа «да», т. е.:

$$\Omega_Y > C_{util}(\Psi) > 0, \tag{40}$$

то наблюдатель должен выносить ответ «сомневаюсь».

Если $\Psi < \Psi_{крN}$, то, согласно решающему правилу, должен быть вынесен ответ «нет». Уверенность в успешности действия, связанного с ответом «нет», определяется расстоянием между свидетельством Ψ и критерием уверенного ответа «нет» $\Psi_{крN}$:

$$C_{hit}(N|\Psi) = \Psi - \Psi_{крN} = \Psi - \Psi_{кр} + (\Psi_{кр} - \Psi_{крN}) = [\Psi + \Sigma] + \Omega_N = C_{util}(\Psi) + \Omega_N < 0, \tag{41}$$

где константа

$$\Omega_N = \Psi_{кр} - \Psi_{крN} = \ln(-v_{sn,N}/v_{n,N}) - \Sigma > 0, \tag{42}$$

которая при выполнении условия (35) всегда больше 0, зависит только от ценностей правильных ответов и рисков ошибочных. По аналогии с осторожностью Ω_Y положительную константу Ω_N в рамках модели условно можно называть «осторожностью наблюдателя при вынесении ответа „нет“».

Осторожность свободного наблюдателя при вынесении ответа «нет» Ω_N , проявляющаяся в ситуации больших рисков, приводит к тому, что область вынесения ответов «нет» уменьшается, по сравнению с ситуацией малых рисков, на интервал $(\Psi_{крN}, \Psi_{кр})$, который имеет длину Ω_N . Это уменьшает общее число ответов «нет». Проявление осторожности в ситуации больших потерь одновременно приводит к тому, что абсолютная величина уверенности в успешности действия, связанного с ответом «нет», $C_{hit}(N|\Psi)$ (которая меньше

нуля), становится по абсолютной величине меньше абсолютных величин уверенности в большей полезности ответа «нет» несвободного наблюдателя $C_{util}(\Psi)$ и уверенности в успешности ответа «нет» свободного наблюдателя, находящегося в ситуации малых потерь, $C_{hit}(N|\Psi)$, на величину осторожности Ω_N .

Для вынесения ответа «нет» свободный наблюдатель вместо неравенства для свидетельства $\Psi < \Psi_{крN}$, согласно (41) и (42), может использовать эквивалентное неравенство:

$$C_{util}(\Psi) < -\Omega_N < 0, \quad (43)$$

которое означает, что если абсолютная величина уверенности в большей полезности ответа «нет» (которая отрицательна) больше осторожности при его вынесении, то дается ответ «нет», а если меньше, т. е.

$$-\Omega_N < C_{util}(\Psi) < 0, \quad (44)$$

то наблюдатель должен выносить ответ «сомневаюсь».

Если сложить осторожности при вынесении ответов «да» и «нет», т. е. $\Omega_Y = \Psi_{крY} - \Psi_{кр}$ и $\Omega_N = \Psi_{кр} - \Psi_{крN}$, то получается зона сомнений на оси свидетельств шириной:

$$\Omega = \Omega_Y + \Omega_N = \Psi_{крY} - \Psi_{крN} = \ln(v_{n,Y} v_{sn,N} / v_{sn,Y} v_{n,N}), \quad (45)$$

которая в ситуации больших рисков (т. е. при выполнении неравенства $v_{n,Y} v_{sn,N} > v_{sn,Y} v_{n,N}$) больше 0. Напомним, что зона сомнений появляется на оси свидетельств только в ситуации больших рисков, т. е. когда произведение рисков ошибочных ответов превышает произведение ценностей ответов правильных.

3.5.4. Связь модели идеального наблюдателя для задачи выбора успешного действия с поведением реального человека, выполняющего аналогичную задачу

Выделим основные результаты, полученные с помощью разработанной модели уверенности для задачи сенсорного различения по методу «да–нет–сомневаюсь». Как и прежде, необходимо иметь в виду, что эти результаты относятся не ко всем, а только к хорошо обученным и рационально действующим испытуемым. Главный результат состоит в том, что поведение идеального наблюдателя при малых рисках качественно отличается от его поведения при больших рисках.

Было показано, что *при малых рисках*, т. е. когда произведение штрафов за ошибочные ответы «да» и «нет» $v_{n,Y} v_{sn,N}$ меньше произведения премий за правильные ответы $v_{sn,Y} v_{n,N}$, ответ «сомневаюсь» не используется, так как критерий выбора ответов «да-нет» $\Psi_{кр} = -\Sigma = -\ln(s_{sn}/s_n)$ обеспечивает положительную среднюю полезность $\underline{V}(\Psi)$ для любого значения свидетельства в пользу сигнала. При этом поведение свободного наблюдателя полностью совпадает с поведением несвободного наблюдателя.

$C_{hit}(\Psi)$ – уверенность в успешности вынесенных ответов «да» и «нет» свободного наблюдателя – при этом совпадает с ранее введенной уверенностью в наибольшей полезности вынесенного ответа $C_{util}(\Psi)$ несвободного наблюдателя, которая равна сумме трех уже известных нам составляющих: $\Lambda + L(x) + \Sigma$, где Λ – частотная составляющая свидетельства в пользу сигнала, $L(x)$ – сенсорная составляющая свидетельства в пользу сигнала и Σ – свидетельство большей значимости сигнала. Если какая-то из этих составляющих не положительна, а отрицательна, то это означает, что она свидетельствует не в пользу сигнала, а в пользу шума.

Так же, как несвободный наблюдатель, свободный принимает решения с помощью уверенности. Если уверенность в успешности $C_{hit}(\Psi) > 0$, то он выносит ответ «да», если $C_{hit}(\Psi) < 0$, то «нет». При этом ответы и свободного, и несвободного наблюдателей обеспечивают одинаковую среднюю полезность, большую нуля: $\underline{V}(\Psi) > 0$.

При *больших рисках*, т. е. когда произведение штрафов за ошибочные ответы «да» и «нет» $v_{n,Y} v_{sn,N}$ больше произведения премий за правильные ответы $v_{sn,Y} v_{n,N}$, в поведении несвободного наблюдателя ничего не меняется, ведь он просто не имеет возможности менять свое поведение при изменении величины ответственности за ошибки. Уверенность несвободного наблюдателя в полезности его ответов «да» или «нет» означает только то, что средняя полезность выбранного ответа превышает полезность альтернативного ответа и минимальную среднюю полезность $\underline{V}(\Psi) > \underline{V}_{min}$.

Если свидетельство в пользу сигнала Ψ попало внутрь интервала $(\Psi_{крN}, \Psi_{крY})$, то средняя полезность $\underline{V}(\Psi)$ любого ответа является отрицательной. Очевидно, что подобные ответы несвободного наблюдателя ему явно невыгодны и в реальной жизни человек ведет себя по-другому.

В поведении же свободного наблюдателя при замене малых рисков на большие происходят изменения, которые можно истолковать как проявление *осторожности*, свойственной человеку в условиях

больших рисков. Для принятия решений на оси свидетельств Ψ он в этой ситуации вместо общего критерия $\Psi_{кр} = -\Sigma = -\ln(s_{sn}/s_n)$ использует отдельные критерии для каждого из своих ответов: $\Psi_{крY} = \ln(-v_{n,Y}/v_{sn,Y})$ и $\Psi_{крN} = \ln(-v_{n,N}/v_{sn,N})$ для уверенных ответов «да» и «нет» соответственно. Все три критерия при этом удовлетворяют условию:

$$\Psi_{крN} < \Psi_{кр} < \Psi_{крY}.$$

При свидетельстве $\Psi > \Psi_{крY}$ (т. е. при $C_{util}(\Psi) > \Omega_Y$) свободный наблюдатель, как и несвободный, выносит уверенный ответ «да». Однако уверенность свободного наблюдателя в успешности ответа «да» $C_{hit}(Y|\Psi)$ хотя и больше нуля, но меньше уверенности в наибольшей полезности ответа «да» $C_{util}(Y|\Psi) > 0$ несвободного наблюдателя на величину осторожности $\Omega_Y = \Psi_{крY} - \Psi_{кр}$, т. е. $C_{hit}(Y|\Psi) = C_{util}(Y|\Psi) - \Omega_Y > 0$.

Такое уменьшение уверенности в ответе «да» модель объясняет проявлением осторожности, которая уменьшает сумму трех уже известных нам составляющих уверенности на величину осторожности Ω_Y : $C_{hit}(Y|\Psi) = C_{util}(\Psi) - \Omega_Y = C_{cor}(\Psi) + \Sigma - \Omega_Y = \Lambda + L(x) + \Sigma - \Omega_Y > 0$. Видно, что все три составляющих Λ , $L(x)$, Σ по отдельности и в сумме можно рассматривать как свидетельства в пользу одного из сенсорных ответов «да» или «нет». Осторожность же Ω_Y относится только к ответу «да» и по своему смыслу свидетельствует не в пользу ответа «да», а скорее против него – в пользу ответа «сомневаюсь», так как чем больше Ω_Y , тем больше ответов «сомневаюсь» и, соответственно, тем меньше уверенных ответов «да».

При свидетельстве $\Psi < \Psi_{крN}$ (т. е. при $C_{util}(\Psi) < -\Omega_N$) свободный наблюдатель, так же как и несвободный, выносит уверенный ответ «нет». Но абсолютная величина его уверенности в успешности ответа «нет» (которая, как мы знаем, отрицательна) меньше абсолютной величины уверенности в наибольшей полезности ответа «нет» $C_{util}(N|\Psi) < 0$ несвободного наблюдателя на величину осторожности Ω_N : $C_{hit}(N|\Psi) = C_{util}(\Psi) + \Omega_N = \Lambda + L(x) + \Sigma + \Omega_N < 0$. Видно, что осторожность Ω_N не является свидетельством в пользу ответа «нет». Скорее, она свидетельствует против этого ответа и в пользу ответа «сомневаюсь», так как чем больше Ω_N , тем меньше ответов «нет» и, соответственно, тем больше ответов «сомневаюсь» выдает испытуемый.

При попадании же свидетельства Ψ внутрь зоны сомнений ($\Psi_{крN} > \Psi_{крY}$), где средняя полезность $\underline{V}(\Psi)$ любого выбранного ответа меньше нуля и уверенность в полезности лежит в интервале $(-\Omega_N, \Omega_Y)$, т. е. выполняется неравенство $-\Omega_N < C_{util}(\Psi) < \Omega_Y$, свободный наблюдатель, в отличие от несвободного, выносит осторожный ответ «сомневаюсь», который не вызывает действий и не приносит никакого

результата. Таким образом более осторожный свободный наблюдатель избавляется от тех ответов «да» или «нет», которые приносят несвободному наблюдателю результаты с отрицательной средней полезностью.

Большая, по сравнению с уверенностью свободного наблюдателя, уверенность наблюдателя несвободного в выбранном ответе объясняется тем, что она гарантирует меньшее качество решения – только превышение средней полезности выбранного ответа над средней полезностью альтернативного ответа и минимальной полезностью. Уверенность же свободного наблюдателя дополнительно гарантирует еще и положительную полезность каждого выбранного решения (успешность вытекающего из него действия).

Согласно инструкции и разработанной математической модели, неуверенность свободного наблюдателя при вынесении ответа «сомневаюсь» объясняется его осторожностью, т. е. стремлением избегать ошибочных ответов, приносящих результаты с отрицательными значениями полезности V . Однако осторожность свободного идеального наблюдателя рационально обоснована. Ответ «сомневаюсь» появляется только в ситуации больших рисков и лишь тогда, когда абсолютная величина уверенности в полезности ответа «да» $C_{\text{util}}(Y|\Psi)$ меньше осторожности при вынесении ответа «да» Ω_Y либо когда абсолютная величина уверенности в полезности ответа «нет» $C_{\text{util}}(N|\Psi)$ меньше осторожности при вынесении ответа «нет» Ω_N . Если же абсолютная величина уверенности в полезности ответа превышает эти осторожности, то свободный наблюдатель выносит уверенный ответ.

Сумма осторожностей $\Omega = \Omega_Y + \Omega_N = \Psi_{\text{кр}Y} - \Psi_{\text{кр}N} = \ln(v_{n,Y} v_{\text{sn},N} / v_{\text{sn},Y} v_{n,N})$, равная ширине зоны сомнений на оси свидетельств, репрезентирует в модели общую осторожность, влияющую на уверенность идеального наблюдателя. Чем больше произведение величин штрафов превышает произведение величин премий, тем больше осторожность (и число ответов «сомневаюсь» в общем массиве ответов). Увеличение рисков и связанное с этим расширение зоны сомнений на оси свидетельств приводит к сокращению числа уверенных ответов в общем массиве ответов, но при этом доля правильных среди оставшихся уверенных ответов растет (см. обоснование этого тезиса в п. 3.6). Интересно отметить, что такое изменение поведения наблюдателя происходит только в ситуации больших рисков, т. е. малые штрафы радикально не меняют поведение человека. Он начинает проявлять осторожность только при условии, когда реально

проигрывает из-за больших штрафов. Можно сказать, что при малых рисках осторожность является скрытым фактором. Но в ситуации больших рисков этот фактор включается и серьезно влияет на поведение людей.

Полученная нами модель показывает, что на основании свидетельства в пользу сигнала Ψ и априорных значений ценностей и рисков ответов идеальный наблюдатель с помощью формул (16) и (17) может оценивать полезности ответов. Причем чем больше абсолютная величина свидетельства в пользу сигнала Ψ превышает абсолютную величину соответствующего критерия успешности ответа, а абсолютная величина уверенности в полезности ответа $C_{\text{util}}(\Psi)$ превышает величину соответствующей осторожности, тем больше прогнозируемые величины положительной средней полезности $\underline{V}(\Psi)$ и вероятности правильности выбранного ответа.

Реальный испытуемый, в отличие от идеального наблюдателя, устанавливает указанные связи между уверенностью в полезности ответа, средней полезностью ответа $\underline{V}(\Psi)$ и вероятностью правильности ответа не с помощью аналитических формул, а в результате накопления практического опыта. Однако формулы, описывающие идеального наблюдателя, доказывают, что эти связи имеют место. Наличие их в модели идеального наблюдателя объясняет, почему испытуемый может доверять своему практическому опыту, вынося ответы и оценивая свою уверенность в них.

В отличие от идеального наблюдателя и реального испытуемого, экспериментатору ни свидетельство правильности ответа Ψ , ни уверенность в полезности $C_{\text{util}}(\Psi)$, ни средняя полезность $\underline{V}(\Psi)$ выбранного ответа непосредственно не доступны. Но адекватность прогнозов полезности ответов испытуемого экспериментатор может проверить, накопив статистику его правильных ответов и вычислив затем их среднюю полезность.

3.6. Примеры численного моделирования для задачи выбора успешного действия

В результате разработки и анализа полученной математической модели уверенности для трех последовательно усложняемых сенсорных задач выяснилось, что первые две задачи – выбор наиболее правильного ответа и выбор наиболее полезного действия – при любом значении свидетельства в пользу сигнала всегда имеют определенное решение, удовлетворяющее всем требованиям задачи. По-

этому при выполнении данных задач у рационального идеального наблюдателя, строго говоря, нет оснований ощущать неуверенность в своем решении.

Конечно, в каждую из этих моделей можно ввести дополнительное математическое условие. Например, такое: «если значение свидетельства в пользу сигнала меньше некоторого заданного „референтного“ уровня, то решение считается неуверенным». И многие модели уверенности идут по этому пути. Но, как мы отмечали в п. 3.3.1, моделирование, если оно претендует на статус научной методологии, которая не только объясняет наблюдаемые психологические явления, но и предсказывает новые, ранее неизвестные, не имеет права вводить дополнительные требования, отсутствующие в самой изучаемой задаче. А инструкции первых двух задач, на материале которых экспериментаторы в настоящее время изучают уверенность, не позволяют объяснить, откуда берется этот референтный уровень свидетельств.

Логически строго объяснить состояние неуверенности можно только появлением на оси принятия решения такой области, где наблюдатель не может найти ни одного решения, удовлетворяющего всем условиям задачи. Такая область, как было показано, может возникать только в рамках самой близкой к реальности и самой сложной из трех рассмотренных задач: задачи выбора успешного действия.

Только таким образом сформулированная задача позволяет наблюдателю в процессе предъявления длинной серии проб в одних случаях испытывать уверенность в своем решении, а в других – неуверенность. Следовательно, для полноценного объяснения как уверенности, так и неуверенности можно использовать только модель выбора успешных ответов. Лишь она воспроизводит эти явления во всей их полноте и не нуждается в дополнительных условиях, не имеющих рациональных обоснований в инструкции самой задачи.

При этом выяснилось, что даже для этой задачи психологический феномен неуверенности возникает не всегда, а только при условии больших штрафов за ошибки восприятия. В условиях же малых штрафов область сомнений на оси принятия решения в модели отсутствует, и поэтому все решения наблюдателя являются уверенными.

Обнаруженная в рамках модели выбора успешного действия связь между величиной рисков и осторожностью наблюдателя, кото-

рая проявляется в виде неуверенных ответов, представляет важную характеристику процесса принятия решения и оценки уверенности в нем. Осторожность является универсальным психологическим качеством, которое не зависит от выбора конкретных категорий различения. Однако для разных категорий различения стимулов эта связь может проявляться по-разному.

Для демонстрации возможностей численного моделирования с помощью задачи выбора успешного действия нами был рассмотрен вопрос, как с ростом величины риска ошибочных ответов появляются неуверенные ответы и изменяются статистические характеристики уверенных ответов для двух наиболее распространенных категорий сенсорного различения: «больше–меньше» и «одинаковые–разные».

Для облегчения работы испытуемых в инструкциях сенсорных задач обычно явно указывается или неявно предполагается, что стимулы совершенно равноправны. Поэтому для демонстрации возможностей численного моделирования вероятности предъявления стимулов и ценности правильных ответов были выбраны одинаковые $P(\mathbf{sn})=P(\mathbf{n})=0,5$ и $v_{\mathbf{sn},Y}=v_{\mathbf{n},N}=1$. Риски ошибочных ответов при вычислениях также задавались одинаковыми, но в процессе моделирования величина штрафа r варьировалась ($v_{\mathbf{n},Y}=v_{\mathbf{sn},N}=-r$).

Так как в настоящее время эксперимент позволяет в итоге получить только интегральные характеристики ответов, то необходимо с помощью модели извлечь расчетным путем соответствующие интегральные характеристики ответов. Методика подобных расчетов изложена в Приложении. Но для ее понимания необходимо сказать несколько слов о математических сложностях вычислений.

Законы плотности распределения вероятностей $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$ значений сенсорного впечатления X при моделировании уверенности обычно задаются достаточно простыми формулами (например, нормальное распределение, χ^2 -распределение и т. п.). Однако получаемые на их основе законы плотности распределения вероятностей $g(\Psi|\mathbf{sn})$ и $g(\Psi|\mathbf{n})$ значений свидетельства в пользу сигнала Ψ , как правило, значительно сложнее. К тому же, их вид сильно зависит от заданных в сенсорной задаче категорий различения стимулов. По этим причинам для вычисления интегральных характеристик ответов удобнее работать не с осью свидетельств Ψ , а с осью сенсорных впечатлений x . Дело в том, что задача вычисления критериев для оси сенсорного впечатления по критериям для оси свидетельств $\Psi_{\text{кр}} = -\ln(s_{\mathbf{sn}}/s_{\mathbf{n}})$, $\Psi_{\text{кр}Y} = \ln(-v_{\mathbf{n},Y}/v_{\mathbf{sn},Y})$ и $\Psi_{\text{кр}N} = \ln(-v_{\mathbf{n},N}/v_{\mathbf{sn},N})$, зада-

ваемым значениями штрафов и премий, решается все-таки проще, чем нахождение плотностей распределения вероятностей $g(\Psi|\mathbf{sn})$ и $g(\Psi|\mathbf{n})$.

Так как при заданных значениях априорных вероятностей $P(\mathbf{sn})=P(\mathbf{n})=0,5$ априорное свидетельство в пользу сигнала равно нулю ($\Lambda=0$), то полное свидетельство в пользу сигнала Ψ совпадает с сенсорным свидетельством в пользу сигнала: $\Psi=\Lambda+L(x)=L(x)$, которое является функцией от значения сенсорного впечатления x . Поэтому область возможных значений свидетельства Ψ полностью определяется значениями сенсорного свидетельства, которое легко вычисляется, если известны распределения $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$, выбранные для модели.

Обратным преобразованием каждому возможному значению Ψ можно поставить в соответствие определенное значение сенсорного впечатления $x=L^{-1}(\Psi)$. Задача нахождения обратной функции $L^{-1}(\Psi)$ всегда имеет решение. Трудность состоит только в том, что оно является однозначным не для всех категорий различения. Поэтому и усложняется задача вычисления критических значений на оси значений сенсорного впечатления.

Как будет далее показано, при различении в категориях «больше–меньше» возможные значения свидетельства Ψ заполняют всю ось $(-\infty, +\infty)$. Обратным преобразованием значения свидетельства Ψ взаимно однозначно переводятся в значения сенсорного впечатления x , которые также заполняют всю ось $(-\infty, +\infty)$. Поскольку при выбранных значениях полезности действий V значимости стимулов $s_{\mathbf{sn}}$ и $s_{\mathbf{n}}$ одинаковы, то на оси свидетельств основной критерий принятия решения $\Psi_{\text{кр}}=0$. На оси значений сенсорного впечатления ему соответствует единственный основной критерий принятия решения $x_{\text{кр}}=0$.

При различении же в категориях «одинаковые–разные» возможные значения свидетельства Ψ , как далее будет показано, не могут быть меньше определенного минимального значения Ψ_{min} , величина которого определяется параметрами распределений $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$. При этом каждому возможному значению свидетельства $\Psi>\Psi_{\text{min}}$ соответствует два значения сенсорного впечатления x . На оси свидетельств основной критерий принятия решения так же, как для различения в категориях «больше–меньше», $\Psi_{\text{кр}}=0$. Но на оси значений сенсорного впечатления ему соответствуют два основных критерия принятия решения $x_{\text{кр}}$, которые в общем случае не равны нулю.

3.6.1. Различение стимулов в категориях «больше–меньше»

Для простоты вычислений было принято, что плотности распределения вероятностей $f(x|\mathbf{sn})$ (для ответа «больше») и $f(x|\mathbf{n})$ (для ответа «меньше») имеют нормальный вид. Дисперсии σ^2 распределений были заданы одинаковыми и равными 1, т. е. можно считать, что значения сенсорного впечатления x нормированы на среднее квадратическое отклонение σ . Модальные значения плотностей $f(x|\mathbf{n})$ и $f(x|\mathbf{sn})$ были выбраны, соответственно, симметричными и равными: $-0,7$ и $+0,7$.

Отметим, что сама модель никаких ограничений на выбор конкретных значений вероятностей предъявления стимулов $P(\mathbf{sn})$ и $P(\mathbf{n})$, значений полезности действий V и вида плотностей распределения вероятностей $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$ не накладывает. Конкретные параметры модели (нормальный закон для распределений $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$ и значения их параметров, а также значения вероятностей предъявления стимулов $P(\mathbf{sn})$ и $P(\mathbf{n})$) выбраны только для того, чтобы продемонстрировать возможности численного анализа сенсорной задачи с помощью модели.

Так как выбранные для расчетов нормальные законы $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$ имеют одинаковые дисперсии и равные по абсолютной величине средние значения, то сенсорное свидетельство в пользу сигнала $L(x)$ является линейной функцией от значения сенсорного впечатления x . А из-за того, что вероятности предъявления стимулов одинаковы, частотное свидетельство в пользу сигнала $\Lambda=0$, поэтому зависимость свидетельства в пользу сигнала Ψ от значения x сенсорного впечатления также является линейной функцией.

Для каждого выбранного значения штрафа r в соответствии с заданными параметрами модели вначале по заданным априорным вероятностям $P(\mathbf{sn})=P(\mathbf{n})=0,5$ и распределениям $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$ на интервале от -5 до $+5$ значений сенсорного впечатления x с шагом $\Delta x=0,1$ вычислялись значения свидетельства в пользу сигнала $\Psi(x)$, равные натуральному логарифму произведения отношения априорных вероятностей стимулов $P(\mathbf{sn})/P(\mathbf{n})$ на отношение правдоподобия $f(x|\mathbf{sn})/f(x|\mathbf{n})$. Затем по полученным значениям $\Psi(x)$ по формулам (9) и (10) вычислялись значения апостериорных вероятностей $P(\mathbf{sn}|x)$ и $P(\mathbf{n}|x)$. Наконец, по полученным значениям $P(\mathbf{sn}|x)$ и $P(\mathbf{n}|x)$ и заданным ценностям и рискам ответов по формулам (14) и (15) вычислялись значения условных средних полезностей ответов «да» и «нет» $\underline{V}(Y|x)$ и $\underline{V}(N|x)$.

Зависимости основных характеристик модели $P(\mathbf{n})f(x|\mathbf{n})$ и $P(\mathbf{sn})f(x|\mathbf{sn})$, $\Psi(x)$, $P(\mathbf{sn}|x)$ и $P(\mathbf{n}|x)$, $\underline{V}(Y|x)$ и $\underline{V}(N|x)$ от значения сенсорного впечатления x , полученные для рисков ошибочных ответов $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -1$, приведены на рисунке 8. Как видно из рисунка, при заданных параметрах модели зависимость свидетельства в пользу сигнала $\Psi(x)$ от значения сенсорного впечатления является линейной и проходит через ноль при $x=0$, поэтому основному критерию $\Psi_{кр} = 0$ и критериям успешных ответов $\Psi_{крY}$, $\Psi_{крN}$ взаимно однозначно соответствуют критерии $x_{кр} = 0$, и $x_{крY}$ и $x_{крN}$. При выбранном значении штрафа за ошибочные ответы $r=1$ критерии вынесения успешных ответов «да» и «нет» совпадают с основным критерием принятия решения $x_{кр} = x_{крN} = x_{крY} = 0$, и поэтому ширина области сомнений $w = x_{крY} - x_{крN}$ на оси сенсорных впечатлений равна 0.

На рисунке 9 приведены графики аналогичных зависимостей $P(\mathbf{n})f(x|\mathbf{n})$ и $P(\mathbf{sn})f(x|\mathbf{sn})$, $\Psi(x)$, $P(\mathbf{sn}|x)$ и $P(\mathbf{n}|x)$, $\underline{V}(Y|x)$ и $\underline{V}(N|x)$ от значения сенсорного впечатления x , полученные для рисков ответов $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -1,6$, при которых минимальная средняя полезность $V_{\min} < 0$, и поэтому на оси сенсорных впечатлений имеется область сомнений $x_{крN} < x < x_{крY}$ шириной $w = x_{крY} - x_{крN} = 0,671434$.

Так как в реальном эксперименте могут быть получены только интегральные характеристики ответов, то для проверки работоспособности модели аналитическим путем были вычислены соответствующие теоретические характеристики ответов. В качестве

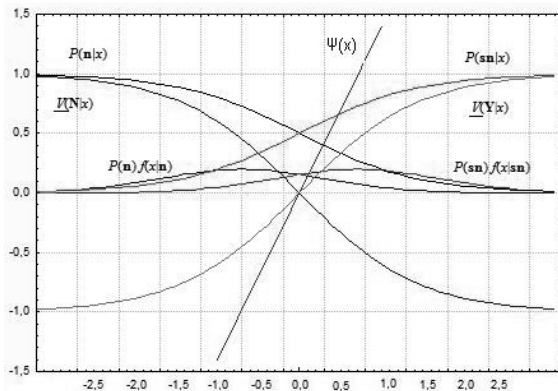


Рис. 8. Графики зависимостей основных характеристик модели для задачи различения стимулов в категориях «больше–меньше» от значения сенсорного впечатления x , полученные при значениях рисков ошибочных ответов: $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -1$.

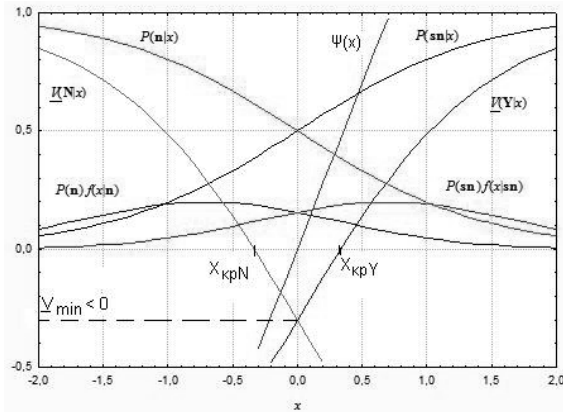


Рис. 9. Графики зависимостей основных характеристик модели для задачи различения стимулов в категориях «больше–меньше» от значения сенсорного впечатления x , полученные при значениях рисков ошибочных ответов: $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -1,6$.

конкретной цели моделирования было выбрано исследование влияния величины штрафа ошибочного ответа на интегральные характеристики ответов.

Для штрафов, изменяющихся с шагом $\Delta r = 0,1$ в диапазоне от 0 до 5,4, в начале на оси сенсорных впечатлений вычислялись границы области сомнений $x_{крN}$ и $x_{крY}$ и ее ширина $w = x_{крY} - x_{крN}$. Затем по формулам для вычисления интегральных характеристик ответов испытуемых (см. Приложение) вычислялись безусловные вероятности ответов: уверенных $P(\text{Con}) = P(Y) + P(N)$, правильных и уверенных $P(\text{Cor, Con}) = P(\text{Cor, Y}) + P(\text{Cor, N})$ и ответов «сомневаюсь» $P(D)$. По полученным значениям $P(\text{Con})$ и $P(\text{Cor, Con})$ вычислялась доля правильных уверенных ответов среди всех (правильных и ошибочных) уверенных $P(\text{Cor, Con})/P(\text{Con})$. Из-за симметричности графиков зависимостей основных характеристик модели от значений сенсорного впечатления безусловные вероятности уверенных ответов и правильных уверенных ответов «больше» и «меньше» равны друг другу: $P(Y) = P(N)$ и $P(\text{Cor, Y}) = P(\text{Cor, N})$.

Наконец, по полученным значениям безусловных вероятностей уверенных правильных ответов $P(\text{Cor, Con})$, вероятностей уверенных ошибочных ответов $P(\text{Err, Con}) = P(\text{Con}) - P(\text{Cor, Con})$ и известным ценностям и рискам ответов вычислялись безусловные средние полезности $E(V_{\text{YND}})$ для свободного наблюдателя, оперирующего ответами «да»,

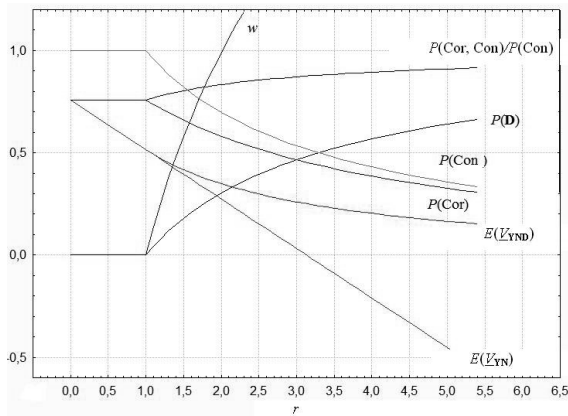


Рис. 10. Графики зависимостей ширины области сомнений и интегральных характеристик различения стимулов в категориях «больше–меньше» от величины штрафа за ошибочные ответы.

«нет» и «сомневаюсь», и $E(V_{YN})$ – для несвободного наблюдателя, оперирующего с помощью основного критерия $\Psi_{кр}$ только ответами «да» и «нет». Полученные зависимости w , $P(Con)$, $P(Cor)$, $P(Cor, Con)/P(Con)$, $P(D)$, $E(V_{YND})$ и $E(V_{YN})$ от величины штрафа r приведены на рисунке 10.

Из рисунка видно, что вначале с ростом величины штрафов r от 0 до 1 (ситуация малых рисков) свободный идеальный наблюдатель не использует ответ «сомневаюсь» и поэтому его интегральные характеристики совпадают с характеристиками несвободного. Безусловная вероятность всех его правильных ответов («да» + «нет») $P(Cor, Con)$ не зависит от r и так же, как у несвободного наблюдателя, равна 0,758; безусловная вероятность уверенных ответов $P(Con)$ равна 1; ширина области сомнений w на оси сенсорных впечатлений равна 0; безусловная вероятность неуверенных ответов $P(D)$ равна 0. Безусловные средние полезности $E(V_{YND})$ для свободного наблюдателя (использующего три ответа «да–нет–сомневаюсь») и $E(V_{YN})$ для несвободного (использующего только критерий выбора ответов «да–нет» $\Psi_{кр}$) совпадают и с ростом величины штрафов r падают по линейному закону.

Однако при $r > 1$, когда штрафы ошибочных ответов превышают премии правильных, у свободного наблюдателя появляется область сомнений, в которой он выносит ответ «сомневаюсь». Это дает ему возможность избавляться от тех наблюдений, в которых полученное свидетельство Ψ не позволяет вынести ответ с гарантированной положительной полезностью.

Видно, что с ростом величины штрафа r выше 1 за счет роста ширины зоны сомнений безусловные вероятности уверенных ответов $P(\text{Con})$ и уверенных правильных ответов $P(\text{Cor}, \text{Con})$ свободного наблюдателя начинают падать, а безусловная вероятность неуверенных ответов $P(\mathbf{D})$ начинает расти. Однако доля правильных ответов среди уверенных $P(\text{Cor}, \text{Con})/P(\text{Con})$ с ростом r выше 1 растет. Таким образом, аналитический модельный расчет предсказывает, что свободный идеальный наблюдатель, используя только уверенные ответы, может повышать вероятность их правильности. Если разработанная модель правильно описывает поведение реального испытуемого, то свободный испытуемый с помощью уверенности также может повышать вероятность правильности своих ответов. В четвертой главе представлены результаты экспериментальной проверки этого прогноза.

С ростом величины штрафов r выше 1 падает вероятность безусловных уверенных ответов $P(\text{Con})$ и растет безусловная вероятность ответов неуверенных. При этом безусловная средняя полезность ответов $E(V_{\text{YND}})$ свободного наблюдателя плавно уменьшается, но всегда остается положительной. Несвободный же наблюдатель вынужден всегда давать определенный ответ «да» или «нет», и с ростом величины штрафов получаемая им средняя полезность $E(V_{\text{YN}})$ продолжает падение по линейному закону. Начиная с $r=3,133$ и дальше она становится отрицательной, т. е. несвободный наблюдатель, продолжая выполнение задачи, работает себе в убыток.

3.6.2. Различение стимулов в категориях «одинаковые–разные»

В задаче различения с категориями «одинаковые–разные» пара «разных» стимулов обозначается как сигнал (\mathbf{sn}), а пара «одинаковых» – как шум (\mathbf{n}). То есть в качестве сигнала мы рассматриваем сенсорное впечатление различия двух разных стимулов (один из них всегда стандартный, а другой больше или меньше стандартного), а в качестве шума – сенсорное впечатление от двух одинаковых стимулов. Для простоты выполнения испытуемыми сенсорной задачи вероятность предъявления «одинаковых» пар стимулов $P(\mathbf{n})$ была принята равной 0,5, а среди «разных» пар вероятности пар с меньшим $P(\mathbf{sn}_1)$ и большим $P(\mathbf{sn}_2)$ стимулом были приняты равными 0,25. Соответственно, вероятность предъявления «разных» пар стимулов $P(\mathbf{sn})$ равна $P(\mathbf{sn}_1)+P(\mathbf{sn}_2)=0,5$. Ценности правильных ответов задавались одинаковыми: $v_{\mathbf{sn}, \mathbf{Y}}=v_{\mathbf{n}, \mathbf{N}}=1$. Риски ошибочных ответов также

задавались одинаковыми: $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -r$. Величина штрафа за ошибки r в процессе моделирования варьировалась.

Все три функции распределения вероятностей – $f(x|n)$, $f(x|sn_1)$ и $f(x|sn_2)$ – для упрощения вычислений были приняты нормальными с одинаковыми дисперсиями, равными 1, т. е. можно считать, что значения сенсорного впечатления x нормированы на среднее квадратическое отклонение σ . Модальные значения распределений $f(x|sn_1)$, $f(x|sn_2)$ и $f(x|n)$ были соответственно заданы равными -1 , $+1$ и 0 . При этом сенсорное впечатление от пары «разных» стимулов описывалось суммарным распределением плотности вероятности $P(sn) f(x|sn) = P(sn_1) f(x|sn_1) + P(sn_2) f(x|sn_2)$. В отличие от различения в категориях «больше–меньше», моды распределений вероятностей сенсорного впечатления от сигнала и шума совпадают и равны нулю.

Порядок вычислений зависимостей основных характеристик модели: $P(n) f(x|n)$, $P(sn_1) f(x|sn_1)$ и $P(sn_2) f(x|sn_2)$, $\Psi(x)$, $P(sn|x)$ и $P(n|x)$, $\underline{V}(Y|x)$ и $\underline{V}(N|x)$ от значения сенсорного впечатления x был такой же, как для категорий «больше–меньше». Однако вид полученных зависимостей, по сравнению с задачей «больше–меньше», усложнился, так как область уверенного ответа «да» X_Y в этой задаче распадается на два интервала, соответствующих двум разным вариантам реализации «разных» пар – с меньшим (sn_1) и с большим стимулом (sn_2). Причиной такого раздвоения является нелинейная (типа «квадратичной параболы») зависимость свидетельства в пользу сигнала $\Psi(x)$ от значения сенсорного впечатления x .

Для примера сначала рассмотрим риски ошибочных ответов $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -0,5$ (см. рисунок 11), при которых минимальная средняя полезность $\underline{V}_{min} = 0,25$, т. е. больше нуля, и поэтому на оси сенсорного впечатления отсутствует область сомнений. На оси принятия решения существуют два критерия, определяющих границы областей вынесения уверенных ответов «да» или «нет»: $-x_{1кр} = -1,085$ и $x_{2кр} = 1,085$. При значениях сенсорного впечатления $x < -x_{1кр} = -1,085$ или $x > x_{2кр} = 1,085$ выносится ответ «да», а при $-1,085 = x_{1кр} < x < x_{2кр} = 1,085$ – ответ «нет». На рисунке 11 приведены соответствующие зависимости основных характеристик модели – $P(n) f(x|n)$, $P(sn_1) f(x|sn_1)$ и $P(sn_2) f(x|sn_2)$, $\Psi(x)$, $P(sn|x)$ и $P(n|x)$, $\underline{V}(Y|x)$ и $\underline{V}(N|x)$ – от значения сенсорного впечатления x .

Когда риски ошибочных ответов $v_{n,Y} = v_{sn,N}$ становятся немного меньше -1 и минимальная средняя полезность $\underline{V}_{min} < 0$, каждое из критических значений сенсорного впечатления расщепляется на два

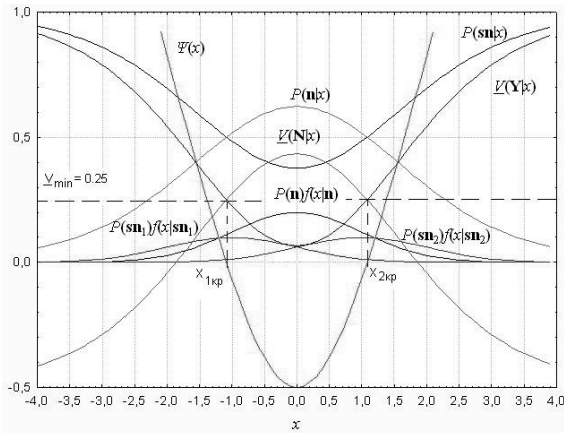


Рис. 11. Графики зависимостей основных характеристик модели для задачи различения стимулов в категориях «одинаковые–разные» от значения сенсорного впечатления x , полученные при значениях рисков ошибочных ответов: $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -0,5$.

($x_{1кр}$ на $x_{1крY}$ и $x_{1крN}$, а $x_{2кр}$ на $x_{2крY}$ и $x_{2крN}$) и вокруг них образуются две области сомнений $x_{1крY} < x < x_{1крN}$ и $x_{2крN} < x < x_{2крY}$. В качестве примера на рисунке 12 для рисков ответов $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -1,3$ приведены соответствующие зависимости $P(n)f(x|n)$, $P(sn)f(x|sn_1)$ и $P(sn_2)f(x|sn_2)$, $\Psi(x)$, $P(sn|x)$ и $P(n|x)$, $V(Y|x)$ и $V(N|x)$ от величины сенсорного впечатления x . На оси сенсорных впечатлений имеются две области вынесения ответа «да» ($x < x_{1крY} = -1,396$ и $1,396 = x_{2крY} < x$) и одна область вынесения ответа «нет» ($-0,717 = x_{1крN} < x < x_{2крN} = 0,717$), а также две области вынесения ответа «сомневаюсь» ($-1,396 = x_{1крY} < x < x_{1крN} = -0,717$ и $0,717 = x_{2крN} < x < x_{2крY} = 1,396$).

При дальнейшем росте величины штрафов ошибочных ответов r две появившиеся области сомнений расширяются и сливаются в одну. Дело в том, что даже максимум средней полезности ответа «нет» $V(N|x)$ становится отрицательным и в результате область уверенного ответа «одинаковые» исчезает. Наблюдатель, имеющий своей целью только успешные действия, при этом может выносить только два ответа – «разные» и «сомневаюсь». Действие, связанное с ответом «одинаковые», при высоких штрафах является убыточным. Поэтому идеальный наблюдатель от него отказывается. В качестве примера случая, когда максимум средней полезности ответа «нет» $V(N|x) < 0$ и на оси сенсорных впечатлений две области сомнений слились в одну, на рисунке 13 приведены зависимости $P(n)f(x|n)$,

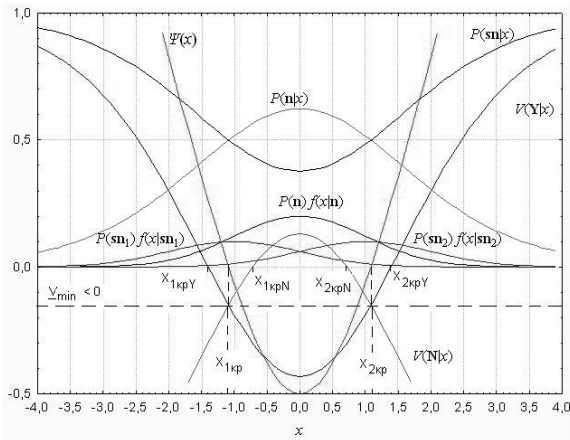


Рис. 12. Графики зависимостей основных характеристик модели для задачи различения стимулов в категориях «одинаковые–разные» от значения сенсорного впечатления x , полученные при значениях рисков ошибочных ответов: $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -1,3$.

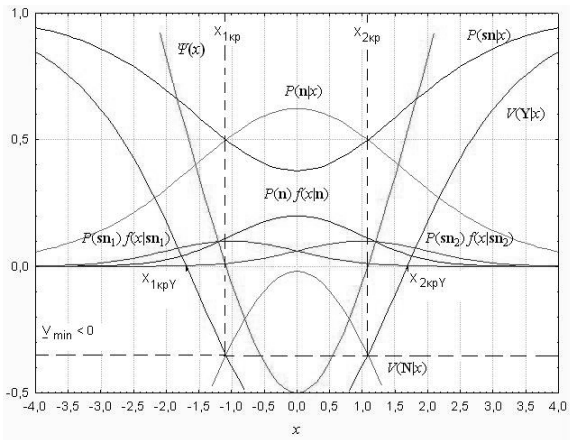


Рис. 13. Графики зависимостей основных характеристик модели для задачи различения стимулов в категориях «одинаковые–разные» от значения сенсорного впечатления x , полученные при значениях рисков ошибочных ответов: $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -1,7$.

и $P(\mathbf{sn}_1) f(x|\mathbf{sn}_1)$ и $P(\mathbf{sn}_2) f(x|\mathbf{sn}_2)$, $\Psi(x)$, $P(\mathbf{sn}|x)$ и $P(n|x)$, $V(Y|x)$ и $V(N|x)$ от величины сенсорного впечатления x , полученные для значений рисков ответов $v_{n,Y} = v_{sn,N} = -1,7$.

Для сравнения с результатами экспериментов и проверки работоспособности модели было проведено исследование влияния величины штрафа ошибочного ответа r на интегральные характеристики ответов. Параметры стимулов и ценности правильных ответов были взяты из вышеприведенных примеров. Общий порядок вычислений интегральных характеристик различения стимулов в категориях «одинаковые–разные» от величины штрафа за ошибочные ответы $P(\text{Con})$, $P(\text{Cor, Con})$, $P(\text{N})$, $P(\text{Y})$ и $P(\text{D})$, $E(V_{\text{YN}})$ и $E(V_{\text{YND}})$ описан в Приложении.

Величина штрафа r ($v_{n,Y} = v_{sn,N} = -r$) изменялась в диапазоне от 0 до 1,7 с шагом $\Delta r = 0,1$. Для каждой величины r на оси сенсорных впечатлений находились соответствующие критические значения $x_{1\text{кр}}$ и $x_{2\text{кр}}$, а также $x_{1\text{крY}}$, $x_{1\text{крN}}$ и $x_{2\text{крN}}$, $x_{2\text{крY}}$. Затем вычислялись безусловные вероятности правильных ответов $P(\text{Cor, Con})$, ошибочных $P(\text{Err, Con})$ и безусловные средние полезности $E(V_{\text{YN}})$, $E(V_{\text{YND}})$, безусловные вероятности ответов «одинаковые», «разные», «сомневаюсь»: соответственно, $P(\text{N})$, $P(\text{Y})$ и $P(\text{D})$. Графики зависимостей безусловных величин $P(\text{N})$, $P(\text{Y})$ и $P(\text{D})$, $P(\text{Cor, Con})/P(\text{Con})$, $E(V_{\text{YN}})$ и $E(V_{\text{YND}})$ от r приведены на рисунке 14.

В диапазоне изменения r от 0 до 1 безусловная вероятность неуверенных ответов $P(\text{D})$ равна 0, а безусловные вероятности вынесения уверенных ответов «разные» $P(\text{Y}) = 0,38$ и «одинаковые» $P(\text{N}) = 0,62$. Такое значительное превышение вероятности отве-

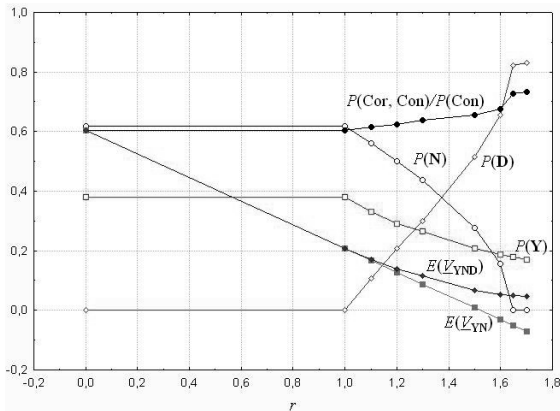


Рис. 14. Графики зависимостей интегральных характеристик различения стимулов в категориях «одинаковые–разные» от величины штрафа за ошибочные ответы.

тов «одинаковые» над вероятностью ответов «разные», полученное не в результате эксперимента, а в результате теоретического анализа, на первый взгляд, кажется ошибочным, ведь стимулы «одинаковые» и «разные» в задаче предъясняются с одинаковыми вероятностями ($P(\mathbf{n})=P(\mathbf{sn})=0,5$). Для сравнения напомним, что при различении в категориях «больше–меньше» вероятности вынесения ответов вполне ожидаемо совпадали с вероятностями предъяснения соответствующих стимулов: $P(\mathbf{Y})=P(\mathbf{sn})=0,5$ и $P(\mathbf{N})=P(\mathbf{n})=0,5$ (см. п. 3.6.1).

Чтобы понять, почему при различении в категориях «одинаковые–разные» появилось различие между безусловными интегральными вероятностями этих ответов $P(\mathbf{Y})$ и $P(\mathbf{N})$, обратимся к рисунку 15, где для различения в категориях «одинаковые–разные» приведены плотности распределения вероятностей для сигнала и шума при выбранных для анализа параметрах стимулов. Сравним его с рисунком 16, где приведены нормальные плотности распределения вероятностей для сигнала и шума с единичными дисперсиями и средними значениями равными $-0,7$ и $0,7$ при различении в категориях «больше–меньше».

Видно, что на рисунке 16 области вынесения ответов «да» ($0 < x < +\infty$) и «нет» ($-\infty < x < 0$) симметричны, что и обеспечивает равенство интегральных вероятностей ответов $P(\mathbf{Y})=P(\mathbf{N})$. На рисунке же 15 область вынесения ответов «да» состоит из двух бесконечных интервалов ($-\infty < x < x_{1\text{кр}} = -1,085$) и ($1,085 = x_{2\text{кр}} < x < +\infty$), в то время как область вынесения ответов «нет» состоит из одного конечного интервала ($-1,085 = x_{1\text{кр}} < x < x_{2\text{кр}} = 1,085$), т. е. эти области качественно различны. Поэтому ожидание равенства интегральных вероятностей ответов $P(\mathbf{Y})$ и $P(\mathbf{N})$ не имеет под собой никаких оснований. Численные же оценки показывают, что на интервале $-1,085 < x < 1,085$ площадь под графиком $P(\mathbf{n}) f(x|\mathbf{n})$ дает безусловную вероятность правильных ответов «одинаковые» $P(\text{Cor}, \mathbf{N})=0,361$, а площадь под графиком $P(\mathbf{sn}) f(x|\mathbf{sn})$ дает безусловную вероятность ошибочных ответов «одинаковые» $P(\text{Err}, \mathbf{N})=0,259$, а в сумме получается, что безусловная вероятность вынесения ответов «одинаковые» $P(\mathbf{N})=0,62$. На интервалах $x < -1,085$ и $x > 1,085$ сумма площадей под графиком $P(\mathbf{sn}) f(x|\mathbf{sn})$ дает безусловную вероятность правильных ответов «разные» $P(\text{Cor}, \mathbf{Y})=0,242$, а сумма площадей под графиком $P(\mathbf{n}) f(x|\mathbf{n})$ дает безусловную вероятность ошибочных ответов «разные» $P(\text{Err}, \mathbf{Y})=0,138$. В сумме получается, что безусловная вероятность вынесения ответов «разные» $P(\mathbf{Y})=0,38$.

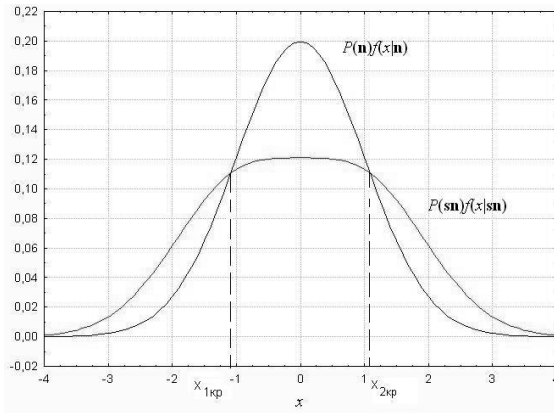


Рис. 15. Зависимости $P(n) f(x|n)$ и $P(sn) f(x|sn)$ от величины сенсорного впечатления x для различия стимулов в категориях «одинаковые–разные».

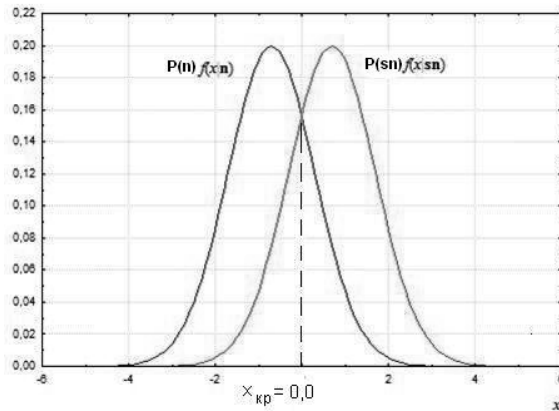


Рис. 16. Зависимости $P(n) f(x|n)$ и $P(sn) f(x|sn)$ от величины сенсорного впечатления x для различия стимулов в категориях «больше–меньше».

При изменении величины штрафа за ошибочные ответы r от 0 до 1 безусловные средние полезности $E(V_{YND})$ для свободного наблюдателя и $E(V_{YN})$ для несвободного совпадают и уменьшаются по линейному закону.

Но при $r > 1$, когда штрафы ошибочных ответов немного превышают премии правильных, у свободного наблюдателя на оси принятия решения появляются две области сомнений $x_{1крY} < x < x_{1крN}$

и $x_{2крN} < x < x_{2крY}$ (см. рисунок 12), на которых он вместо определенного уверенного ответа «да» или «нет» выносит ответ «сомневаюсь». С дальнейшим увеличением величины штрафов ошибочных ответов за счет расширения двух появившихся областей сомнений безусловные вероятности уверенных ответов «да» и «нет» свободного наблюдателя – $P(Y)$ и $P(N)$ – падают, а безусловная вероятность неуверенных ответов «сомневаюсь» $P(D)$ растет. Начиная с $r=1,6487$, максимум средней полезности ответа «нет» $V(N|x)$ становится меньше 0 и по этой причине уверенные ответы «одинаковые» полностью исчезают, остаются только уверенные ответы «разные» (см. рисунок 13). В этом вновь проявляется несимметрия между ответами «да» и «нет», характерная для задачи различения в категориях «одинаковые–разные». При штрафах меньших, чем премии ($r < 1$) $P(Y) < P(N)$, а при штрафах $r > 1,56$, наоборот, $P(Y) > P(N)$. Тем не менее, доля правильных ответов среди уверенных $P(Cor, Con)/P(Con)$ с ростом r монотонно растет, как и в задаче «больше–меньше».

Возможность использовать ответы «сомневаюсь» позволяет свободному наблюдателю избавляться от тех ответов, которые имеют отрицательную среднюю полезность. За счет отказа от таких ответов безусловная средняя полезность $E(V_{YND})$ свободного наблюдателя с увеличением значения штрафов r свыше 1 начинает уменьшаться медленнее, чем безусловная средняя полезность $E(V_{YN})$ несвободного наблюдателя, которая с ростом штрафов продолжает падение по линейному закону. Начиная с $r=1,5$ и дальше, безусловная средняя полезность $E(V_{YN})$ становится отрицательной, а безусловная средняя полезность $E(V_{YND})$ всегда остается положительной.

Таким образом, модель показала, что свободный идеальный наблюдатель с помощью уверенности может регулировать вероятность правильности своих ответов и их безусловную среднюю полезность. Если разработанная модель правильно описывает поведение испытуемого, то свободный испытуемый также с помощью уверенности может регулировать вероятность правильности и безусловную среднюю полезность своих ответов. В четвертой главе способность свободного испытуемого регулировать вероятность правильности своих ответов будет проверена экспериментально.

ГЛАВА 4

ПРОВЕРКА ПРИМЕНИМОСТИ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ УВЕРЕННОСТИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Описание задач для экспериментальных исследований с целью проверки модели

Численное моделирование, проведенное на основе разработанной модели, показало, что для задач различения в категориях «больше–меньше» и «одинаковые–разные» уверенность в ответе увеличивает вероятность правильности принимаемого решения (см. п. 3.6). Обе эти задачи изучаются психофизикой, а в повседневной жизни типичны для деятельности операторов информационных панелей, разработчиков видео- и аудиотехники, для врачей, занимающихся диагностикой и коррекцией зрения и слуха, рентгенологией, для дегустаторов и т. п. Отметим, что в практике экспериментальных исследований различение в категориях «больше–меньше» встречается часто, а в категориях «одинаковые–разные» гораздо реже.

Для верификации разработанной модели были проведены несколько эмпирических проверок прогнозов, полученных на ее основе.

Во-первых, проверялось принципиальное предсказание модели о том, что *среди уверенных ответов наблюдателя доля правильных больше, чем среди всех (уверенных и неуверенных) его ответов* (см. рисунки 10 и 14).

Для задач «больше–меньше» авторами было проведено экспериментальное психофизическое исследование на материале решения задач порогового различения сенсорных признаков объектов. В таких задачах сравниваемые признаки недостаточно различимы, весьма острым является дефицит входной сенсорной информации, и поэтому в процессе решения задачи человек реально переживает субъективное чувство уверенности или неуверенности.

Для получения необходимых данных в задаче различения пространственных признаков зрительных стимулов были выделены две экспериментальные ситуации. В первой из них испытуемые должны были выбрать определенный ответ из двух взаимоисключающих сенсорных альтернатив: «больше» или «меньше» (двухкатегорийный метод констант), не обращая внимания на свои возможные сомнения в правильности принимаемого решения. Во второй ситуации испытуемые учитывали субъективное чувство уверенности или неуверенности и в случае неуверенности могли проявить осторожность и вынести дополнительный ответ «сомневаюсь» (трехкатегорийный метод констант) (см. п. 4.2.1).

Верификация разработанной модели для задачи различения временных признаков зрительных стимулов в категориях «одинаковые–разные» (см. п. 4.2.2) была проведена на основе анализа результатов экспериментальных исследований, выполненных сотрудниками Института психологии РАН И. Г. Скотниковой (Скотникова, 2002б, 2005, 2008) и Е. В. Головиной (Головина, 2004, 2006, 2009). Эти исследования содержат все необходимые для проверки разработанной модели данные о правильности и уверенности ответов, но вопрос о прибавке правильности за счет уверенности в них не рассматривался.

Практика проверки теоретических моделей с помощью эмпирических данных, полученных другими исследователями, весьма распространена как в отечественной, так и в зарубежной психофизике. Более того, такая проверка более объективна, чем проверка по собственным данным автора, поскольку исключает возможность «подгонки» экспериментальных данных (которые уже опубликованы и известны в литературе) под собственную теорию. Так, в психоакустической модели Ю. А. Индлина (Индлин, 1976) обосновано, что можно использовать отношение частот ошибок пропусков сигнала к частотам ошибок ложной тревоги в качестве показателя критерия решения. Эмпирические значения этого показателя Индлин вычислил по данным базовых экспериментов теории обнаружения сигнала (обнаружение звука на фоне шума по громкости) (Green, Swets, 1974). У. Феррел (Ferrel, McGoeu, 1980; Ferrel, 1995) проверил свою модель калибровки субъективных вероятностей по данным ряда авторов: по оценкам общей осведомленности и различения почерков (Juslin, 1994; Lichtenstein et al., 1977), по различению разрывов в кольцах Ландольдта (Keren, 1988). С. Линк (Link, 2003) для проверки своей версии модели случайных блужданий использо-

вал данные трех исследований различения длин линий, выполненных другими авторами (Henmon, 1911; Johnson, 1939; Asher, 1974).

Во-вторых, проверялись предсказания модели о том, что *рефлексивные, а также осторожные наблюдатели более эффективно решают задачи порогового типа с оценкой уверенности, по сравнению с импульсивными и склонными к риску лицами.*

Согласно теории обнаружения сигнала и, вслед за ней, согласно нашей модели уверенности, для того чтобы реальный испытуемый действовал так же рационально, как и идеальный наблюдатель, он должен уметь учитывать всю доступную ему информацию о стимулах и затем правильно прогнозировать среднюю полезность своих ответов (т. е., предположительно, быть рефлексивным, а не импульсивным). Кроме того, согласно модели, в ситуации неопределенности он должен проявлять осторожность и отказываться принимать решение в тех случаях, где прогнозируемая им полезность оказывается отрицательной.

Поэтому для оценки применимости разработанной модели уверенности идеального наблюдателя к поведению реальных испытуемых было проведено исследование взаимосвязей между предсказываемой моделью способностью испытуемых увеличивать точность решения сенсорной задачи при выдаче только уверенных ответов как результатов решения и двумя указанными свойствами индивидуальности (см. п. 4.3).

В-третьих, проверялось предсказание модели о том, что *в задаче «одинаковые–разные» вероятности ответов «одинаковые» больше, чем вероятности ответов «разные»* (см. рисунки 14 и 15).

С помощью модели для задачи сенсорного различения в категориях «одинаковые–разные» были проведены численные расчеты вероятностей вынесения ответов «одинаковые» и «разные» без учета правильности и уверенности в них. Полученные теоретические значения вероятностей этих ответов сравнивались с соответствующими эмпирическими частотами, полученными нами и другими авторами (см. п. 4.4.1).

В-четвертых, проверялись предсказания модели о том, что *повышение штрафа за ошибочные ответы приводит к росту осторожности и понижению уверенности в правильности ответов (и в успешности связанных с ними действий)* (см. п. 3.5.3). С этой целью был проведен эксперимент по зрительному различению временных интервалов с трехкатегорийной оценкой уверенности и использованием премий за правильные ответы и штрафов за ошибочные (см. п. 4.4.2).

В-пятых, проверялось косвенное предсказание модели о том, что *разработанная модель идеального наблюдателя применима к реальным наблюдателям при условии обучения последних с использованием обратной связи*. В ней им должно сообщаться о результатах их сенсорного различения (либо обнаружения) и о степени адекватности их оценок уверенности.

Для такой проверки был проведен эксперимент по зрительному различению временных интервалов с двухкатегорийной оценкой уверенности и использованием обратной связи указанного характера, дававшейся испытуемым (см. п. 4.4.3).

4.2. Экспериментальное исследование способности испытуемых повышать правильность ответов с помощью уверенности в задачах порогового различения

4.2.1. Задача различения в категориях «больше–меньше»

Методика исследования

Цель экспериментов состояла в исследовании способности наблюдателя управлять правильностью решения сенсорной задачи с помощью уверенности в принятом решении. В психофизических опытах, состоящих из двух серий проб, каждый с использованием двух- и трехкатегорийного вариантов метода констант (Бардин, 1976) соответственно, изучалось зрительное пороговое различение размеров окружностей, одновременно предъявлявшихся парами на экране монитора (методика В. А. Садова и В. М. Шендяпина, компьютерная программа В. А. Садова).

Диаметр эталонной окружности, предъявлявшейся всегда слева от переменной, составлял 275 либо 375 пикселей (в зависимости от размера дисплея используемого компьютера). Два значения диаметра переменной окружности – большее и меньшее, чем диаметр эталонной окружности (т. е. две константы) – индивидуально подбирались околопороговыми для каждого наблюдателя, что при предъявлении и той, и другой константы (в парах с эталоном) дало 54–80% правильных ответов. Диапазон диаметров переменной окружности индивидуально варьировал от 268 до 279 пикселей. Предъявления обеих пар стимулов (с той и другой константой) были равновероятными ($P_{>} = P_{<} = 0,5$) и происходили в случайном порядке. Длительность предъявления пары стимулов составляла 600 мс, интервал между пробами – 1000 мс.

В исследовании участвовали 47 испытуемых, с каждым из которых было проведено от одного до семи опытов, включавших по 2 серии проб. 36 опытов включали серии по 400 проб каждый, 11 – по 300, 1 опыт состоял из 299 проб, 6 – по 200 и 37 – по 100 проб. При этом вторая серия содержала не меньше, а обычно больше проб, чем первая, чтобы число уверенных ответов во второй серии было соизмеримо с числом всех ответов в первой серии. Вариации числа проб были вызваны, с одной стороны, естественным стремлением получить максимально возможную статистику измерений, а с другой – ориентацией на степень зрительной утомляемости испытуемых. Тем, кого сильно утомляла последовательность из 400 проб, давалось 300, 200 или 100 проб, в зависимости от функционального состояния испытуемых в ходе опытов. Таким образом, в целом был проведен 91 опыт, что включало 22799 психофизических измерений по двухкатегорийному варианту метода констант и 23814 психофизических измерений по трехкатегорийному варианту, т. е. в общей сложности 46613 измерений.

В первой серии экспериментов наблюдатели относительно каждой пары стимулов выносили ответ: «больше» или «меньше» переменная окружность, по сравнению с эталоном. Во второй серии они для каждой пары стимулов давали ответ в этих двух категориях только в случаях своей уверенности в них. В случаях же неуверенности они давали ответ «сомневаюсь». Приводим инструкцию для первой серии.

В опыте изучается ваша индивидуальная способность управлять процессом принятия своих сенсорных решений для обеспечения успешности деятельности, в которую вы в данный момент включены. Предполагается, что успешность вашей деятельности зависит только от того, насколько точно вы различаете предъявляемые на экране компьютера две окружности, диаметры которых слегка различаются. Чем больше правильных ответов и чем меньше ошибочных, тем выше оценка результатов вашей деятельности.

Опыт состоит из последовательности проб. В каждой пробе в левой и правой половинах экрана монитора одновременно предъявляются две окружности. *Слева* всегда появляется одна и та же окружность эталонного диаметра. *Справа* появляется одна из окружностей переменного диаметра, величина которого может быть больше или меньше, чем у эталона. Большие и меньшие окружности предъявляются в случайном порядке с одинаковой вероятностью, равной 0,5. Размеры пере-

менных окружностей подбираются индивидуально так, чтобы в серии из 100 проб суммарно получалось 70–80% правильных ответов.

Ваша цель – максимально точно рассортировать переменные окружности на две категории: «бóльшие» и «меньшие», чем эталон. В каждой пробе вы должны дать ответ, к какой группе относите правую окружность – к «бóльшим» (нажимаете клавишу →) либо к «меньшим» (нажимаете клавишу ←), чем эталон. Программа устроена так, что ваш ответ засчитывается только после того, как предьявленная в пробе пара окружностей исчезла с экрана. Время для вашего ответа не ограничивается. Важно, чтобы вы давали наиболее точный ответ (а не наиболее быстрый). Следующая пара стимулов будет появляться только после вашего ответа на предыдущую пару. Пожалуйста, внимательно наблюдайте за предьявляемыми сигналами и старайтесь отвечать как можно точнее.

Инструкция для второй серии, соответствующей второй экспериментальной ситуации, повторяла инструкцию для первой с одним отличием: для каждой пары стимулов ответы «больше» или «меньше» выносились только при условии высокой уверенности испытуемого в их правильности. Для этого испытуемым предлагалось учитывать, что риск ошибочного решения значительно превышает ценность правильного. Например, женщинам предлагалась ролевая игра врача, ставящего на основании сравнения предьявленных окружностей диагноз серьезно больному человеку, здоровье которого в случае ошибочного решения может ухудшиться. А мужчинам предлагалось играть роль охотника, который в случае промаха безвозвратно теряет дичь, в которую он целится через оптический прицел с двумя окружностями. В случаях же неуверенности в решении испытуемым разрешалось выносить ответ «сомневаюсь» путем нажатия на клавишу ↑. Так как определенное решение в данной пробе не принималось, то считалось, что это не повлечет за собой никакие последствия. Тем самым испытуемый избегал риска принятия ошибочного решения в данной пробе, но при этом сокращал общее число принятых в данной серии решений. Естественно, такое сокращение числа проб, где были приняты решения, ограничивалось пониманием испытуемых, что отказываться от решения в каждой пробе нельзя. Каждый испытуемый самостоятельно находил компромисс между желанием получить как можно больше правильных решений и сократить при этом число ошибочных.

Статистические процедуры обработки и анализа полученных данных состояли в следующем.

1. Для каждого отдельного опыта:
 - а) подсчитывалось общее число полученных ответов n_1 и число правильных ответов m_1 среди них в первой серии, число уверенных ответов n_2 и число правильных ответов m_2 среди них во второй серии;
 - б) в качестве оценки вероятности правильности ответа $p_1 = P(\text{Cor})$ в первой серии вычислялась частота $w_1 = m_1/n_1$, в качестве оценки вероятности правильности ответа во второй серии $p_2 = P(\text{Cor}, \text{Con})/P(\text{Con})$ вычислялась частота правильных среди уверенных ответов $w_2 = m_2/n_2$, в качестве оценки $\Delta p = p_2 - p_1$ – величины прибавки вероятности p_2 относительно p_1 (т. е. $P(\text{Cor}, \text{Con})/P(\text{Con}) - P(\text{Cor})$) – вычислялась величина сдвига второй частоты относительно первой $\Delta w = w_2 - w_1$;
 - в) для контроля ошибок, возникающих при замене теоретических вероятностей p_1, p_2 на эмпирические частоты w_1, w_2 , распределенные по закону Бернулли, вычислялись оценки соответствующих средних квадратичных отклонений $\sigma_1 = \{[w_1(1-w_1)/n_1]\}^{1/2}$ и $\sigma_2 = \{[w_2(1-w_2)/n_2]\}^{1/2}$, для контроля ошибки, возникающей при замене Δp на Δw , вычислялась оценка среднего квадратичного отклонения $\sigma_\Delta = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^{1/2}$ (Гмурман, 1999).
2. По результатам всех опытов были выделены максимальные и минимальные значения w_1, w_2 и Δw , определяющие размах вариации этих показателей по всей выборке полученных результатов.
3. Для проверки, в какую сторону в целом по всей полученной в результате опытов выборке Δw сдвигаются оценки w_2 вероятности p_2 относительно оценки w_1 вероятности p_1 , был употреблен непараметрический критерий знаков (Сидоренко, 1996). Метод непараметрической статистики был использован потому, что она применима для любых видов распределения эмпирических данных и оттого более универсальна, чем параметрическая статистика, адекватная лишь для нормальных распределений.

Упорядоченная по возрастанию 91 индивидуальная прибавка Δw частот w_2 правильных ответов, полученных при выборе из трех категорий «больше–меньше–сомневаюсь», относительно частот w_1 правильных ответов, полученных при выборе из двух категорий «больше–меньше», представлена на рисунке 17 средней, монотонно растущей последовательностью экспериментальных точек. Верхние

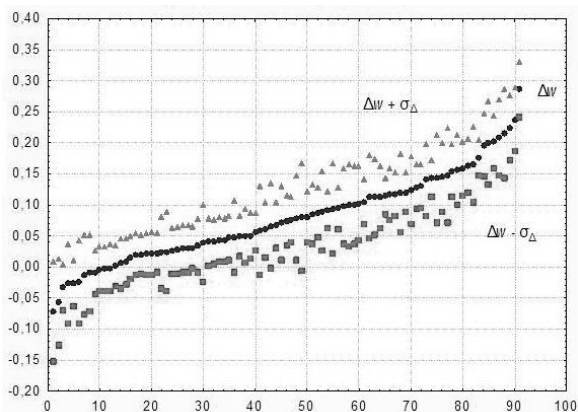


Рис. 17. Расположенная в порядке возрастания последовательность индивидуальных прибавок частот правильных ответов среди уверенных относительно частот всех правильных ответов ($\Delta w = w_2 - w_1$).

Примечание: по оси ординат даны величины прибавок Δw , по оси абсцисс – номера экспериментов, расположенных в порядке возрастания прибавок Δw . Последовательности точек, обозначенные как $\Delta w - \sigma_{\Delta}$ и $\Delta w + \sigma_{\Delta}$, оценивают диапазон вариативности полученных значений прибавок: $\Delta w \pm \sigma_{\Delta}$.

и нижние немонотонно разбросанные точки оценивают диапазон вариативности полученных значений: $\Delta w \pm \sigma_{\Delta}$. Видно, что практически все полученные значения Δw расположены в области их положительных значений.

На рисунке 18 представлена гистограмма распределения 91 индивидуальной прибавки Δw частот правильных ответов. Как видно, в подавляющем большинстве экспериментов (в 79 из 91, или в 87% случаев) обнаружено превышение частоты правильных ответов w_2 над частотой правильных ответов w_1 .

Показатели, оцененные по всему массиву полученных значений частот ответов, приведены в таблице 1. Среднее по всему массиву опытов значение частоты правильных среди уверенных ответов $w_{2cp} = 0,762$ превышает среднее значение частоты всех правильных ответов $w_{1cp} = 0,683$ на величину $\Delta w_{cp} = 0,078$. Размах разброса величин Δw по всему массиву опытов составил от $-0,072$ до $0,287$.

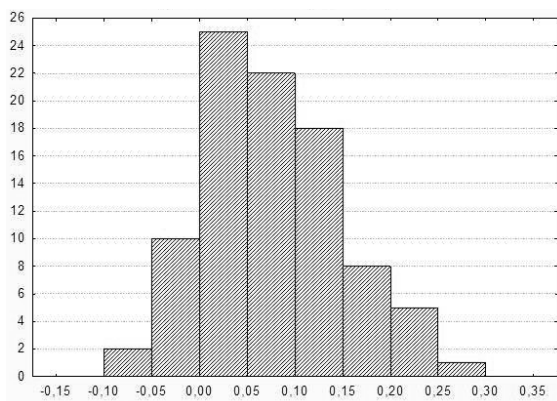


Рис. 18. Гистограмма распределения индивидуальных прибавок Δw частот правильных ответов, полученных для задачи «больше–меньше».

Примечание: по оси абсцисс даны дискретные величины прибавок частот правильных ответов среди уверенных относительно частот всех правильных ответов ($\Delta w = w_2 - w_1$), по оси ординат – число экспериментов для каждой дискретной величины прибавки Δw .

Таблица 1

Описание результатов 91 опыта,
проведенного по задаче «больше–меньше»

Переменная	Число экспериментов	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение
w_1	91	0,683	0,540	0,875
w_2	91	0,762	0,577	0,958
Δw	91	0,079	-0,072	0,287

Примечание: w_1 – индивидуальная частота правильных ответов, полученная в первой серии эксперимента; w_2 – индивидуальная частота правильных уверенных ответов, полученная во второй серии эксперимента; $\Delta w = w_2 - w_1$ – прибавка частоты правильных ответов во второй серии, по сравнению с первой.

4.2.2. Задача различения в категориях «одинаковые–разные»

Методика исследования

Для эмпирической проверки прогнозов модели использовались данные исследований И. Г. Скотниковой и Е. В. Головиной, полученные для различения по типу «одинаковые–разные» для временных

признаков зрительных стимулов при последовательном их предъявлении (Скотникова, 2002, 2005, 2008; Головина, 2006, 2009). Методика обработки была аналогична методике для задачи различения в категориях «больше–меньше».

В каждой пробе испытуемые, согласно инструкции, давали два ответа: 1) оценивали длительности предъявленных световых вспышек в каждой паре как «одинаковые» или «разные» и 2) оценивали, уверены или сомневаются они в правильности первого ответа, т. е. в правильности различения. Таким образом, испытуемые в каждой пробе фактически проходили через две ситуации – обязательное вынесение определенного сенсорного ответа и последующее отнесение его к категории уверенных или сомнительных. Это позволило нам использовать методику вычисления прибавки вероятности правильности для уверенных ответов, разработанную для задачи различения в категориях «больше–меньше».

По материалам И. Г. Скотниковой были проанализированы данные 55 экспериментов (5500 измерений), по материалам Е. В. Головиной – данные 43 экспериментов (4300 измерений) с участием соответственно 39 и 32 испытуемых.

Статистические процедуры обработки и анализа полученных данных состояли в следующем. По индивидуальным данным каждого испытуемого, а также по всему массиву данных (9825 измерений):

- а) подсчитывалось общее число полученных ответов n_1 и число правильных m_1 среди всех ответов, число уверенных ответов n_2 и число правильных m_2 среди уверенных ответов;
- б) в качестве оценки $P(\text{Cor})$ вычислялась частота всех правильных ответов $w_1 = m_1/n_1$, в качестве оценки $P(\text{Cor}, \text{Con})/P(\text{Con})$ вычислялась частота правильных среди всех уверенных ответов $w_2 = m_2/n_2$, в качестве оценки $P(\text{Cor}, \text{Con})/P(\text{Con}) - P(\text{Cor})$ вычислялась разность $\Delta w = w_2 - w_1$; были выделены максимальные и минимальные значения w_1 , w_2 и Δw , определяющие размах вариации этих показателей;
- в) вычислялись оценки соответствующих средних квадратичных отклонений σ_1 , σ_2 и σ_Δ для значений w_1 , w_2 и Δw тем же способом, что и для данных, полученных в задаче «больше–меньше» (Гмурман, 1999).

Результаты

Последовательности экспериментальных точек на рисунке 19, отражающие возрастание индивидуальных прибавок частот пра-

вильных ответов Δw , полученных в каждом из 98 опытов, представлены аналогично рисунку 17.

Вновь очевидно, что практически весь диапазон значений Δw расположен в области положительных значений. Однако в целом эти значения несколько меньше (они расположены в области более низких величин Δw), а их разброс, т. е. среднее квадратичное отклонение σ_{Δ} , больше по сравнению с результатами, полученными в задаче «больше–меньше» (см. рисунок 17). Большие значения Δw в задаче «больше–меньше» объясняются тем, что в этой задаче испытуемые более осознанно управляли своей уверенностью (см. п. 4.2.3).

Большой разброс величин Δw в задаче «одинаковые–разные» – следствие меньшего объема измерений, проведенных с каждым испытуемым, по сравнению с задачей «больше–меньше».

На рисунке 20 представлена гистограмма распределения индивидуальных прибавок Δw , соответствующих средней монотонно растущей последовательности точек на рисунке 19. Как вид-

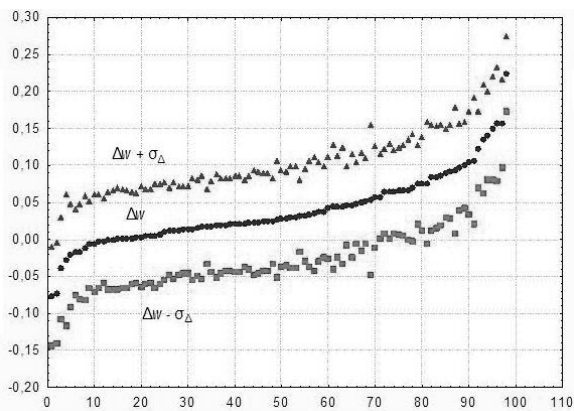


Рис. 19. Расположенная в порядке возрастания последовательность индивидуальных прибавок частот правильных ответов среди уверенных относительно частот всех правильных ответов ($\Delta w = w_2 - w_1$).

Примечание: по оси ординат даны величины прибавок Δw , по оси абсцисс – номера экспериментов, расположенных в порядке возрастания прибавок Δw . Последовательности точек, обозначенные как $\Delta w - \sigma_{\Delta}$ и $\Delta w + \sigma_{\Delta}$, оценивают диапазон вариативности полученных значений прибавок: $\Delta w \pm \sigma_{\Delta}$.

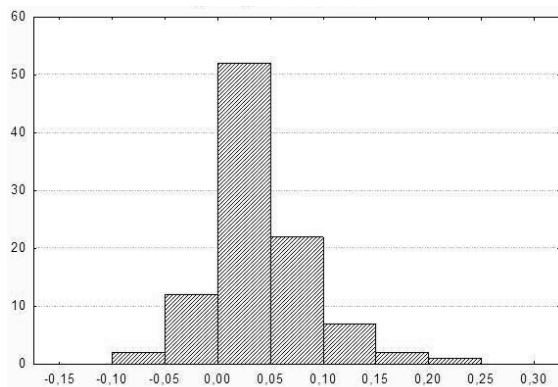


Рис. 20. Гистограмма распределения 98 индивидуальных прибавок Δw значений частот w_2 правильных уверенных ответов относительно частот w_1 всех (уверенных и неуверенных) правильных ответов.

Примечание: по оси абсцисс даны дискретные величины прибавок частот правильных ответов среди уверенных относительно частот всех правильных ответов ($\Delta w = w_2 - w_1$), по оси ординат – число экспериментов для каждой дискретной величины прибавки Δw .

но, вновь в подавляющем большинстве экспериментов (в 84 из 98, т. е. в 85% случаев) частота правильных ответов среди уверенных оказалась выше, чем общая по всем ответам частота правильных ответов.

Показатели, найденные по всему массиву полученных значений частот, представлены в таблице 2. Среднее по всем экспериментам значение частоты правильных ответов среди уверенных $w_{2cp} = 0,773$ превышает среднее значение частоты правильных среди всех ответов $w_{1cp} = 0,734$ на величину $\Delta w_{cp} = 0,039$. Размах разброса величин Δw , полученный по всем экспериментам, составил от $-0,076$ до $0,224$.

4.2.3. Обсуждение полученных результатов

А. Проверка значимости полученных прибавок частоты правильных ответов

Для проверки гипотезы о том, что преимущественно положительные знаки сдвигов частот правильных ответов среди уверенных

Таблица 2
 Описание результатов 98 опытов,
 проведенных по задаче «одинаковые–разные»

Переменная	Число экспериментов	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение
w_1	98	0,734	0,610	0,870
w_2	98	0,773	0,643	0,974
Δw	98	0,039	-0,076	0,224

Примечание: w_1 – индивидуальная частота всех (уверенных и неуверенных) правильных ответов; w_2 – индивидуальная частота правильных уверенных ответов; $\Delta w = w_2 - w_1$ – прибавка частоты правильных ответов.

ответов w_2 относительно частот правильных ответов среди всех ответов w_1 были получены не случайно, использовался непараметрический G -критерий знаков (Сидоренко, 2007).

Для задачи различения в категориях «больше–меньше» было установлено, что преимущественно положительные знаки сдвига частот правильных ответов было получены не случайно ($G_{\text{эмп}} = 12 < G_{\text{кр}} = 33$, $p < 0,01$), а благодаря предоставленной испытуемым возможности отказываться от принятия решений в тех ситуациях, когда они не уверены в их правильности.

Гипотеза о неслучайности большого числа положительных сдвигов Δw частот w_2 правильных уверенных ответов относительно частот w_1 всех (уверенных и неуверенных) правильных ответов, обнаруженного в экспериментах по задаче различения в категориях «одинаковые–разные», также статистически достоверно подтвердилась ($G_{\text{эмп}} = 14 < G_{\text{кр}} = 37$; $p < 0,01$).

Полученный в обоих случаях результат полностью соответствует прогнозам модели (см. рисунки 10 и 14) и свидетельствует о том, что испытуемые способны *повышать* правильность решения сенсорной задачи с помощью уверенности в принятом решении.

Важно отметить, что превышение вероятности правильности уверенных ответов над вероятностью правильности всех ответов было обнаружено в обоих основных видах задач зрительного различения: «больше–меньше» и «одинаковые–разные», причем как для пространственных признаков зрительных объектов, предъявлявшихся одновременно, так и для временных признаков, предъявлявшихся последовательно. Таким образом, установленный факт имеет достаточно общее значение.

Б. Влияние инструкции, даваемой испытуемому, на прибавку частоты его правильных ответов

При сравнении прибавок частоты правильных ответов, полученных в двух рассмотренных задачах, было обнаружено влияние инструкции, даваемой испытуемому, на *эффективность повышения* правильности решения им сенсорной задачи с помощью уверенности. Использование инструкции, которая прямо стимулирует испытуемых стремиться к максимальной правильности *уверенного* решения (т. е. строгой инструкции, использованной в задаче «больше–меньше», исследованной по методике Шендяпина), позволило получить усредненную по всем экспериментам прибавку частоты правильных ответов (среди уверенных) относительно общей частоты правильных ответов ($\Delta w_{cp} = 0,078$), которая *вдвое* больше аналогичной усредненной по всем экспериментам прибавки в случае инструкции, в которой уверенность нейтральна по отношению к повышению правильности (нейтральная инструкция использована в экспериментах, проведенных по методике И. Г. Скотниковой, для задачи «одинаковые–разные»: $\Delta w_{cp} = 0,039$).

Для проверки гипотезы о неслучайности получения больших индивидуальных прибавок частот правильных ответов при использовании более строгой инструкции был применен непараметрический критерий Манна–Уитни. Сравнение массива прибавок частот Δw , полученного по 91 эксперименту для задачи со строгой инструкцией, с массивом прибавок частот Δw , полученному по 98 экспериментам для задачи с нейтральной инструкцией, выявило, что различие между полученными при этих инструкциях прибавками статистически достоверно ($p < 0,00003$). Это свидетельствует о том, что испытуемые способны *осознанно* повышать правильность решения сенсорной задачи с помощью уверенности в принятом решении (когда они используют третью категорию ответов – «сомневаюсь» – и тем самым разграничивают свои уверенные и неуверенные ответы).

В. Сравнение результатов, полученных в задачах «больше–меньше» и «одинаковые–разные», с данными других авторов

Во-первых, в рассмотренной задаче порогового зрительного различения размеров окружностей автором с помощью разработанной им методики был экспериментально обнаружен новый феномен повышения правильности ответов при введении в процедуру психофизического эксперимента по двухкатегорийному методу констант (с категориями ответов «больше» и «меньше») третьей категории ответов: «сомневаюсь».

При внесении в инструкцию требования давать только уверенные ответы «больше» или «меньше» в категорию «сомневаюсь» уходит как часть правильных, так и часть ошибочных ответов испытуемого. Но, согласно модели, отношение части ошибочных ответов, входящих в число неуверенных, к общему числу ошибочных ответов выше, чем отношение части правильных ответов, входящих в число неуверенных, к общему числу правильных ответов. Поэтому деление всего массива ответов на уверенные и неуверенные по-разному меняет исходный баланс между правильными и ошибочными ответами: среди уверенных он меняется в пользу правильных, а среди неуверенных – в пользу ошибочных. Обнаруженный экспериментальный факт вполне соответствует предсказаниям модели и тем самым подтверждает ее адекватность.

По данным других исследователей были вычислены частоты правильных ответов среди уверенных и эти частоты сопоставлены с частотами всех правильных ответов. Использованы публикации, в которых форма представления данных позволяла провести такие расчеты и в которых, как и в нашем случае, изучалась задача «больше–меньше» с двумя категориями уверенности («уверен–сомневаюсь»). Такими работами среди тех, которые нам удалось найти и проанализировать, оказались исследования различения локализации звука и видимой глубины (Obrink, 1948), а также видимой скорости (Bjorkman, Qvarsell, 1963).

Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 3. В ней же помещены результаты расчетов для различения в категориях «одинаковые–разные», выполненных по данным И. Г. Скотниковой и Е. В. Головиной, взятые из таблицы 2, а также данные

Таблица 3

Сравнение прибавок эмпирических частот правильных ответов

Данные исследований ряда авторов	Оценка $P(\text{Cor})$	Оценка $P(\text{Cor, Con})/ P(\text{Con})$	Оценка $P(\text{Cor, Con})/ P(\text{Con}) - P(\text{Cor})$	Значимость
Bjorkman, Qvarsell, 1963	0,750	0,810	0,060	нет данных
Obrink, 1948	0,799	0,901	0,102	нет данных
Скотникова, 2005, 2008; Головина, 2006, 2009	0,734	0,773	0,039	$p < 0,01$
Шендяпин и др., 2010	0,683	0,762	0,079	$p < 0,01$

собственного экспериментального исследования для различения в категориях «больше–меньше» из таблицы 1 (Скотникова, 2002б, 2005, 2008; Головина, 2004, 2006, 2009).

Видно, что полученные для задачи «больше–меньше» положительные прибавки частот правильных ответов и положительные прибавки, полученные по данным И. Г. Скотниковой и Е. В. Головиной для задачи «одинаковые–разные», а также по данным Дж. Обринка, М. Бьоркмана и Б. Кварселла, вполне сопоставимы. К сожалению, значимость вычисленных прибавок частот правильных ответов по этим публикациям оценить было невозможно, поскольку в них отсутствуют необходимые для этого данные.

Отметим, что, хотя полученные в экспериментах автора, а также рассчитанные им по данным И. Г. Скотниковой и Е. В. Головиной, значения превышения частот правильных ответов среди уверенных по отношению к частотам всех правильных ответов являются сравнительно небольшими по абсолютной величине, важно, что они статистически достоверны ($p < 0,01$). В психологии весьма нередки случаи, когда небольшие по абсолютной величине числовые данные рассматриваются как показательные, если они статистически значимы (или даже прослеживаются лишь в тенденции) и соответствуют теоретическому обоснованию, предложенному автором, в том числе на основании литературных материалов. Так, например, в работе из цикла ведущихся в школе В. М. Аллаhverдова исследований повторения человеком своих ошибок установлено, что уверенные ответы повторяются чаще, чем неуверенные (Четвериков, 2011). При этом автор статьи показывает, что это различие является достаточно небольшим, но статистически достоверным, а в ряде случаев оно зафиксировано на уровне тенденции. И все же эти данные позволяют ему сделать правомерный вывод о существовании полученного факта.

Во-вторых, нечеткая различимость стимулов в пороговых задачах неизбежно порождает ошибочные решения. Предложенный в книге методический прием – вычленение неуверенных ответов наблюдателя в процессе эксперимента – позволил при анализе данных вычлнить вместе с ними большую часть ошибочных решений и тем самым обнаружить большую частоту правильности оставшихся уверенных решений.

Сходный по смыслу прием применил Ю. А. Индлин в другом исследовании сенсорного различения (Индлин, 1974). Предполагая, что в процессе различения звуковых сигналов по громкости у на-

блюдателей происходят колебания критерия решения, автор разбил общий массив данных эксперимента на несколько последовательных кусков и вместо единой *аномально асимметричной* психометрической функции получил ряд парциальных психометрических функций. Эти функции были симметричны по форме и равновариативны, но смещены друг относительно друга по оси стимулов, что подтвердило его гипотезу о постоянстве базового уровня сенсорной чувствительности субъекта в том случае, когда критерий практически постоянен.

Аналогичный по смыслу способ обработки данных по обнаружению сенсорных сигналов использовал А. Н. Гусев (Гусев, 2004). Он выявил цикличные повышения и снижения уровня ЭЭГ-активированности наблюдателей как психофизиологический механизм синхронных с ними колебаний эффективности обнаружения звукового сигнала на фоне шума в условиях значительного снижения функционального состояния при депривации сна. Вычленение «провалов» обнаружения при анализе исходных данных показало, что индекс чувствительности d' оказывается индивидуально постоянным, что означает константность предельных сенсорных способностей человека, когда он находится в нормальном функциональном состоянии.

Во всех этих случаях, в соответствии с используемыми теоретическими гипотезами, были предложены способы выделения из общего массива данных определенной их части и дальнейшего анализа данных, вошедших в эту часть, наряду с обработкой всего массива данных. В каждом случае это позволило выявить интересные внутренние закономерности изучаемых процессов, что было бы невозможно при недифференцированном анализе массивов данных.

В-третьих, обзор экспериментальных исследований, где изучались соотношения между уверенностью наблюдателя в правильности его сенсорных суждений и их фактической правильностью свидетельствует о том, что эти соотношения неоднозначны (см. п. 2.2.1). Однако в большинстве таких исследований зафиксирован (в разных вариациях) факт, который важно выделить для обсуждения наших результатов и разработанной модели. Он состоит в положительной монотонной взаимосвязи между уверенностью и правильностью.

Это проявляется в однонаправленном изменении уверенности и вероятности правильного обнаружения зрительного сигнала (Забродин, Шихин, 1969), в одновременном росте уверенности и правильности ответов с ростом длительности стимулов, задавае-

мой экспериментатором, и одновременном снижении уверенности и правильности, когда эта длительность регулируется самим испытуемым (Vickers, Lee, 1998), а также в более всего изучаемых феноменах недостаточной уверенности (Bjorkman et al., 1993; Juslin, Olsson, 1997; Olsson, Winman, 1996) и трудности–легкости: недостаточной уверенности при легком сенсорном различии, и, напротив, сверх-уверенности при трудном различии (Baranski, Petrusic, 1994, 1995, 1999; Ferrel et al., 1980, 1995; Stankov, 1998). В обоих последних случаях (когда уверенность и ниже, и выше правильности) правильность обычно повышается с ростом уверенности (см. рисунок 1). Во всех упомянутых работах рассматривались частоты правильных ответов, относящихся на каждую категорию уверенности (и частоты, и категории выражались в процентах или долях единицы).

4.3. Исследование применимости разработанной модели идеального наблюдателя к поведению реальных испытуемых с различными индивидуально-психологическими особенностями

Задачи исследования

Разработанная модель уверенности в решении сенсорных задач описывает поведение *идеального наблюдателя*, как и теория обнаружения сигналов, положенная в ее основу. Однако наша модель все же учитывает вариации поведения наблюдателя, обусловленные некоторыми свойствами индивидуальности реальных людей. Влияние таких свойств на сенсорное исполнение уже хорошо известно (обзор см. в кн.: Скотникова, 2008). В наших представленных выше экспериментах по зрительному различению размеров окружностей в задаче «больше–меньше» с разрешением ответов «сомневаюсь» способность повышать частоту правильных ответов с помощью переживаний уверенности/сомнений сильно варьировала даже среди испытуемых, которых специально инструктировали на высокую прибавку правильности ответов. Некоторые испытуемые совсем не могли справиться с поставленной задачей (частота правильных ответов у них не менялась либо даже уменьшалась), в то время как другие значительно увеличивали частоту правильных ответов, например, с 0,72 до 0,96, т. е. почти до максимума.

Наблюдение за поведением испытуемых в ходе экспериментов выявило, что прибавка частоты правильных ответов наблюдалась чаще при замедленных ответах испытуемых, а отсутствие прибав-

ки – при поспешных. Известно, что медленно выполняют зрительные задачи рефлективные лица, которые (по данным регистрации движений глаз) тщательно анализируют предъявляемые изображения, контролируют и проверяют себя перед принятием решения (в тесте подбора сходных фигур Кагана) и в результате делают мало ошибок. В отличие от них, импульсивные принимают поспешные решения без выраженного анализа изображений, самоконтроля и самопроверок и обнаруживают большое число ошибок (Kagan, 1966; Messer, 1976; Холодная, 2004; Скотникова, 2002б).

Кроме того, в ряде исследований, охарактеризованных выше (см. п. 2.1.6), установлено, что импульсивным свойственна повышенная уверенность в суждениях при зрительном пороговом различии (Скотникова, 2002б, 2005, 2008; Головина, 2004, 2006). По предположению И. Г. Скотниковой, они не испытывают потребности в анализе информации, доверяя себе, в отличие от рефлективных, уверенность которых ниже и потому такой анализ им, видимо, представляется более нужным (Скотникова, 2008). Эти данные ставят вопрос о необходимости дифференциально-психологического подхода в изучении способности наблюдателей повышать частоту правильных решений с помощью разграничения уверенных и неуверенных ответов.

Согласно теории обнаружения сигналов и, вслед за ней, согласно нашей модели уверенности, для того чтобы реальный испытуемый действовал так же рационально, как идеальный наблюдатель, он должен уметь учитывать всю доступную ему информацию о стимулах и затем правильно прогнозировать среднюю полезность своих ответов (т. е., предположительно, быть рефлективным, а не импульсивным). Кроме того, согласно модели, в ситуации неопределенности он должен проявлять осторожность и отказываться принимать решение в тех случаях, где прогнозируемая им полезность оказывается отрицательной.

Поэтому для оценки применимости разработанной модели уверенности идеального наблюдателя к поведению реальных испытуемых было проведено исследование взаимосвязей между предсказываемой моделью способностью испытуемых увеличивать точность решения сенсорной задачи при выдаче только уверенных ответов как результатов решения и двумя свойствами индивидуальности. Это: а) рефлективность/импульсивность, влияние которой на уверенность уже было выявлено в предыдущих работах (что обсуждалось в п. 2.1.6), и б) ранее не рассматривавшаяся в работах

по уверенности индивидуальная склонность к осторожности/рisku при принятии решения в ситуациях неопределенности. Связь этой склонности с уверенностью была теоретически выявлена при разработке модели. Для оценки указанных индивидуальных особенностей испытуемых были выбраны стандартные методики диагностики рефлексивности/импульсивности и склонности к осторожности либо к риску.

Методика исследования

В диагностической серии экспериментов приняли участие 25 испытуемых из тех, которые участвовали в психофизических экспериментах В. М. Шендяпина по зрительному различению размеров окружностей в задаче «больше–меньше». Индивидуальные характеристики когнитивного стиля «рефлексивность/импульсивность» определялись по тесту подбора сходных фигур (Kagan, 1966) и опроснику В. Н. Азарова (Азаров, 1983), для которых вычислялись стандартные показатели, используемые при применении перечисленных методик. Определялся также индивидуальный показатель склонности к осторожности/рisku в ходе принятия решения в ситуации неопределенности по опроснику Когана–Валлаха (Kogan, Wallach, 1964).

По данным теста Кагана определялось среднее по первым шести картам время первого ответа T_1 и суммарное по этим картам число ошибок $n_{\text{ош}}$. По данным опросника Азарова оценивался индекс импульсивности $I_{\text{имп}}$. Чем больше время первого ответа и меньше число ошибок в тесте Кагана и чем выше индекс Азарова, тем выше рефлексивность и ниже импульсивность.

По опроснику Когана–Валлаха определялся индивидуальный показатель склонности к риску $I_{\text{риск}}$. Чем выше этот показатель, тем выше осторожность испытуемого в ситуации риска.

Проводился ранговый корреляционный анализ по Спирмену с целью выяснения, есть ли значимые взаимосвязи между индивидуальными показателями изменения успешности решения сенсорной задачи при использовании уверенных ответов (Δw – разностью между частотой правильных ответов среди уверенных w_2 и частотой всех правильных ответов w_1), с одной стороны, и показателями свойств индивидуальности испытуемых – с другой. Кроме того, для выявления более сложных взаимосвязей между способностью испытуемых увеличивать точность решения сенсорной задачи и свойствами их индивидуальности проводился факторный анализ.

Отметим, что специфика психофизических исследований такова, что требуется большая статистика измерений с каждым наблюдателем в целях получения достоверных показателей сенсорного исполнения. Поэтому подобные эксперименты проводятся, как правило, с участием хотя и небольшого количества испытуемых, но хорошо тренированных, способных выдерживать длительные психофизические испытания. Соответственно, дифференциально-психофизические исследования выполняются обычно с участием не сотен испытуемых, как принято в дифференциально-психологических работах (когда с каждым проводится 1–2 измерения по конкретной методике), а лишь десятков и даже менее десяти, что достаточно для получения значимых результатов в силу большого объема сенсорных измерений. Например, в исследованиях Т. П. Войтенко (Войтенко, Бардин, 1986) с участием 14 испытуемых и И. Г. Скотниковой (Кочетков, Скотникова, 1993) с участием 13 и 7 испытуемых были установлены значимые корреляционные взаимосвязи между показателями обнаружения звукового сигнала на фоне шума и полезависимого/полenezависимого, а также ригидного/гибкого когнитивных стилей в первом случае и между показателями различения зрительных стимулов и полезависимого/полenezависимого, а также рефлексивного/импульсивного стилей во втором случае.

Результаты корреляционного анализа и их обсуждение

В результате корреляционного анализа данных психофизических и диагностических экспериментов выяснилось, что с величиной прибавки точности решения сенсорной задачи Δw значимо коррелирует только показатель $n_{\text{ош}}$ в тесте Кагана. При этом, как и ожидалось, значимо коррелируют друг с другом время первого ответа T_1 и число ошибок $n_{\text{ош}}$ теста Кагана, а также время первого ответа T_1 теста Кагана с индексом импульсивности $I_{\text{имп}}$ Азарова. Показатель же склонности к риску $I_{\text{риск}}$ Когана–Валлаха с другими индивидуальными показателями значимо не коррелирует.

При вычислении корреляции по Спирмену коэффициент корреляции между величинами Δw и $n_{\text{ош}}$ оказался равным $-0,60054$ при $p < 0,05$. Остальные показатели не обнаружили значимых корреляций с величиной Δw . Коэффициент корреляции между величинами T_1 и $n_{\text{ош}}$ оказался равным $-0,658151$ при $p < 0,05$, а коэффициент корреляции между величинами T_1 теста Кагана и индекса импульсивности $I_{\text{имп}}$ Азарова оказался равным $0,515024$ при $p < 0,05$.

При проведении факторного анализа число учитываемых факторов обычно варьируется, с тем чтобы, с одной стороны, доля объ-

ясняемой дисперсии была не менее 70–75%, а с другой – величина собственного значения последнего учитываемого фактора превышала 1 (Гусев, Михалевская, Измайлов, 2005). По результатам обработки данных диагностической серии экспериментов, первый фактор имеет собственное значение, равное 2,136018, и объясняет 42,72% дисперсии, второй фактор имеет собственное значение, равное 1,121328, и два фактора совместно объясняют 65,15%, а третий фактор имеет собственное значение, равное 0,775162, и три фактора совместно объясняют уже 80,65% дисперсии. Одного фактора явно недостаточно, а три фактора, скорее всего, избыточны. Оптимальным, по-видимому, является учет двух факторов (см. результаты анализа в таблицах 4 и 5).

Результаты анализа однофакторной модели

Время первого ответа T_1 теста Кагана и увеличение точности решения сенсорной задачи Δw значимо входят в общий фактор. Число ошибок $n_{\text{ош}}$ теста Кагана и индекс импульсивности $I_{\text{имп}}$ Азарова очень близки к тому, чтобы значимо войти в него, а индекс импульсивности $I_{\text{имп}}$ Азарова также имеет довольно большую нагрузку на фактор. Видно, что все учитываемые показатели, как и ожидалось, в той или иной мере влияют на увеличение точности решения сенсорной задачи Δw , но более определенные выводы по одному фактору сделать невозможно. Поэтому переходим к учету двух факторов.

Таблица 4

Результаты факторного анализа
для одного учитываемого фактора

Показатели	Фактор 1
Δw	-0,707573
Тест Кагана, $n_{\text{ош}}$	0,686120
Тест Кагана, T_1	-0,717205
Тест Когана–Валлаха, $I_{\text{риск}}$	-0,452183
Опросник Азарова, $I_{\text{имп}}$	-0,667641
Собственное значение	2,136018
Доля объясняемой дисперсии	0,427204

Примечание: жирным шрифтом выделены нагрузки, превышающие значимый уровень 0,7, курсивом – нагрузки, имеющие сильную тенденцию войти в фактор.

Таблица 5

Результаты факторного анализа для двух учитываемых факторов

Показатели	Фактор 1	Фактор 2
Δw	0,232737	0,776943
Тест Кагана, $n_{ош}$	-0,350424	-0,624502
Тест Кагана, T_1	0,847202	0,155925
Тест Когана – Валлаха, $I_{риск}$	-0,113432	0,767385
Опросник Азарова, $I_{имп}$	0,858870	0,072603
Собственное значение	2,136018	1,121328
Доля объясняемой дисперсии	0,427204	0,2242655

Примечание: жирным шрифтом выделены нагрузки, превышающие значимый уровень 0,7, курсивом – нагрузки, имеющие сильную тенденцию войти в фактор.

Результаты анализа двухфакторной модели

Время первого ответа T_1 теста Кагана и индекс импульсивности $I_{имп}$ Азарова имеют значимые положительные нагрузки на первый фактор. Другие переменные, в том числе и увеличение точности решения сенсорной задачи Δw , в этот фактор не входят. По-видимому, он не имеет отношения к принятию решения в условиях неопределенности. Так как большие значения индекса импульсивности Азарова свидетельствуют об *управляемости* поведения, то первый фактор можно условно назвать *фактором поведенческой управляемости*.

Увеличение точности решения сенсорной задачи Δw и показатель склонности к риску $I_{риск}$ Когана–Валлаха имеют значимые положительные нагрузки на второй фактор. Очень велика отрицательная нагрузка на этот фактор числа ошибок $n_{ош}$ теста Кагана. Так как во второй фактор положительно входят увеличение точности решения сенсорной задачи Δw , показатель склонности к риску в ситуации неопределенности $I_{риск}$ Когана–Валлаха, свидетельствующий о высоком уровне осторожности, и отрицательно входит число ошибок $n_{ош}$ теста Кагана, свидетельствующее о способности избегать ошибки, то второй фактор можно условно назвать *фактором способности принимать успешные решения в условиях неопределенности*.

Важный вывод, вытекающий из двухфакторного анализа, состоит в том, что поведенческая управляемость, по-видимому, нейтральна по отношению к способности успешно работать в условиях неопределенности. Вместе с тем индивидуальная способность

наблюдателя повышать правильность решения сенсорной задачи путем разграничения уверенных и неуверенных ответов у рефлексивных лиц выше, чем у импульсивных. Но из двух показателей рефлексивности с прибавкой правильности решений сенсорной задачи связано только число ошибок в тесте Кагана. Кроме того, с прибавкой значимо связан показатель осторожности испытуемых: чем больше осторожность, тем больше прибавка. Это подтверждает теоретически выявленное в разработанной модели идеального наблюдателя влияние осторожности на его поведение в задачах порогового типа (см. п. 3.5.3). Поэтому можно ожидать, что модель применима к описанию поведения рефлексивных и осторожных реальных наблюдателей.

4.4. Другие экспериментальные материалы, позволяющие проверить предсказания модели

4.4.1. Выяснение соотношения частот ответов «одинаковые» и «разные»

При моделировании задачи сенсорного различения в категориях «одинаковые–разные» рассмотрен конкретный пример порогового уровня различения (соответствующего 60% правильных ответов, см. п. 3.6.2).

Расчеты по модели выявили, что вероятности ответов «одинаковые» (62%) больше, чем вероятности ответов «разные» (38%) (см. рисунок 14). Модель связывает учащение ответов «одинаковые» с тем, что распределение сенсорного впечатления для одинаковых стимулов описывается одной модой, а распределение сенсорного впечатления для разных – двумя (соответствующими предъявлению большего или меньшего (относительно стандартного) стимулов), которые на рисунке 15 сливаются в одну широкую моду. При этом область вынесения ответов «одинаковые» конечна, а область ответов «разные» состоит из двух бесконечных интервалов, что также способствует различию частот ответов.

Полученное расчетным путем различие между вероятностями ответов «одинаковые» и «разные» подтверждается эмпирическими частотами этих ответов, установленными И. Г. Скотниковой при зрительном различении временных интервалов у двух групп испытуемых (29 и 42 человека) (Скотникова, 2008). Методика этих экспериментов изложена выше (см. п. 4.2.2). В обеих группах час-



Рис. 21. Средние по группе из 29 испытуемых доли верных и ошибочных ответов «одинаковые» и «разные» по отношению к 100 пробам эксперимента.



Рис. 22. Средние по группе из 42-х испытуемых доли верных и ошибочных ответов «одинаковые» и «разные» по отношению к 100 пробам эксперимента.

тоты ответов «одинаковые» (соответственно 56% и 60%) были значительно больше частот ответов «разные» (44% и 40%, $p < 0,001$; $0,004$) (см. рисунки 21 и 22).

Такой же феномен обнаружен и в работах других авторов. Установлено, что ответы о равенстве воспринимаемых объектов давались чаще ответов об их различии: при узнавании буквенных паттернов (Krueger, 1978), различении упорядоченных и случайных наборов точек (Proctor et al., 1991), различении размеров окружностей (Irwin, Nautus, 1996), идентификации лиц разных расовых типов (Ананьева,

Харитонов, 2012). Обнаруженные экспериментальные факты вполне соответствуют предсказаниям модели и тем самым подтверждают ее применимость к различению стимулов разных модальностей в категориях «одинаковые–разные».

4.4.2. Исследование значения цен ответов для оценок уверенности

Из модели следует, во-первых, что переход от малого штрафа за ошибочные ответы к большому приводит к появлению осторожности при вынесении ответов и к понижению уверенности в успешности действий, связанных с ними (см. п. 3.5.4); во-вторых – что уверенность в правильности ответов, совпадающая с абсолютной величиной свидетельства в пользу сигнала, и частота правильных ответов монотонно взаимосвязаны (см. п. 3.3.3).

Эти предположения проверялись в эксперименте по зрительно-му различению временных интервалов с трехкатегорийной оценкой уверенности (Скотникова, Шендяпин и др., 2012). Использовалась методика, описанная выше (см. п. 4.2.2), со следующей модификацией. После первого ответа на вопрос, «одинаковые» или «разные» стимулы были предъявлены, испытуемый оценивал степень своей уверенности в трех категориях: «полностью уверен», «средне уверен», «не уверен».

После подбора индивидуальных величин порогового различия стимулов и тренировки проводились три серии основного эксперимента, включавшие по 120 проб каждая. В первой серии (нейтральной) отсутствовали цены за ответы, в ней участвовала группа из 19 испытуемых-студентов. Во второй и третьей сериях участвовали 2 подгруппы этой группы – 10 и 9 испытуемых, им устанавливались одинаковые премии за правильные ответы, равные +10, и разные штрафы за ошибочные ответы: –5 и –20, соответственно. Цены ответов вводились с целью изменения осторожности испытуемых. Дополнительно к показателям методики, охарактеризованной выше (см. п. 4.2.2), вычислялись доли ответов каждой категории уверенности среди всех ответов и доли верных ответов среди ответов каждой отдельной категории уверенности. Значимость различий между введенными показателями уверенности оценивалась по критериям знаков и Вилкоксона (Сидоренко, 1996).

Итак, во-первых, на уровне тенденции было установлено, что частота употребления нижней категории уверенности («не уверен») в серии без штрафов меньше, чем в серии с большим штра-

Таблица 6
Средние по группе частоты использования категорий
уверенности в сериях с разными штрафами

Степень уверенности	Без штрафов	Малый штраф	Большой штраф
Не уверен	0, 21	0,16	0,33
Средне уверен	0,28	0,25	0,26
Полностью уверен	0,75	0,70	0,68

фом ($p < 0,06$), а верхней («полностью уверен») – в серии с большим штрафом меньше, чем в серии без штрафов ($p < 0,06$, см. таблицу 6). Одновременно доли правильных ответов среди неуверенных повышались в среднем в 1,5 раза при сравнении полярных случаев: серий без штрафов и с большим штрафом (см. таблицу 7). Таким образом, усиление мотивации (в виде штрафов за ошибки) привело не только к ожидаемому учащению неуверенных и «урезанию» уверенных ответов, но и к более тщательному исполнению.

Во-вторых, было установлено, что доля правильных ответов повышается с ростом категории уверенности в сериях без штрафов, с малым штрафом и частично в серии с большим штрафом. С использованием критерия знаков была проверена достоверность этого результата в каждой из трех серий. Для всех трех категорий уверенности доля правильных ответов повышалась с ростом категории в серии без штрафов у всех 7 испытуемых, дававших ответы всех трех категорий ($p < 0,01$); в серии с малым штрафом у 6 таких испытуемых из 7 (т. е. в тенденции). В серии с большим штрафом повышение доли правильных ответов с ростом категории уверенности наблюдалось:

- а) при сравнении использования верхней категории («полностью уверен») с промежуточной («средне уверен»): доля правильных ответов среди ответов «полностью уверен» была выше, чем среди ответов «средне уверен», у 8 испытуемых из 9, дававших ответы обеих этих категорий ($p < 0,05$);
- б) при сравнении использования верхней категории («полностью уверен») с нижней («не уверен»): доля правильных ответов среди ответов «полностью уверен» была выше, чем среди ответов «не уверен», у 6 испытуемых из 7, дававших ответы обеих этих категорий (т. е. в тенденции);
- в) лишь при сравнении использования промежуточной категории («средне уверен») с нижней («не уверен») доля правильных от-

Таблица 7

Средние по группе доли правильных ответов среди ответов каждой категории уверенности в сериях с разными штрафами

Степень уверенности	Без штрафов	Малый штраф	Большой штраф
Не уверен	0,49	0,58	0,74
Средне уверен	0,77	0,67	0,65
Полностью уверен	0,79	0,73	0,80

ветов среди ответов «средне уверен» оказалась ниже, чем среди ответов «не уверен», у 4 испытуемых из 10, дававших ответы обеих этих категорий.

В результате средняя по группе доля правильных ответов среди ответов «средне уверен» оказалась ниже, чем среди ответов «не уверен» (см. таблицу 6). Можно думать, что этот результат явился следствием малочисленности выборки, и при ее расширении доля правильных ответов среди ответов «средне уверен» будет выше, чем среди ответов «не уверен» (в серии с большим штрафом).

Таким образом, подтвердились либо вполне достоверно, либо на уровне весьма заметных тенденций оба сформулированные выше предсказания модели: 1) повышение штрафа за ошибочные ответы приводит к понижению уверенности в правильности ответов (точнее говоря, в успешности связанных с ними действий); 2) уверенность в правильности ответов и частота правильных ответов монотонно взаимосвязаны. Возможно, при расширении выборки зафиксированные тенденции тоже станут достоверными результатами, что предполагается проверить в дальнейших экспериментах.

4.4.3. Исследование значения обратной связи для адекватности оценок уверенности

В разработанной модели показано, что идеальный наблюдатель рационально устанавливает критерии решения для выбора ответа о предъявленном стимуле. Это конкретизировано для обеих основных задач сенсорного различения: с ответами «больше–меньше» и «одинаковые–разные» (см. п. 3.6). В силу такой рациональности поведение идеального наблюдателя оптимально: адекватны и его сенсорное различение, и оценки уверенности. Из этого следует, что у идеального наблюдателя не должно возникать известного ре-

альным испытуемым эффекта трудности – легкости: самоуверенности в трудных задачах, в том числе пороговых, и недостаточной уверенности в легких задачах (см. об этом эффекте п. 2.2.2 и 4.2.3). Естественно предположить, что если обучать реальных испытуемых с применением обратной связи о результатах их сенсорного различения (либо обнаружения) и оценок уверенности, то они будут более рационально выбирать критерии решения для своих ответов и эти ответы, в том числе оценки уверенности, станут адекватнее, т. е. эффект трудности–легкости будет ослабевать.

В литературе и ранее высказывалось предположение о том, что данный эффект вызван сложностью для наблюдателя оперировать несколькими критериями решения, разделяющими категории субъективных вероятностей правильности, в отсутствие обратной связи (Lichtenstein, Fishoff, 1980). Когда же она применялась для обучения в сенсорно-перцептивной задаче различения европейских и американских почерков, тогда улучшался реализм субъективных вероятностей правильности, а эффект трудности–легкости снижался и даже исчезал.

Исчезновение либо еще более выраженное снижение самоуверенности в трудной пороговой задаче установлено и в наших экспериментах по различению длительностей световых вспышек (Скотникова, Шендяпин, Степанова, 2013). Использовалась описанная выше методика зрительного различения временных интервалов в задаче «одинаковые–разные» (см. п. 4.2.2). Испытуемые оценивали свою уверенность в том, что предъявлялись разные либо одинаковые по длительности световые вспышки в двух категориях субъективной вероятности правильности, соответствующих переживаниям уверенности и неуверенности. После подбора индивидуальной пороговой величины различия длительностей вспышек в паре (Δt) сериями по 30 проб каждому испытуемому был представлен график реализма уверенности в правильности, демонстрирующий их соответствие и несоответствие – чрезмерную либо недостаточную уверенность (см. рисунок 1) и вероятностный диапазон для каждой из двух категорий уверенности («не уверен» (0,50–0,75, среднее 0,63) и «уверен» (0,75–1,0, среднее 0,87)).

Затем проводились эксперимент тренировочный (40 проб) и основной, две серии которого включали по 300 проб (с двумя испытуемыми по 120 проб). После первой фоновой серии давалась обратная связь – показ данных первой серии и беседа, направленная на минимизацию расхождений между уверенностью и правильностью

решения. Для обратной связи применялись традиционные показатели уверенности: средняя используемая категория субъективной вероятности правильности и ее смещение относительно частоты правильных ответов (Baranski, Petrusic, 1994, 1999), а также предложенный нами дополнительный показатель, еще более понятный испытуемым: количество ответов, приходящихся на каждую категорию субъективной вероятности правильности (см. ниже).

По данным каждого испытуемого вычислялись: РС – частота верных ответов; четыре показателя уверенности: Мх – средняя используемая категория уверенности: $Mx = \sum x_i \cdot n_i / N$, где: n_i – число случаев использования i -й категории уверенности; N – число измерений; x_i – вероятностная мера i -й категории уверенности: для категории «не уверен» она принимается за 0,5 («чистое гадание»), для категории «уверен» – за 1 (полная уверенность); В (bias) – смещение средней категории уверенности относительно частоты верных ответов: $V = Mx - PC$ (отрицательная величина В означает недостаточную уверенность, положительная – чрезмерную, нулевая – адекватную); $Ncat_{1,2}$ – число ответов первой и второй категории уверенности («не уверен» и «уверен»); $Ccat_{1,2}$ – доли верных ответов среди ответов первой и второй категории уверенности («не уверен» и «уверен»). Статистический анализ данных выполнялся на основе пакета Statistica 6.0.

До обратной связи (в первой серии) средние по группе значения показателей сенсорного исполнения (см. таблицу 8) выявили неадекватность субъективных оценок уверенности – сверхуверенность. Оцененные испытуемыми вероятности правильности своих ответов ($Mx=0,913$) о равенстве либо различии стимулов превышали частоты их правильных ответов ($PC=0,723$), в результате чего отклонение уверенности от правильности ($V=0,222$) было положительным. Это соответствует многочисленным данным отечественных исследований, указывающим на высокую сверхуверенность российских испытуемых в сенсорных и когнитивных задачах (Скотникова, 1996, 2002б, 2005, 2008; Гусев, 2002, 2004; Головина и др., 2006, 2009). Сверхуверенность наблюдалась у девяти испытуемых из десяти, лишь у одного была зарегистрирована недостаточная уверенность. При этом у трех испытуемых из десяти сверхуверенность была выражена минимально ($V=0,01-0,02$), т. е. их уверенность оказалась почти идеальной. Это согласуется с данными о том, что в сенсорно-перцептивных и когнитивных задачах треть испытуемых «хорошо калиброваны» (по уверенности относительно правильности) (Lichtenstein, Fischhoff, 1980).

Сверхуверенность явилась следствием того, что испытуемые вдвое реже применяли нижнюю категорию уверенности, чем верхнюю (в среднем «не уверен» – 87,6 раза, а «уверен» – 174,4 раза).

Оценки уверенности достоверно улучшились после обратной связи у всех испытуемых (см. таблицы 8, 9, рисунки 23, 24).

У тех девяти из них, которые проявили сверхуверенность, число ответов «не уверен» (N_{cat1} , см. таблицу 8) возросло в среднем с 41 до 129, а число ответов «уверен» (N_{cat2}) снизилось с 229 до 141. В результате средняя используемая вероятностная мера уверенности (M_x) уменьшилась с 0,913 до 0,758, а ее отклонение (B) от частоты правильных ответов (PC) снизилось на 2 порядка: с 0,222 до 0,005. Таким образом, верхняя категория уверенности оказалась устойчивее нижней к введенному воздействию (обратной связи). Аналогичный результат был получен нами при другом воздействии

Таблица 8

Средние по группе показатели уверенности до обратной связи (в первой серии, с индексом 1) и после (во второй серии, с индексом 2)

Показатель	Среднее значение	Стандартное отклонение
Δt	227	55
PC_1	0,723	0,118
Mx_1	0,913	0,056
B_1	0,222	0,074
N_{cat1_1}	41	24
N_{cat2_1}	229	77,162
C_{cat1_1}	0,597	0,152
C_{cat2_1}	0,712	0,107
PC_2	0,743	0,064
Mx_2	0,758	0,067
B_2	0,005	0,036
N_{cat1_2}	129	48
N_{cat2_2}	141	58
C_{cat1_2}	0,698	0,091
C_{cat2_2}	0,780	0,106

Таблица 9

Значимость различий между показателями уверенности до обратной связи (с индексом 1) и после (с индексом 2)

Показатели	Valid N	T	Z	p-level
Mx_1 and Mx_2	6	0	2,201	0,028
B_1 and B_2	6	0	2,201	0,028
$Ncat1_1$ and $Ncat1_2$	6	0	2,201	0,028
$Ncat2_1$ and $Ncat2_2$	6	0	2,201	0,028
$Ccat1_1$ and $Ccat1_2$	6	5	1,153	0,249
$Ccat2_1$ and $Ccat2_2$	6	1	1,992	0,046

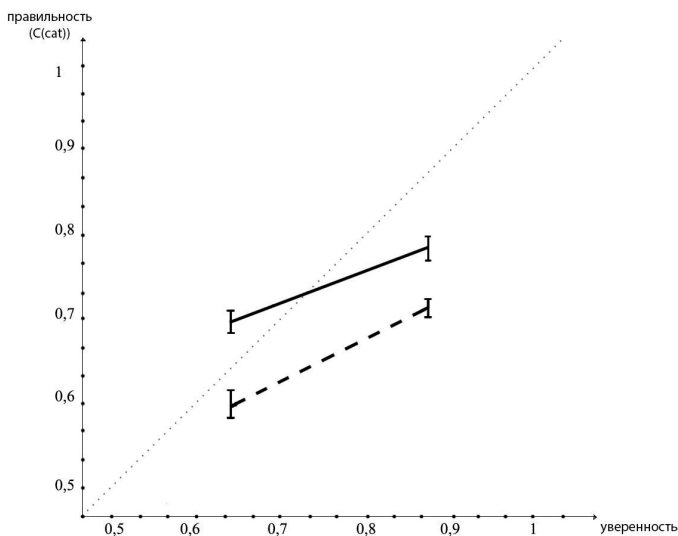


Рис. 23. Улучшение калибровки (реализма) уверенности относительно правильности ответов после обратной связи: приближение функции калибровки к диагонали координатной плоскости, соответствующей идеальной калибровке.

Примечание: по оси абсцисс даны значения уверенности как субъективные вероятности правильности, по оси ординат – средние по группе доли верных ответов среди всех ответов. Штриховая линия – функция калибровки, полученная до обратной связи, сплошная линия – после обратной связи.

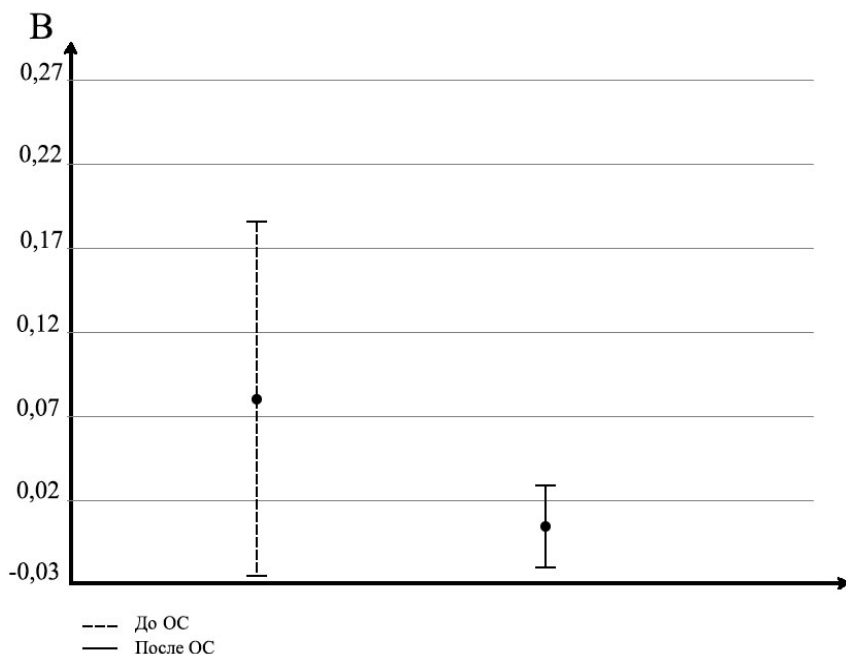


Рис. 24. Уменьшение среднего по группе смещения (B (bias) – по оси ординат) средней категории уверенности относительно частоты верных ответов после обратной связи.

Примечание: штриховая линия – величина B , полученная до обратной связи, сплошная линия – после обратной связи.

на уверенность – штрафах за ошибочные ответы (Скотникова и др., 2012). Бóльшая устойчивость к обратной связи высоких категорий уверенности, в сравнении с низкими (при ее оценке в диапазонах 0,5–1,0 и 0,0–1,0) обнаружена при различении теней и почерков и в задачах на общую осведомленность (Lichtenstein, Fischhoff, 1980). Таким образом, можно сказать, что ответы испытуемых о своей низкой уверенности в правильности предыдущих (основных) ответов на сенсорные и когнитивные задания динамичнее реагируют на воздействия на уверенность (обратную связь и штрафы за ошибки), чем ответы о высокой уверенности. (Интересно, что проведенные расчеты показали бóльшую близость используемой испытуемыми верхней категории уверенности к ее теоретическому значению, по сравнению с нижней категорией (Дубровский, Скот-

никова, 2006).) Одновременно с повышением адекватности оценок уверенности достоверно возросла доля правильных ответов среди уверенных (Scat2, см. таблицу 8): с 0,712 до 0,780. Этот результат ожидаем в соответствии с нашей моделью уверенности в сенсорных решениях (см. главу 3).

У единственного испытуемого, проявившего в первой серии недостаточную уверенность, во второй серии наблюдалась противоположная динамика показателей уверенности, но вновь в сторону большей их адекватности. Число его ответов «не уверен» снизилось вдвое: с 276 до 109, а число ответов «уверен» возросло почти в 9 раз: с 24 до 191. В результате средняя используемая вероятностная мера уверенности (Mx) увеличилась с 0,65 до 0,82, а ее отклонение (B) от частоты правильных ответов (PC) снизилось более чем вдвое: с 0,07 до 0,03.

Полученные результаты согласуются с зарубежными данными о том, что обратная связь о результатах сенсорно-перцептивного различения и оценках уверенности в нем улучшает эти оценки. В работе С. Лихтенштейн и Б. Фишхофф (Lichtenstein, Fischhoff, 1980) в разных сериях лишь 7–8 испытуемых из 12 улучшили адекватность уверенности – снизили ее отклонение от правильности в среднем на порядок. У нас же все 10 испытуемых, проявивших до обратной связи выраженную неадекватность уверенности, после обратной связи исправили ее практически до адекватной, снизив ее отклонение от правильности в среднем почти на 2 порядка. Видимо, это было вызвано двумя причинами. Во-первых, тем, что использовались лишь две категории уверенности как субъективной вероятности правильности, с которыми испытуемым было легче работать, чем с шестью категориями в цитируемом исследовании. Во-вторых, тем, что мы впервые сообщали испытуемым не только интегральные показатели уверенности (Mx), правильности (PC), их разности (B), доли правильных ответов среди уверенных (Scat), но и числа использований каждой категории уверенности. Знание этих чисел позволило наблюдателям без труда понижать либо повышать их, т. е. служило удобным операциональным средством управления оценками уверенности. В работе У. Петрусика и Дж. Барански (Petrusic, Baranski, 1997) тоже обнаружено улучшение оценок уверенности после обратной связи. Однако это было установлено при сравнении разных групп испытуемых – группы работавших с обратной связью о правильности ответов и группы, работавших без нее. Этот факт, а также лишь графическое, а не табличное представление данных затрудняет численное сопоставление с нашими результатами.

Приведенные материалы нашего и зарубежных исследований косвенно свидетельствуют в пользу применимости разработанной модели идеального наблюдателя к реальным наблюдателям при условии обучения последних с применением обратной связи о результатах их сенсорного различения (либо обнаружения) и оценок уверенности.

В дальнейшем планируется провести экспериментальную проверку предсказания модели о том, что если риски ошибочных ответов превышают ценности правильных, то среди ответов испытуемого должны появляться неуверенные. В задаче различения «одинаковые–разные» при росте риска ошибочного ответа в категорию неуверенных ответов чаще попадают ответы «одинаковые», чем «разные». При достаточно больших рисках среди уверенных ответов остаются только «разные», а все «одинаковые» должны стать неуверенными (см. п. 3.6.2). Теоретическое предсказание модели об уменьшении числа уверенных ответов «одинаковые» с ростом риска ошибочного ответа необходимо специально проверить в эксперименте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, мы представили математическую модель принятия решения и уверенности идеального наблюдателя, разработанную на основе математического аппарата теории обнаружения сигнала (Green, Swets, 1974; Иган, 1983; Macmillan, Creelman, 2005) и нашей гипотезы о том, что *уверенность – это обобщенный показатель качества тех решений*, которые человек принимает в условиях неопределенности.

Были разработаны модификации модели для трех сенсорных задач с последовательно усложняемыми целями деятельности наблюдателя: выбор наиболее правильного ответа, выбор наиболее полезного действия и выбор успешного действия. В результате математического анализа рассматриваемых задач доказано, что человек может принимать решения на основе контроля своей уверенности в них. Составляющие части уверенности отражают все параметры задач, влияющие на достижение поставленной цели. На выбор наиболее правильного ответа влияют только вероятности правильности его альтернатив. На выбор наиболее полезного действия, кроме того, влияют субъективные значимости стимулов для наблюдателя. На выбор же успешного действия дополнительно влияют риски ошибочных ответов, которые при определенных значениях сенсорного впечатления приводят к отказу от вынесения определенного ответа («да» или «нет») и появлению осторожных ответов («сомневаюсь»). Введенное представление о минимально допустимом для наблюдателя уровне успешности деятельности объяснило явление его осторожности в ситуации больших рисков.

Согласно модели, задачи выбора наиболее правильного ответа и наиболее полезного действия всегда имеют решение, и поэтому у наблюдателя при их решении отсутствует неуверенность. В про-

цессе решения серии однотипных задач от наблюдения к наблюдению меняются лишь ответы (выносятся то «да», то «нет») и степень уверенности в них. При решении же задачи выбора успешного действия, которая наиболее часто встречается в практической жизни человека, на выбор ответа, кроме вероятности правильности и значимости стимулов для наблюдателя, влияют также отношения штрафа за ошибочный ответ к премии за правильный ответ для каждого из ответов «да» и «нет». Если произведение штрафов за ошибочные ответы «да» и «нет» больше произведения премий за правильные ответы, то в некоторых наблюдениях появляется неопределенный ответ «сомневаюсь». В тех же наблюдениях, где наблюдатель вынес определенный ответ «да» или «нет», его уверенность в ответе всегда меньше, чем для более простой задачи выбора наиболее полезного ответа. Таким образом, разработанная модель позволила включить заинтересованность наблюдателя в достижении практических целей в психологическое описание его уверенности в сенсорных суждениях и объяснить осторожность, которую он проявляет в ситуации больших рисков.

Модель отражает зависимость уверенности не только от *сенсорных впечатлений*, что учитывалось в предшествующих (зарубежных) моделях, но и от таких *несенсорных характеристик задачи*, как вероятности стимуляции, а также «цены» ответов. Тем самым модель включает наблюдение в контекст деятельности субъекта. В этом находят свое развитие задачный подход в психофизике (Асмолов, Михалевская, 1974; Бардин, 1976; Забродин, 1976, 1981; Гусев, 2002, 2004; Скотникова, 2002б, 2008) и субъектно-деятельностный подход в психологии и психофизике (Брушлинский, 2006; Бардин, Скотникова, Фришман, 1991; Бардин, Индлин, 1993; Скотникова, 2002б, 2003, 2008), обосновывающие принципиальную роль задачи наблюдателя, его индивидуальности и собственной активности для результатов сенсорных измерений.

В процессе поиска математического выражения для описания зависимости вероятности правильного обнаружения сигнала от параметров задачи была найдена аналитическим путем новая формальная переменная теории обнаружения сигнала, удовлетворяющая гипотезе о принципиальном свойстве уверенности: монотонной зависимости от нее вероятности правильности. Эта переменная – натуральный логарифм произведения отношения априорных вероятностей предъявления стимулов на отношение правдоподобия, зависящее от сенсорного впечатления. Увеличение этой перемен-

ной вызывает монотонный рост вероятности правильности принятого решения. Найденную переменную мы назвали свидетельством в пользу сигнала, так как именно она – вернее, знание ее величины – позволяет идеальному наблюдателю оценивать вероятность обнаружения сигнала.

Сенсорная составляющая свидетельства о стимуле (зависящая от величины сенсорного впечатления), на котором базируется уверенность, характеризует ее когнитивную функцию; частотная составляющая и предпочтения наблюдателем ответов – регулятивную функцию. Тем самым в модели математически обоснована структура уверенности в сенсорных суждениях как системного психического образования, включающего когнитивную и регулятивную подсистемы. Таким образом, эти подсистемы выделяются в составе не только сенсорного процесса в целом, но и такого его субъектного аспекта, как степень уверенности, что развивает системные представления Б. Ф. Ломова (Ломов, 1999) в общей психологии и Ю. М. Забродина (Забродин, 1976; Забродин, Лебедев, 1977) в психофизике.

Разработанная нормативная модель не только гарантирует существование точного метода вычисления величины свидетельства для обоснования решения и оценки уверенности в нем идеального наблюдателя, но и дает его описание. Знание этого метода позволит в дальнейшем начать поиск нейросетевых схем, реализующих такие вычисления с помощью существующих моделей нейронов.

В нашей работе проверялась (как одна из основных) гипотеза об уверенности как факторе, монотонно связанном с правильностью решений. Для этого с помощью модели были получены для двух основных сенсорных задач различения – с ответами «больше–меньше» и «одинаковые–разные» – теоретические зависимости доли правильных среди всех уверенных (правильных и ошибочных) решений от величины штрафа за принятие ошибочного решения. До тех пор, пока штраф не превышал премию за правильный ответ, число уверенных ответов и доля правильных среди них не менялись. После того как штраф превысил премию за правильный ответ, число уверенных ответов начало сокращаться, но доля правильных среди них росла. Экспериментальная проверка на материале выполнения сенсорных задач «больше–меньше» и «одинаковые–разные» подтвердила справедливость проверяемой гипотезы. Было установлено, что рефлексивные, а также осторожные лица в большей степени повышают правильность сенсорного различения при использовании ответов «сомневаюсь», чем импульсивные и склонные к риску. По-

этому поведение рефлексивных и осторожных ближе к поведению идеального наблюдателя, описываемого моделью. Модель также предсказывает большую частоту ответов о равенстве сравниваемых объектов, чем об их различии (при равновероятном предъявлении пар одинаковых и разных объектов), что подтверждается эмпирическими данными. Таким образом, выполненная авторами экспериментальная проверка и литературные сведения подтвердили основные предсказания модели.

Введение в психофизическую теорию обнаружения сигнала понятия о свидетельстве в пользу сигнала позволило выделить в структуре сенсорно-перцептивного процесса следующие компоненты: наблюдение за внешними объектами → сенсорное впечатление → свидетельство в пользу сигнала → уверенность в правильности/полезности/успешности → принятие решения и ответ наблюдателя. Была адаптирована для психофизики и реализована методологическая схема процесса моделирования, сложившаяся в естественных науках: найдена базовая концепция принятия решения и предложена гипотеза о роли уверенности в этом процессе, сформулированы экспериментальные задачи, для них разработаны математические модели, проведены численные расчеты, выполнена экспериментальная проверка ряда предсказаний модели.

Практическое значение исследования состоит в обосновании способов оценки эффективности работы лиц, принимающих решения в условиях сенсорной неопределенности. Это важно для отбора и обучения руководителей, врачей-диагностов, операторов, экспертов и мн. др. лиц, часто принимающих оперативные решения на основе личного опыта. Возможность повышать вероятность правильности принимаемых решений путем отказа от решения в тех случаях, когда высокие риски ошибок вызывают у человека сомнения, подтверждена экспериментально. Описанный в работе механизм самоконтроля качества решений с помощью уверенности в правильности восприятия достаточно универсален для оптимизации действий (особенно часто повторяющихся), после которых возможно получение обратной связи об их правильности и успешности. Поэтому работа имеет прикладное значение для создания технических устройств с элементами встроенного искусственного интеллекта, служащего для их адаптивного функционирования в меняющихся условиях.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ФОРМУЛЫ

ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТВЕТОВ ИСПЫТУЕМЫХ

Законь плотности распределения вероятностей $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$ значений сенсорного впечатления X при моделировании уверенности обычно задаются простыми формулами (например, нормальное распределение, χ^2 -распределение и т. п.). Получаемые при этом законы плотности распределения вероятностей $g(\Psi|\mathbf{sn})$ и $g(\Psi|\mathbf{n})$ значений свидетельства в пользу сигнала Ψ сильно зависят от заданных в задаче категорий различения стимулов.

Для некоторых категорий различения эти законы могут оказаться очень сложными. Например, при различении в категориях «одинаковые–разные» возможные значения Ψ ограничены снизу отрицательной константой Ψ_{\min} ($\Psi_{\min} < \Psi$), зависящей от параметров распределений $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$. При стремлении Ψ к Ψ_{\min} плотности распределения вероятностей $g(\Psi|\mathbf{sn})$ и $g(\Psi|\mathbf{n})$ стремятся к бесконечности, что затрудняет вычисление интегралов.

На оси свидетельств Ψ критерии $\Psi_{\text{крY}}$ и $\Psi_{\text{крN}}$ задают возможные границы областей Ψ_Y и Ψ_N вынесения уверенных ответов «да» и «нет» и области Ψ_D вынесения ответов «сомневаюсь». Причем, эти границы расположены таким образом, что область вынесения уверенных ответов «да» Ψ_Y всегда лежит правее области вынесения уверенных ответов «нет» Ψ_N , а область вынесения неуверенных ответов «сомневаюсь» Ψ_D , если существует, то образует промежуточную зону, которая лежит между областями Ψ_Y и Ψ_N . Данное свойство оси свидетельств очень облегчает теоретический анализ явления уверенности/неуверенности.

Этим областям на оси сенсорных впечатлений соответствуют реальные области уверенных ответов «да» X_Y , уверенных ответов «нет» X_N и неуверенных ответов «сомневаюсь» X_D . Трудность перехода к областям X_Y , X_N и X_D в том, что они могут состоять из отдель-

ных не связанных друг с другом частей, и это затрудняет нахождение их границ. Тем не менее, найти эти границы намного легче, чем искать распределения $g(\Psi|\mathbf{sn})$ и $g(\Psi|\mathbf{n})$. Поэтому вычислять вероятности ответов удобнее на оси сенсорных впечатлений.

Безусловную вероятность уверенного решения $P(\text{Con})$ (confidence – «уверенность») свободного идеального наблюдателя можно получить суммированием безусловных вероятностей вынесения всех уверенных ответов $P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y})$, $P(\mathbf{n}, \mathbf{Y})$, $P(\mathbf{sn}, \mathbf{N})$, $P(\mathbf{n}, \mathbf{N})$. Применяя теорему о совпадении событий, получаем формулу для вычисления $P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y})$ – безусловной вероятности вынесения правильного ответа «да»:

$$P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y}) = P(\mathbf{sn}) P(\mathbf{Y}|\mathbf{sn}) = P(\mathbf{sn}) \int_{X_Y} f(x|\mathbf{sn}) dx. \quad (1)$$

Аналогично вычисляются безусловные вероятности остальных уверенных ответов наблюдателя: $P(\mathbf{n}, \mathbf{Y})$ – вынесения ошибочного ответа «да», $P(\mathbf{sn}, \mathbf{N})$ – вынесения ошибочного ответа «нет», $P(\mathbf{n}, \mathbf{N})$ – вынесения правильного ответа «нет». В итоге получаем безусловные вероятности всех уверенных ответов «да» и «нет»:

$$P(\mathbf{Y}) = P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y}) + P(\mathbf{n}, \mathbf{Y}) = P(\mathbf{sn}) \int_{X_Y} f(x|\mathbf{sn}) dx + P(\mathbf{n}) \int_{X_Y} f(x|\mathbf{n}) dx. \quad (2)$$

$$P(\mathbf{N}) = P(\mathbf{sn}, \mathbf{N}) + P(\mathbf{n}, \mathbf{N}) = P(\mathbf{sn}) \int_{X_N} f(x|\mathbf{sn}) dx + P(\mathbf{n}) \int_{X_N} f(x|\mathbf{n}) dx. \quad (3)$$

Безусловная вероятность неуверенного ответа «сомневаюсь» $P(\mathbf{D})$ вычисляется по формуле:

$$P(\mathbf{D}) = P(\mathbf{sn}, \mathbf{D}) + P(\mathbf{n}, \mathbf{D}) = P(\mathbf{sn}) \int_{X_D} f(x|\mathbf{sn}) dx + P(\mathbf{n}) \int_{X_D} f(x|\mathbf{n}) dx. \quad (4)$$

Безусловная вероятность всех уверенных ответов $P(\text{Con})$ вычисляется по формуле:

$$P(\text{Con}) = P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y}) + P(\mathbf{n}, \mathbf{Y}) + P(\mathbf{sn}, \mathbf{N}) + P(\mathbf{n}, \mathbf{N}) = \\ P(\mathbf{sn}) \int_{X_Y} f(x|\mathbf{sn}) dx + P(\mathbf{n}) \int_{X_Y} f(x|\mathbf{n}) dx + P(\mathbf{sn}) \int_{X_N} f(x|\mathbf{sn}) dx + P(\mathbf{n}) \int_{X_N} f(x|\mathbf{n}) dx. \quad (5)$$

При этом безусловная вероятность правильного уверенного решения наблюдателя $P(\text{Cor}, \text{Con})$ (correct – правильный) равна:

$$P(\text{Cor}, \text{Con}) = P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y}) + P(\mathbf{n}, \mathbf{N}) = P(\mathbf{sn}) \int_{\mathbf{X}_Y} f(x|\mathbf{sn}) dx + P(\mathbf{n}) \int_{\mathbf{X}_N} f(x|\mathbf{n}) dx, \quad (6)$$

а безусловная вероятность ошибочного уверенного решения $P(\text{Err}, \text{Con})$ (error – «ошибка») равна:

$$P(\text{Err}, \text{Con}) = P(\mathbf{n}, \mathbf{Y}) + P(\mathbf{sn}, \mathbf{N}) = P(\mathbf{n}) \int_{\mathbf{X}_Y} f(x|\mathbf{n}) dx + P(\mathbf{sn}) \int_{\mathbf{X}_N} f(x|\mathbf{sn}) dx. \quad (7)$$

Так как безусловные вероятности правильных и ошибочных ответов и соответствующие им дискретные значения полезности V результатов нам известны, то безусловная средняя полезность $E(V)$ вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned} E(V) &= P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y}) v_{\mathbf{sn}, \mathbf{Y}} + P(\mathbf{n}, \mathbf{Y}) v_{\mathbf{n}, \mathbf{Y}} + P(\mathbf{sn}, \mathbf{N}) v_{\mathbf{sn}, \mathbf{N}} + P(\mathbf{n}, \mathbf{N}) v_{\mathbf{n}, \mathbf{N}} = \\ &= P(\mathbf{sn}) v_{\mathbf{sn}, \mathbf{Y}} \int_{\mathbf{X}_Y} f(x|\mathbf{sn}) dx + P(\mathbf{n}) v_{\mathbf{n}, \mathbf{Y}} \int_{\mathbf{X}_Y} f(x|\mathbf{n}) dx + \\ &+ P(\mathbf{sn}) v_{\mathbf{sn}, \mathbf{N}} \int_{\mathbf{X}_N} f(x|\mathbf{sn}) dx + P(\mathbf{n}) v_{\mathbf{n}, \mathbf{N}} \int_{\mathbf{X}_N} f(x|\mathbf{n}) dx. \end{aligned} \quad (8)$$

Интегралы от плотностей распределения $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$, входящие во все эти выражения, в общем случае вычисляются с помощью численного интегрирования. Но для нормальных законов $f(x|\mathbf{sn})$ и $f(x|\mathbf{n})$ все необходимые интегралы легко вычисляются через табличную функцию Лапласа. В работе все вычисления реализовывались с помощью таблиц, запрограммированных средствами MS Office Excel.

ЛИТЕРАТУРА

- Азаров В. Н.* Анкетная методика измерения импульсивности // Новые исследования в психологии. 1983. Вып. 29. № 2. С. 15–19.
- Александров Ю. И.* Теория функциональных систем и системная психофизиология // Системные аспекты психической деятельности / Под ред. К. В. Судакова. М.: Эдиториал УРСС, 1999.
- Александров Ю. И., Крылов А. К.* Системная методология в психофизиологии: от нейронов до сознания // Идея системности в психологии / Под ред. В. А. Барабанщикова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. С. 119–157.
- Аллахвердов В. М.* Природа ошибок при решении простых когнитивных задач // Четвертая Международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов: В 2 т. Томск, 22–26 июня 2010 г. Т. 1. Томск: Томский гос. ун-т, 2010. С. 128–129.
- Ананьева К. И., Харитонов А. Н.* Совместная идентификация лиц разных расовых типов // Экспериментальный метод в структуре психологического знания / Под ред. В. А. Барабанщикова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. С. 181–187.
- Аннотированный указатель трудов сотрудников Института психологии Российской академии наук (1971–2006). Вып. 1 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова, Т. И. Артемьева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007.
- Анохин П. К.* Проблема принятия решения в психологии и физиологии // Проблемы принятия решения / Под ред. П. К. Анохина. М.: Наука, 1976. С. 7–16.
- Анохин П. К.* Философские аспекты теории функциональных систем. М.: Наука, 1978.
- Артемьева Т. И., Журавлев А. Л., Кольцова В. А.* Основные направления исследований К. К. Платонова и их развитие в современной психологии // К. К. Платонов – выдающийся отечественный пси-

- холог XX века: Материалы юбилейной научной конференции. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. С. 9–17.
- Асмолов А. Г., Михалевская М. Б. От психофизики чистых ощущений к психофизике сенсорных задач // Проблемы и методы психофизики / Под ред. А. Г. Асмолова, М. Б. Михалевской. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 5–12.
- Барabanщиков В. А. Принцип системности в современной психологии: основания, проблемы, тенденции развития // Идея системности в психологии / Под ред. В. А. Барabanщикова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. С. 9–47.
- Барabanщиков В. А. Введение. Психология и математика // Математическая психология: Школа В. Ю. Крылова / Под ред. А. Л. Журавлева, Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010. С. 11–13.
- Барabanщиков В. А., Журавлев А. Л., Кольцова В. А. Системное исследование психического в концепции Б. Ф. Ломова // Б. Ф. Ломов. Психическая регуляция деятельности: Избранные труды. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006. С. 5–28.
- Барabanщиков В. А., Носуленко В. Н. Системность, восприятие, общение. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2004.
- Бардин К. В. Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. М.: Наука, 1976.
- Бардин К. В., Индлин Ю. А. Начала субъектной психофизики: В 2 т. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1993.
- Бардин К. В., Скотникова И. Г., Фришман Е. З. Субъектный подход в психофизике // Проблемы дифференциальной психофизики / Под ред. К. В. Бардина. М.: Изд-во Института психологии АН СССР, 1991. С. 4–17.
- Брунер Дж. О перцептивной готовности // Хрестоматия по ощущению и восприятию / Под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер, М. Б. Михалевской. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1975.
- Брушлинский А. В. Мышление и прогнозирование. М.: Мысль, 1979.
- Брушлинский А. В. Избранные психологические труды. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006.
- Брушлинский А. В., Темнова Л. В. Интеллектуальный потенциал личности и решение нравственных задач // Брушлинский А. В. Избранные психологические труды. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006. С. 559–570.
- Вайнер И. В. Субъективная уверенность при решении психофизической задачи: Дис. ... канд. психол. наук. М.: Изд-во Института психологии АН СССР, 1990.

- Вайнер И. В. Индивидуальные различия в проявлениях субъективной уверенности и особенности решения психофизической задачи // Проблемы дифференциальной психофизики / Под ред. К. В. Бардина. М.: Изд-во Института психологии АН СССР, 1991. С. 71–92.
- Витяев Е. Е. Синтез логики, вероятности и обучения в семантическом вероятностном выводе // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: Сб. трудов IV-й Международной научно-практической конференции (Коломна, 28–30 мая 2007 г.): В 2-х томах. Т. 1. М.: Физматлит, 2007а. С. 133–140.
- Витяев Е. Е. Понимание мозга через его принципы как необходимые условия достижения результатов // IX Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2007», Рабочее совещание «Понимание мозга – методы и перспективы» (Москва, 23–26 января 2007 г.) 2007б. URL: <http://nemoai.narod.ru/Library/Vityaev.pdf> (дата обращения 21.07.2015).
- Витяев Е. Е. Принципы работы мозга, содержащиеся в теории функциональных систем П. К. Анохина и теории эмоций П. В. Симонова // Нейроинформатика. 2008. Т. 3. № 1. С. 25–78. URL: <https://www.niisi.ru/iont/ni/Journal/V3/N1/Vityaev.pdf> (дата обращения 21.07.2015).
- Войтенко Т. П., Бардин К. В. Влияние когнитивных особенностей на эффективность различения акустических сигналов // Когнитивные стили: Тезисы научно-практического семинара / Под ред. В. А. Колги. Таллинн: Изд-во Таллиннского пед. ин-та, 1986. С. 68–72.
- Высоцкий В. В. Личностные и процессуальные условия формирования уверенности в правильности решения задачи: Дис. ... канд. психол. наук. М., 2001.
- Галкина Т. В., Журавлев А. Л. Основные вехи жизненного пути и научного творчества Я. А. Пономарева // Я. А. Пономарев. Психика и интуиция. Неопубликованные материалы, стихи, рисунки и фотографии / Ред.-сост. А. Л. Журавлев, Т. В. Галкина. М.: ООО «ТИД „АРИС“», 2010. С. 6–54.
- Глезер В. Д. Зрение и мышление. Л.: Наука, 1985.
- Глоточкин А. Д., Журавлев А. Л., Кольцова В. А., Лоскутов В. Н. Жизнь и научное творчество К. К. Платонова // К. К. Платонов. Мои личные встречи на великой дороге жизни (Воспоминания старого психолога) / Под ред. А. Д. Глоточкина, А. Л. Журавлева, В. А. Кольцовой, В. Н. Лоскутова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. С. 5–38.

- Гмурман В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика: Учебн. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1999.
- Головина Г. М.* Мягкие вычисления для моделирования субъективных различий между стимулами // Психофизика сегодня / Под ред. В. Н. Носуленко, И. Г. Скотниковой. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007.
- Головина Г. М., Савченко Т. Н.* Математическая психология // Психология XXI века / Под ред. В. Н. Дружинина. М.: Пер Сэ, 2003. С. 760–775.
- Головина Е. В.* Соотношение уверенности в решении сенсорно-перцептивной задачи с когнитивными стилями: Сб. статей / Под ред. И. В. Блинниковой. М.: Высшая школа психологии, 2004. С. 12–21.
- Головина Е. В.* Структура уверенности и когнитивные стили: Дис. ... канд. психол. наук. М., 2006.
- Головина Е. В., Скотникова И. Г., Эллиот М.* Сравнительный анализ уверенности русских и немцев // Экспериментальная психология. 2009. Т. 2. № 1. С. 23–34.
- Гусев А. Н.* Дифференциальная психофизика сенсорных задач: Дис. ... д-ра психол. наук. М., 2002.
- Гусев А. Н.* Психофизика сенсорных задач. М.: Изд-во МГУ, 2004.
- Гусев А. Н., Михалевская М. Б., Измайлов Ч. А.* Измерение в психологии. М.: УМК «Психология», 2005.
- Демин А. В., Витязев Е. Е.* Модель логического анимата с автоматическим формированием подцелей // Нейроинформатика-2007. Ч. 3. М.: МИФИ, 2007. С. 85–92.
- Дружинин В. Н.* Психология способностей: Избранные труды / Отв. ред. А. Л. Журавлев, М. А. Холодная, В. Д. Шадриков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007.
- Дубровский В. Е., Скотникова И. Г.* Решение когнитивных задач: Статистический анализ характеристик уверенности // Труды Второй Международной конференции по когнитивной науке. СПб., 2006. Т. 1. С. 264–265.
- Журавлев А. Л.* Основные тенденции развития психологических исследований в Институте психологии РАН // Психологический журнал. 2007. Т. 28. № 6. С. 5–18.
- Журавлев А. Л.* Основные направления (программа) развития Института психологии РАН на ближайший период // Психологический журнал. 2008. Т. 29. № 5. С. 5–20.
- Забродин Ю. М.* Процессы принятия решения на сенсорно-перцептивном уровне // Проблемы принятия решения. М.: Наука, 1976. С. 33–55.

- Забродин Ю. М.* Процессы принятия решения (в сенсорных задачах), их изучение и описание // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений / Под ред. Б. Ф. Ломова, В. Ю. Крылова и др. М.: Наука, 1981. С. 320–339.
- Забродин Ю. М., Лебедев А. Н.* Психофизиология и психофизика. М.: Наука, 1977.
- Забродин Ю. М., Фришман Е. З., Шляхтин Г. С.* Особенности решения сенсорных задач человеком. М.: Наука, 1981.
- Забродин Ю. М., Шихин И. А.* К вопросу о субъективной оценке обнаружения слабых пороговых сигналов // Материалы II Всесоюзного симпозиума по надежности комплексных систем «человек–техника» / Под ред. А. И. Губинского. Л.: Знание, 1969. Ч. 1. С. 40–42.
- Зинченко В. П.* Психология доверия. Самара: Изд-во СИОКПП, 2001.
- Знаков В. В.* Психология субъекта и психология человеческого бытия // Субъект, личность и психология человеческого бытия / Под ред. В. В. Знакова, З. И. Рябикиной. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. С. 9–44.
- Иванова Л. В., Савченко Т. Н., Сочивко Д. В.* Моделирование функциональной структуры личности в ситуации принятия решения / Под ред. А. Л. Журавлева, Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010. С. 456–470.
- Иган Дж.* Теория обнаружения сигналов и анализ рабочих характеристик. М.: Наука, 1983.
- Измайлов Ч. А.* Сферическая модель цветового зрения. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1980.
- Измайлов Ч. А., Коршунова С. Г., Соколов Е. Н.* и др. Геометрическая модель различения ориентации линий, основанная на субъективных оценках и вызванных потенциалах // Психология: Современные направления междисциплинарных исследований / Под ред. Н. В. Тарабриной. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2003. С. 237–249.
- Индлин Ю. А.* Различение громкости тональных сигналов // Проблемы психофизики / Под ред. Б. Ф. Ломова. М.: Наука, 1974. С. 149–195.
- Индлин Ю. А.* Модель обучаемого наблюдателя в ситуации обнаружения и различения // Проблемы принятия решения. М.: Наука, 1976. С. 56–77.
- Карпов А. В.* Психология принятия решений: Монография. М.–Ярославль: Изд-во «Институт психологии РАН», 2003.

- К. К. Платонов – выдающийся отечественный психолог XX века: Материалы юбилейной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения К. К. Платонова (22 июня 2006 г.) / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова, Т. И. Артемьева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007.
- Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. М.: Прогресс, 1979.
- Кольцова В. А., Журавлев А. Л. Введение: Уникальность научного подхода Б. Г. Ананьева // Методология комплексного человекознания и современная психология / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2008. С. 9–13.
- Кольцова В. А., Журавлев А. Л. К 40-летию Института психологии РАН и 85-летию со дня рождения Б. Ф. Ломова // Психологический журнал. 2012. Т. 33. № 1. С. 4–6.
- Конопкин О. А., Жуйков Ю. С. О способности человека оценивать вероятностные характеристики альтернативных стимулов // Психологические вопросы регуляции деятельности. М.: Педагогика, 1973. С. 154–197.
- Корнилова Т. В. Психология риска и принятия решений. М.: Изд-во МГУ, 2003.
- Корнилова Т. В., Чумакова М. А., Корнилов С. А., Новикова М. А. Психология неопределенности: Единство интеллектуально-личностного потенциала человека. М.: Смысл, 2010.
- Котельников В. А. Теория потенциальной помехоустойчивости. М.: Госэнергоиздат, 1956.
- Кочетков В. В., Скотникова И. Г. Индивидуально-психологические проблемы принятия решения. М.: Наука, 1993.
- Крылов В. Ю. Нормативные модели принятия решения при вероятностном выборе // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений / Под ред. Б. Ф. Ломова, В. Ю. Крылова и др. М.: Наука, 1981. С. 39–46.
- Крылов В. Ю. Методологические и теоретические проблемы математической психологии / Под ред. А. В. Брушлинского, С. С. Бубновой. М.: Янус-К, 2000.
- Крылов А. К., Александров Ю. И. Особенности взаимодействия рефлекторного агента со средой: Модельное исследование // Экспериментальная психология. 2009. Т. 2. № 1. С. 5–22.
- Кузнецов О. П. Формальный подход к понятию «знание» и проблема моделирования различных типов знания // Когнитивные исследования: Сборник научных трудов: Вып. 2 / Под ред. В. Д. Со-

- ловьева, Т. В. Черниговской. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2008. С. 265–275.
- Леонов Ю. П. Теория статистических решений и психофизика. М.: Наука, 1977.
- Леонов Ю. П. Цвета в пространстве. М.: Акрополь, 2014.
- Линк С. Волновая теория сходства и различия. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1995.
- Лихтенштейн С., Фишхофф Б., Филлипс Л. Д. Калибровка вероятностей: Положение дел к 1980 г. // Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения / Под ред. Д. Канемана, П. Словика, А. Тверски. Харьков: Гуманитарный центр, 2005. С. 351–382.
- Личность и бытие: субъектный подход: Материалы научной конференции, посвященной 75-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН А. В. Брушлинского, 15–16 октября 2008 г. / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. В. Знаков, З. И. Рябикина. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2008.
- Личность профессионала в современном мире / Отв. ред. Л. Г. Дикая, А. Л. Журавлев. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013.
- Ломов Б. Ф. Математика и психология в изучении процессов принятия решения // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений / Под ред. Б. Ф. Ломова, В. Ю. Крылова и др. М.: Наука, 1981. С. 5–21.
- Ломов Б. Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1999.
- Ломов Б. Ф. Психическая регуляция деятельности: Избранные труды. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006.
- Математическая психология: Школа В. Ю. Крылова / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Т. Н. Савченко, Г. М. Головина. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010.
- Междисциплинарные исследования памяти / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Н. Н. Корж. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009.
- Мелешко Т. К., Журавлев А. Л. А. В. Брушлинский – ученый и организатор науки // А. В. Брушлинский. Избранные психологические труды. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006. С. 5–21.
- Методология комплексного человекознания и современная психология / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2008.
- Методы психологического обеспечения профессиональной деятельности и технологии развития ментальных ресурсов человека /

- Отв. ред. А. Л. Журавлев, Л. Г. Дикая, М. А. Холодная. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014.
- Моллер Р., Гросс Х.-М. Восприятие через антиципацию // Синергетика и психология: Тексты: Вып. 3: Когнитивные процессы / Под ред. В. И. Аршинова, И. Н. Трофимовой, В. М. Шендяпина. М.: Когито-Центр, 2004. С. 218–224.
- 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: Неточность и Недоопределенность – различие и взаимосвязь (до-формальное исследование). 1999. URL: <http://viperson.ru/articles/aleksandr-narinyani-ne-factory-netochnost-i-nedoopredelennost-razlichie-i-vzaimosvyaz> (дата обращения 21.07.2015).
- Нариньяни А. С. НЕ-факторы: Краткое введение // Новости искусственного интеллекта. 2004. № 2. С. 52–63.
- Нормативные и дескриптивные модели принятия решений / Под ред. Б. Ф. Ломова и др. М.: Наука, 1981.
- Парадигмы в психологии: науковедческий анализ / Под ред. А. Л. Журавлева, Т. В. Корниловой, А. В. Юревича. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012.
- Платонов К. К. Мои личные встречи на великой дороге жизни: Воспоминания старого психолога. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005.
- Проблемы принятия решения / Под ред. П. К. Анохина и др. М.: Наука, 1976.
- Проблемы фундаментальной и прикладной психологии профессиональной деятельности / Под ред. В. А. Бодрова, А. Л. Журавлева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2008.
- Прогресс психологии: критерии и признаки / Под ред. А. Л. Журавлева, Т. Д. Марцинковской, А. В. Юревича. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009.
- Психологические исследования интеллекта и творчества: Материалы научной конференции, посвященной памяти Я. А. Пономарева и В. Н. Дружинина (ИП РАН, 7–8 октября 2010 г.) / Отв. ред. А. Л. Журавлев, М. А. Холодная, Д. В. Ушаков, Т. В. Галкина. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010.
- Психологические исследования. Вып. 4 / Под ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009.

- Психология XXI века: Учебник для вузов / Под ред. В. Н. Дружинина. М.: Пер Сэ, 2003.
- Психология интеллекта и творчества: традиции и инновации / Отв. ред. А. Л. Журавлев, М. А. Холодная, Д. В. Ушаков, Т. В. Галкина. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010.
- Психология сегодня: Теория, образование и практика / Под ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко, А. В. Карпова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009.
- Психология способностей: современное состояние и перспективы исследований: Материалы научной конференции, посвященной памяти В. Н. Дружинина (19–20 сентября 2005 г.) / Отв. ред. А. Л. Журавлев, М. А. Холодная. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005.
- Психология: современные направления междисциплинарных исследований: Материалы научной конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАН А. В. Брушлинского (8 октября 2002 г.) / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Н. В. Тарабрина. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2003.
- Психология человека в современном мире. Т. 2. Проблема сознания в трудах С. Л. Рубинштейна, Д. Н. Узнадзе, Л. С. Выготского. Проблема деятельности в отечественной психологии. Исследование мышления и познавательных процессов. Творчество, способности, одаренность: Материалы Всероссийской юбилейной научной конференции, посвященной 120-летию со дня рождения С. Л. Рубинштейна (15–16 октября 2009 г.) / Отв. ред. А. Л. Журавлев, И. А. Джидарьян, В. А. Барабанщиков, В. В. Селиванов, Д. В. Ушаков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009.
- Психология человека и общества: научно-практические направления / Под ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко, Н. В. Тарабриной. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014.
- Развитие психологии в системе комплексного человекознания: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 40-летию Института психологии РАН и 85-летию его основателя Б. Ф. Ломова: Ч. 1 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012а.
- Развитие психологии в системе комплексного человекознания: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 40-летию Института психологии РАН и 85-летию его основателя Б. Ф. Ломова: Ч. 2 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012б.

- Ромек В. Г. Понятие уверенности в себе в современной социальной психологии // Психологический вестник. Вып. 1. Ч. 2. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1996. С. 132–146.
- Ромек В. Г. Уверенность в себе как социально-психологическая характеристика личности: Дис. ... канд. психол. наук. Ростов-на-Дону, 1997.
- Рубцов В. В., Журавлев А. Л., Марголис А. А., Ушаков Д. В. Образование одаренных – государственная проблема // Психологическая наука и образование. 2009. №4. С. 5–14.
- Савченко Т. Н. История развития российской математической психологии и перспективы ее развития / Под ред. А. Л. Журавлева, Т. Н. Савченко, Г. М. Головиной. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010. С. 25–50.
- Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М.: Физматлит, 2005.
- Серебрякова Е. А. Уверенность в себе и условия ее формирования у школьников: Дис. ... канд. психол. наук. М., 1955.
- Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. СПб.: Социально-психологический центр, 1996.
- Скотникова И. Г. Исследования уверенности–сомнительности в сенсорном различении // Ежегодник РПО. Психология сегодня. Т. 2. Вып. 3. М.: РПО, 1996. С. 34–36.
- Скотникова И. Г. Зрительное различение и импульсивность–рефлексивность // Психологический журнал. 1999. Т. 20. №4. С. 82–89.
- Скотникова И. Г. Проблема уверенности: История и современное состояние // Психологический журнал. 2002а. Т. 23. №1. С. 52–60.
- Скотникова И. Г. Развитие субъектно-ориентированного подхода в психофизике // Психология индивидуального и группового субъекта / Под ред. А. В. Брушлинского, М. И. Володиной. М.: Пер Сэ, 2002б. С. 220–269.
- Скотникова И. Г. Субъектная психофизика: Результаты исследований // Психологический журнал. 2003. Т. 24. №2. С. 121–131.
- Скотникова И. Г. Экспериментальное исследование уверенности в решении сенсорных задач // Психологический журнал. 2005. Т. 26. №3. С. 84–99.
- Скотникова И. Г. Проблемы субъектной психофизики. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2008.
- Скотникова И. Г., Иванов М. А., Шендяпин В. М. Асимметрия суждений о равенстве и различии и ее возможные детерминанты // Современная психология: состояние и перспективы: Тезисы докладов на юбилейной научной конференции ИП РАН 28–29

- января 2002 г. Т. 1 / Отв. ред. А. В. Брушлинский, А. Л. Журавлев. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2002. С. 140–142.
- Скотникова И. Г., Шендяпин В. М., Садов В. А., Панова Е. В., Журкина Е. В. Соотношение уверенности в решении с его правильностью, латентностью и характеристиками сенсорной задачи // Экспериментальный метод в структуре психологического знания / Отв. ред. В. А. Барабанщиков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. С. 123–128.
- Скотникова И. Г., Шендяпин В. М., Степанова А. И. Значение обратной связи для коррекции оценок уверенности // Материалы Международной научной конференции «Человек, субъект, личность в современной психологии» (к 80-летию А. В. Брушлинского) / Под. ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН». 2013. С. 207–209.
- Скотникова И. Г., Шендяпин В. М., Степанова А. И. Парадоксальное соотношение уверенности в решении с трудностью сенсорной задачи // Материалы Всероссийской конференции «Естественно-научный подход в современной психологии». М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. С. 456–462.
- Современная психология: состояние и перспективы: Тезисы докладов на юбилейной научной конференции ИП РАН, 28–29 января 2002 г. Т. 1 / Отв. ред. А. В. Брушлинский, А. Л. Журавлев. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2002а.
- Современная психология: состояние и перспективы: Тезисы докладов на юбилейной научной конференции ИП РАН, 28–29 января 2002 г. Т. 2 / Отв. ред. А. В. Брушлинский, А. Л. Журавлев. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2002б.
- Современная экспериментальная психология: В 2 т. / Под ред. В. А. Барабанщикова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2011.
- Соколов Е. Н. Принцип векторного кодирования в психофизиологии // Вестник Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. 1995. № 4. С. 3–13.
- Соколов Е. Н. Вычисление семантических различий в нейронных сетях // Нейрокомпьютеры. 2004. № 2. С. 69–78.
- Соколов Е. Н. Очерки по психофизиологии сознания. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2010.
- Сочивко Д. В., Савченко Т. Н., Головина Г. М. Психодинамические исследования. Вып. 1 / Под ред. А. Я. Гришко, Д. В. Сочивко. Рязань: АПУ, 2006.
- Субъектный подход в психологии / Под ред. А. Л. Журавлева, В. В. Знакова, З. И. Рябикиной, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009.

- Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: Философия, психология, информатика. М.: Эдиториал УРСС, 2002.
- Тарасов В. Б. Слово редактора // Новости искусственного интеллекта. 2004а. № 2. С. 3–6.
- Тарасов В. Б. НЕ-факторы: от семиотического анализа к методам формализации // Новости искусственного интеллекта. 2004б. № 2. С. 95–114.
- Тверски А., Канеман Д. Принятие решений в условиях неопределенности: правила и предубеждения // Принятие решений в условиях неопределенности: правила и предубеждения: Сб. статей / Под ред. Д. Канемана, П. Словика, А. Тверски. Харьков: Гуманитарный центр, 2005. С. 17–36.
- Тенденции развития современной психологической науки: тезисы юбилейной научной конференции 31 января–1 февраля 2007 г. Ч. 1 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007а.
- Тенденции развития современной психологической науки: тезисы юбилейной научной конференции 31 января–1 февраля 2007 г. Ч. 2 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007б.
- Теория и методология психологии: Постнеклассическая перспектива / Отв. ред. А. Л. Журавлев, А. В. Юревич. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007.
- Терстон Л. Л. Психофизический анализ // Проблемы и методы психофизики / Под ред. А. Г. Асмолова, М. Б. Михалевской. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 33–55.
- Умрюхин Е. А. Моделирование и объективная оценка системных механизмов психической деятельности // Системные аспекты психической деятельности / Под ред. К. В. Судакова. М.: Эдиториал УРСС, 1999. С. 177–261.
- Уточкин И. С. Психологические механизмы решения задачи по обнаружению сигнала: Дис. ... канд. психол. наук. М., 2006.
- Фейгенберг И. М., Иванников В. А. Вероятностное прогнозирование и преднастройка к движениям. М.: Изд-во МГУ, 1978.
- Феномен и категория зрелости в психологии / Под ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007.
- Харламенкова Н. Е., Журавлев А. Л. Психология личности как открытой и развивающейся системы (к юбилею Л. И. Анцыферовой) // Психологический журнал. 2009. Т. 30. № 6. С. 30–39.

- Харламенкова Н. Е., Журавлев А. Л.* Мудрость личности (к 90-летию со дня рождения Л. И. Анцыферовой) // Психологический журнал. 2014. Т. 35. № 5. С. 99–101.
- Холодная М. А.* Когнитивные стили как проявление своеобразия индивидуального интеллекта. Киев: Изд-во КГУ, 1990.
- Холодная М. А.* Когнитивные стили: О природе индивидуального ума. СПб.: Питер, 2004.
- Холодная М. А., Журавлев А. Л.* Стиль научного творчества В. Н. Дружинина (к 60-летию со дня рождения) // Психологический журнал. 2015. Т. 36. № 4. С. 109–113.
- Человек, субъект, личность в современной психологии: Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию А. В. Брушлинского. Т. 1 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013а.
- Человек, субъект, личность в современной психологии: Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию А. В. Брушлинского. Т. 2 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013б.
- Человек, субъект, личность в современной психологии: Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию А. В. Брушлинского. Т. 3 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013в.
- Четвериков А. А.* Что мы осознаем, когда наступаем на одни и те же грабли: Аффективная оценка повторяющихся ответов // Экспериментальная психология. 2011. № 2. С. 36–47.
- Шевелев И. А.* Психофизиология сенсорных процессов // Основы психофизиологии: Учебник / Отв. ред. Ю. И. Александров. М.: Инфра-М, 1998.
- Шендяпин В. М., Барабанщиков В. А.* Использование теории обнаружения сигнала для разработки модели принятия решения и уверенности в нем человека // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2008. Т. 5. № 3. С. 145–156.
- Шендяпин В. М., Барабанщиков В. А., Скотникова И. Г.* Уверенность в решении: моделирование и экспериментальная проверка // Экспериментальная психология. 2010. Т. 3. № 1. С. 30–57.
- Шендяпин В. М., Скотникова И. Г.* Разработка модели принятия решения в когнитивных задачах // Труды Международных научно-технических конференций IEEE AIS'03 и CAD-2003. М.: Физматлит, 2003. Т. 1. С. 449–453.
- 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. Моделирование уверенности наблюдателя при решении задачи сенсорного различения // Современная экспериментальная психология: В 2 т. / Под ред. В. А. Барбанщикова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2011. Т. 1. С. 337–355.
- Ширман Я. Д., Манжос В. Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. М.: Радио и связь, 1981.
- Шляхтин Г. С. Различение порядка и одновременности двух стимулов // Психофизические исследования / Под ред. Б. Ф. Ломова. М.: Наука, 1977. С. 227–246.
- Шляхтин Г. С. Системно-структурный подход к процессам восприятия времени // Вестник ННГУ. Сер. «Социальные науки». Вып. 4. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. С. 123–133.
- Шпет Г. Г. Философские этюды. М.: Издат. группа «Прогресс», 1994.
- Adams J. K. A confidence scale defined in terms of expected percentages // American Journal of Psychology. 1957. V. 70. P. 432–436.
- Adams J. K., Adams P. A. Realism of confidence judgment // Psychological Review. 1961. V. 68. P. 33–45.
- Asher D. A model for confidence judgments in choice tasks. Ph. D. Thesis. McMaster University, 1974.
- Atkinson R. A variable sensitivity theory of signal detection // Psychological Review. 1963. V. 70.
- Audley R. J. A stochastic model for individual choice behavior // Psychological Review. 1960. V. 67 (1). P. 1–15.
- Balakrishnan J. D., MacDonald J. A. Recalibrating subjective confidence: Implications for scaling and measurement // Fechner Day '2000: Proceedings of the 10th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics / Ed. C. Bonnet. Strasbourg: France, 2000. P. 85–90.
- 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.
- Baranski J. V., Petrusic W. M. The calibration and resolution of confidence in perceptual judgments // Perception and Psychophysics. 1994. V. 55. P. 412–428.
- Baranski J. V., Petrusic W. M. On the calibration of knowledge and perception // Canadian Journal of Psychology. 1995. V. 49. P. 397–407.
- Baranski J. V., Petrusic W. M. Probing the locus of confidence judgments: experiments on the time to determine confidence // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 1998. V. 24. P. 929–945.

- Baranski J. V., Petrusic W. M.* Realism of confidence in sensory discrimination // *Perception and Psychophysics*. 1999. V. 61. P. 1369–1383.
- Bjorkman M.* Internal cue theory: Calibration and resolution of confidence in general knowledge // *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*. 1994. V. 58. P. 368–405.
- Bjorkman M.* Knowledge, calibration and resolution: A linear model // *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*. 1992. V. 39. P. 365–383.
- Bjorkman M., Juslin P., Winman A.* Realism of confidence in sensory discrimination: the underconfidence phenomenon // *Perception and Psychophysics*. 1993. V. 54. P. 75–81.
- Bjorkman M., Qvaresell B.* Confidence in S–E predictions // *Reports from the Psychological Laboratory, University of Stockholm*. № 155. Stockholm, 1963. P. 1–14.
- Bullock Th. H.* Structure and function in the nervous system of invertebrates. San-Francisco–London: Freeman and Co., 1965. V. 1. P. 798.
- Caroll S. R., Petrusic W. M.* On the locus and time course of confidence processing // *Fechner Day'2006: Proceedings of the 22nd Annual Meeting of the International Society for Psychophysics* / Eds D. E. Kornbrot, R. M. Msetfi, A. W. McRae. St Albans, Hertfordshire, England, 2006. P. 175–181.
- Caroll S. R., Petrusic W. M., Leth-Steensen C.* Anchoring effects in the judgment of confidence: Semantic or numeric priming? // *Attention, Perception and Psychophysics*. 2009. V. 71. P. 297–307.
- Dawes R.* Confidence in intellectual judgments vs confidence in perceptual judgments // *Similarity and choice: Papers in honour of Clyde Coombs* / Eds E. Lanterman, H. Feger. Bern: Hube, 1980. P. 327–345.
- Eccles J. C.* An electrical hypothesis of synaptic and neuromuscular transmission. *Nature*. 1945. Dec. 8. V. 156. P. 680–683.
- 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.
- Ferrell W. R., McGoey P. J.* A model of calibration for subjective probabilities // *Organizational Behavior and Human Performance*. 1980. V. 26. P. 32–53.
- Galanter E.* An axiomatic and experimental study of sensory order and measure // *Psychological Review*. 1956. V. 63. P. 16–28.
- Garriga-Trillo A., Gonzales-Labra M. J., Villarino A.* et al. Time estimation and personality factors: Poster presented at the 10th Annual

- Meeting of the International Society for Psychophysics. Vancouver, Canada, 1994.
- Goodman N.* The structure of appearance. Cambridge: Harvard University Press, 1951.
- Green D.M., Swets J.A.* Signal Detection Theory and Psychophysics. NY: Wiley, 1974.
- Gregson R. A. M.* Confidence judgments for discrimination in nonlinear psychophysics // *Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences*. 1999. V. 3. P. 31–48.
- Grossberg S.* Content addressable memory storage by neural networks // *Computational neuroscience* / Ed. J. Schwartz. The MIT Press, 1990. P. 56–58.
- 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.
- Henmon V.* The relation of the time of judgment to its accuracy // *Psychological Review*. 1911. V. 18. P. 186–201.
- Hopfield J. J.* Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 1982. V. 79. P. 2554–2558.
- Irwin R. J., Hautus M. J.* Exposing the decision space for judgments of identity and difference. Fechner Day '96 // *Proceedings of the 12th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics* / Ed. S. Masin. Padua: Italy, 1996. P. 287–292.
- Johnson D.* Confidence and speed in two category judgment // *Archives of psychology*. 1939. V. 241. P. 1–52.
- Johnson D. D. P., Fowler J. H.* The evolution of overconfidence // *Nature*. 2011. V. 477. P. 317–320.
- Juslin P.* The overconfidence phenomenon as a consequence of informal experimenter-guided selection of almanic items // *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*. 1994. V. 39. P. 226–246.
- Juslin P., Olsson H.* Thurstonian and Brunswikian origins of uncertainty in judgment: A sampling model of confidence in sensory discrimination // *Psychological Review*. 1997. V. 104. P. 344–366.
- Kagan J.* Reflection–impulsivity: The generality of dynamics of conceptual tempo // *Journal of Abnormal Psychology*. 1966. V. 71. P. 17–24.
- Kahneman D., Slovic A., Tversky A.* Judgment under uncertainty: heuristics and biases. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

- Keren G.* On the ability of monitoring non-veridical perceptions and uncertain knowledge: Some calibrations studies // *Acta Psychologica*. 1988. V. 67. P. 95–119.
- Keren G.* Calibration and probability judgments: Conceptual and methodological issues // *Acta Psychologica*. 1991. V. 77. P. 217–273.
- Kogan N., Wallach M.A.* Risk taking: A study of cognition and personality. NY: Holt, 1964.
- Krueger L.I.* A theory of perceptual matching // *Psychological Review*. 1978. V. 5. P. 278–304.
- 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* / Ed. C. Bonnet. Strasbourg: France, 2000. P. 91–96.
- Lichtenstein S., Fischhoff B.* Do those who know more also know more about how much they know? The calibration of probability judgments // *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*. 1977. V. 20. P. 159–183.
- Lichtenstein S., Fischhoff B.* Training for Calibration // *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 1980. V. 26. P. 149–171.
- Lichtenstein S., Fishoff B., Phillips L.* Calibration of probabilities: The state of the art to 1980 // *Judgments under uncertainty: Heuristics and biases* / Eds D. Kahneman, P. Slovic, A. Tversky. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. P. 306–334.
- 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* / Eds B. Berglund, E. Borg. Stockholm: Sweden, 2003. P. 151–156.
- Link S.W., Heath R.A.* A sequential theory of psychological discrimination // *Psychometrika*. 1975. V. 40. P. 77–105.
- Lubin P., Garriga-Trillo A., Hecce R.L.* The relationship between stimulus magnitude, estimations, errors and confidence in retarded subjects for stretching exercises // *Fechner Day '98: Proceedings of the 14th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics* / Eds S. Grondin, Y. Lacouture. Quebec: Canada, 1998. P. 261–266.
- Luce R.D.* Response Times: Their Role in Inferring Elementary Mental Organization. NY–Oxford: Oxford University Press–Clarendon Press, 1986.
- Macmillan N.A., Creelman C.D.* Response bias: Characteristics of detection theory, threshold theory and “nonparametric” indices // *Psychological Bulletin*. 1990. V. 121. P. 401–413.

- Macmillan N.A., Creelman C.D. Detection theory: Guide. NY: Erlbaum, 2005.
- McClelland A. G. R., Bolger F. The calibration of subjective probabilities: Theories and models 1980–1994 // Subjective probability / Eds G. Wright, P. Ayton. NY: Wiley, 1994. P. 453–482.
- Messer S.B. Reflection-impulsivity: A review // Psychological Bulletin. 1976. V. 83. P. 1026–1052.
- Nosal Ch. S. Psychologiczne modele umyslu. Warszawa: Pastwowe Wydawnictwo Naukowe, 1990.
- Obrink J. An experimental investigation of confidence: Ph. D. Thesis. Uppsala: Uppsala University, 1948. P. 1–11.
- Olsson H., Winman A. Underconfidence in sensory discrimination: The interaction between experimental setting and response strategies // Perception and Psychophysics. 1996. V. 58. P. 374–382.
- Payne J. W., Braunstein M. L. Preferences among gambles with equal underlying distribution // Journal of experimental Psychology. 1971. V. 87. P. 13–18.
- Petrusic W. M., Baranski J. V. Context, feedback and the calibration and resolution of confidence in perceptual judgments // American Journal of Psychology. 1997. V. 110. P. 543–572.
- Petrusic W. M., Baranski J. V. Effects of expressing confidence in decision processing: implication for theories of RT and confidence // Fechner Day '2000: Proceedings of the 16th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics / Ed. C. Bonnet. Strasbourg: France, 2000. P. 103–108.
- Peirce C. S., Jastrow J. On small differences of sensation // Memoirs of the National Academy of Sciences. 1884. V. 3. P. 73–83.
- Pleskac T. R., Busemeyer J. R. Two-Stage Dynamic Signal Detection: A Theory of Choice, Decision Time and Confidence // Psychological Review. 2010. V. 117 (3). P. 864–901.
- Proctor R. W., Healy A. F., Van Zandt T. Same–different judgments of multiletter strings: Insensitivity to positional bias and spacing // Perception and Psychophysics. 1991. V. 49. P. 62–73.
- Ratcliff R., Hacker M. J. Speed and accuracy of same and different responses in perceptual matching // Perception and Psychophysics. 1981. V. 30. P. 303–307.
- Ratcliff R., Smith P. A comparison of sequential models for two-choice reaction time // Psychological Review. 2004. V. 111. P. 333–367.
- Simon H. A. Administrative Behavior. NY: Free Press, 1976.
- Stankov L. Calibration curves, scatterplots and the distinction between general knowledge and perceptual tasks // Learning and Individual Differences. 1998. V. 10. P. 29–50.

- Stone M. Models for choice-reaction time // *Psychometrika*. 1960. V. 80. P. 419–422.
- Swensson R. G. The elusive trade-off: Speed versus accuracy in visual discrimination tasks // *Perception and Psychophysics*. 1972. V. 12. P. 16–32.
- Thurstone L. L. Psychophysical analysis // *The American Journal of Psychology*. 1927. V. 38. P. 368–389.
- Treisman M., Faulkner A. The setting and maintenance of criteria representing levels of confidence // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1984. V. 10. P. 119–139.
- Tversky A. Elimination by aspects // *Psychological Review*. 1972. V. 79. P. 281–299.
- 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* / Ed. C. Bonnet. Strasbourg: France, 2000. P. 109–114.
- 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* / Eds B. Berglund, E. Borg. Stockholm: Sweden, 2003. P. 325–331.
- 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* / Ed. C. Bonnet. Strasbourg: France, 2000. P. 115–120.

Научное издание

Шендяпин В. М., Скотникова И. Г.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ
И УВЕРЕННОСТИ В СЕНСОРНЫХ ЗАДАЧАХ**

Редактор – *Т. А. Сарыева*

Оригинал-макет, обложка и верстка – *С. С. Фёдоров*

Лицензия ЛР № 03726 от 12.01.01

Издательство «Институт психологии РАН»

129366, Москва, ул. Ярославская, д. 13

Тел.: +7 (495) 682-61-02

www.ipras.ru; e-mail: vbelop@ipras.ru

Сдано в набор 21.09.15. Подписано в печать 07.10.15. Формат 60 × 90/16

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура ГТС СНАРТЕР

Уч.-изд. л. 10,3; усл.-печ. л. 13. Тираж 400 экз. Заказ

**КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА
«ИНСТИТУТ ПСИХОЛОГИИ РАН»**

2015 г.

Проблема сиротства в современной России: Психологический аспект / Отв. ред. А. В. Махнач, А. М. Прихожан, Н. Н. Толстых. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2015. 670 с. (Фундаментальная психология – практике)

Историогенез и современное состояние российского менталитета / Отв. ред. В. А. Кольцова, Е. В. Харитоновна. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2015. 479 с. (Методология, теория и история психологии)

2014 г.

Психология человека и общества: Научно-практические исследования / Под ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко, Н. В. Тарабриной. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 332 с. (Фундаментальная психология – практике)

Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. Выпуск 6 / Под ред. А. А. Обознова, А. Л. Журавлева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 528 с. (Труды Института психологии РАН)

Татарко А. Н. Социально-психологический капитал личности в поликультурном обществе. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 384 с.

Психологические исследования. Выпуск 7 / Под ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 215 с. (Труды молодых ученых ИП РАН)

- Психологическое здоровье личности и духовно-нравственные проблемы современного российского общества / Отв. ред. А. Л. Журавлев, М. И. Воловикова, Т. В. Галкина. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 318 с. (Труды Института психологии РАН)
- Психологическое воздействие в межличностной и массовой коммуникации / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Н. Д. Павлова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 400 с. (Труды Института психологии РАН)
- Методы психологического обеспечения профессиональной деятельности и технологии развития ментальных ресурсов человека / Отв. ред. Л. Г. Дикая, А. Л. Журавлев, М. А. Холодная. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 352 с. (Фундаментальная психология – практике)
- Естественно-научный подход в современной психологии / Отв. ред. В. А. Барабанщиков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 882 с. (Интеграция академической и университетской психологии)
- Психология социальных явлений. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 349 с. (Психология социальных явлений)
- Костин А. Н., Голиков Ю. Я.* Организационно-процессуальный анализ психической регуляции сложной деятельности. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 448 с.
- Резников Е. Н.* Психологический облик русских (на материале исследования жителей Костромской области). М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 510 с.
- Тарабрина Н. В., Быховец Ю. В.* Террористическая угроза: теоретико-эмпирическое исследование. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 156 с. (Фундаментальная психология – практике)
- Гребенщикова Т. А., Зачесова И. А.* Психология повседневного дискурса: Интенциональный аспект. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 208 с.
- Нестик Т. А.* Социальная психология времени. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 496 с.
- Купрейченко А. Б.* Нравственная детерминация экономического самоопределения. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 463 с.
- Харитоновна Е. В.* Психология социально-профессиональной востребованности личности. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 411 с.
- Корнилов Ю. К.* На пути к психологии практического мышления / Под ред. А. В. Карпова, Е. В. Коневой, Е. А. Сергиенко. Сост.

С. Ю. Коровкин. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 407 с. (Достижения в психологии)

2013 г.

Личность профессионала в современном мире / Отв. ред. Л. Г. Дикая, А. Л. Журавлев. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 944 с. (Труды Института психологии РАН)

Дробышева Т. В. Экономическая социализация личности: ценностный подход. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 312 с. (Перспективы психологии)

Психологические исследования нравственности / Отв. ред. А. Л. Журавлев, А. В. Юревич. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 416 с. (Психология социальных явлений)

Барабанщиков В. А., Жегалло А. В. Регистрация и анализ направленности взора человека. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 316 с. (Методы психологии)

Психология – наука будущего. Материалы V международной конференции молодых ученых / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Е. А. Сергиенко, Н. Е. Харламенкова, К. Б. Зуев. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 746 с. (Материалы конференции)

Эволюционная и сравнительная психология в России: традиции и перспективы / Под ред. А. Н. Харитонова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 432 с. (Труды Института психологии РАН)

Психологические исследования проблем современного российского общества / Под ред. А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 502 с. (Труды Института психологии РАН)

Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. Вып. 5 / Под ред. А. А. Обознова, А. Л. Журавлева. М.: Издательство «Институт психологии РАН», 2013. 426 с. (Труды Института психологии РАН)

Сергиенко Е. А., Таланова Н. Н., Лебедева Е. И. Телевизионная реклама и дети. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 184 с. (Фундаментальная психология – практике)

Махнач А. В., Прихожан А. М., Толстых Н. Н. Психологическая диагностика кандидатов в замещающие родители: Практическое руководство. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 219 с. (Фундаментальная психология – практике)

- Прохоров А. О., Юсупов М. Г.* Повседневное трансное состояние. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 176 с. (Экспериментальные исследования)
- Человек, субъект, личность в современной психологии. Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию А. В. Брушлинского. Том 1 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 584 с. (Материалы конференции)
- Человек, субъект, личность в современной психологии. Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию А. В. Брушлинского. Том 2 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 502 с. (Материалы конференции)
- Человек, субъект, личность в современной психологии. Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию А. В. Брушлинского. Том 3 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 600 с. (Материалы конференции)
- Шадриков В. Д.* Психология деятельности человека. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 464 с. (Достижения в психологии)
- Кольцова В. А., Холондович Е. Н.* Воплощение духовности в личности и творчестве Ф. М. Достоевского. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 304 с.
- Журавлева Н. А.* Психология социальных изменений: ценностный подход. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 524 с.
- Толочек В. А.* Проблема стилей в психологии: историко-теоретический анализ. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 320 с. (Методология, теория и история психологии)
- Купрейченко А. Б., Воробьева А. Е.* Нравственное самоопределение молодежи. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 480 с.
- Социально-психологические и духовно-нравственные аспекты семьи и семейного воспитания в современном мире / Отв. ред. В. А. Кольцова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 956 с. (Материалы конференции)
- Джидарьян И. А.* Психология счастья и оптимизма. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 268 с. (Достижения в психологии)
- Сухарев А. В., Чулисова А. П.* Этнофункциональная коррекция образной сферы личности осужденных за насильственные преступления. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 144 с. (Фундаментальная психология – практике)

- Латынов В. В.* Психология коммуникативного воздействия. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 368 с.
- Юревич А. В.* Социальная психология научной деятельности. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 447 с. (Методология, теория и история психологии)
- Дифференционно-интеграционная теория развития: Философское осмысление и применение в психологии, языкознании и педагогике. Тезисы докладов Второй научно-практической конференции. 4 марта 2013 г., Москва: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 45 с.

2012 г.

- Пономаренко В. А.* На чьих плечах стоим? М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 145 с.
- Нравственность современного российского общества: психологический анализ / Отв. ред. А. Л. Журавлев, А. В. Юревич. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 413 с. (Психология социальных явлений)
- Экспериментальный метод в структуре психологического знания / Отв. ред. В. А. Барабанщиков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 828 с. (Интеграция академической и университетской психологии)
- Барабанщиков В. А.* Экспрессии лица и их восприятие. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 341 с. (Экспериментальные исследования)
- Парадигмы в психологии: Науковедческий анализ / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Т. В. Корнилова, А. В. Юревич. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 468 с. (Методология, теория и история психологии)
- Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. Вып. 4 / Под ред. В. А. Бодрова, А. Л. Журавлева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 480 с. (Труды Института психологии РАН)
- Журавлев А. Л., Позняков В. П.* Социальная психология российского предпринимательства: Концепция психологических отношений. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 480 с.
- Русалов В. М.* Темперамент в структуре индивидуальности человека: Дифференциально-психофизиологические и психологические исследования. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 528 с. (Достижения в психологии)

- Развитие психологии в системе комплексного человекознания. Часть 1 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 828 с.
- Развитие психологии в системе комплексного человекознания. Часть 2 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 696 с.
- Алмаев Н. А.* Применение контент-анализа в исследованиях личности: Методические вопросы. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 167 с. (Методы психологии)
- Психологические проблемы семьи и личности в мегаполисе / Отв. ред. А. Л. Журавлев, А. И. Ляшенко, В. Е. Иноземцева, Д. В. Ушаков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. –341 с. (Фундаментальная психология – практике)
- Человек в экономических и социальных отношениях: Материалы Всероссийской научной конференции. 4–5 октября 2012 г. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 418 с.
- Холодная М. А.* Психология понятийного мышления: От концептуальных структур к понятийным способностям. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 288 с.
- Психологические исследования. Вып. 6 / Под А. Л. Журавлева, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 187 с. (Труды молодых ученых ИП РАН)
- Современная личность: Психологические исследования / Отв. ред. М. И. Воловикова, Н. Е. Харламенкова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 392 с. (Труды Института психологии РАН)
- Гостев А. А., Борисова Н. В.* Психологические идеи в творческом наследии И. А. Ильина: На путях создания психологии духовно-нравственной сферы человеческого бытия. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 288 с. (Методология, теория и история психологии)
- Когнитивные исследования: Сборник научных трудов: Вып. 5 / Под ред. А. А. Кибрика, Т. В. Черниговской, А. В. Дубасовой. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 295 с.
- Хащенко В. А.* Психология экономического благополучия. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 426 с.
- Психологические проблемы современного российского общества / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Е. А. Сергиенко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 575 с. (Психология социальных явлений)

- Журавлев А. Л., Купрейченко А. Б. Социально-психологическое пространство личности. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 496 с.
- Падун М. А., Котельникова А. В. Психическая травма и картина мира: Теория, эмпирия, практика. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 206 с. (Перспективы психологии)
- Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. Вып. 3 / Под ред. В. А. Бодрова, А. Л. Журавлева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 400 с. (Труды Института психологии РАН)
- Психологическое воздействие: Механизмы, стратегии, возможности противодействия / Под ред. А. Л. Журавлева, Н. Д. Павловой. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 368 с. (Труды Института психологии РАН)
- Проблемы психологической безопасности / Отв. ред. А. Л. Журавлев, Н. В. Тарабрина. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 440 с. (Психология социальных явлений)