

Скотникова И.Г. Психология сенсорных процессов. Психофизика. // Психология XXI века. Ред. В.Н. Дружинин. М.: ПЕРСЕ, 2003. С. 117-168.

3.1. Психология сенсорных процессов. Психофизика

3.1.1. Введение

Психология сенсорных процессов (от лат. *sensus* — ощущение) изучает начальный момент психических процессов, и в этом ее особая важность для психологической науки в целом.

Первичный контакт человека с окружающим миром и собственным организмом, дающий ему исходную информацию о свойствах и состояниях внешней и внутренней среды, происходит посредством ощущений (в классической терминологии) или сенсорных процессов (в современной терминологии). Это непосредственно чувственное отражение отдельных свойств воспринимаемого объекта или явления.

Согласно концепции происхождения психики А.Н. Леонтьева (1981), одной из наиболее проработанных, ощущение — филогенетически исходная форма психики. Обосновано, что критерии возникновения психического — это появление у простейших животных (в связи с возникновением подвижного образа жизни) чувствительности как способности отвечать не только на непосредственно биологически значимые объекты (в отличие от раздражимости растений), но и на раздражители, несущие о них лишь сигнальную информацию (например, на химические вещества, вызывающие запах пищи, а не на саму пищу).

Место ощущения в ряду познавательных процессов

Впервые Фома Аквинский в XIII в. выделил в психике и поведении человека когнитивную сферу (познание мира) и аффективную (эмоциональные состояния). В современных руководствах такое разделение остается распространенным [Cohen et al., 1994].

Принято проводить его уже не только по одному основанию (функциональному, как это заложено у Фомы Аквинского), но по двум критериям: а) вновь по функции — познавательной для первой сферы (когнитивной), а регулирующей поведение и само познание — для второй, в которую кроме всех видов аффективных процессов включаются также процессы волевые, психические состояния и свойства личности; б) по продуктивности: когнитивные процессы — продуктивные, так как на выходе их формируются специфические когнитивные образования (продукты этих процессов) — образы ощущения, восприятия, следы памяти, решения задач, мысли, рефлексивные образы. Процессы же, свойства и состояния, входящие во вторую группу, не приводят к образованию специфических продуктов. Общность познавательной функции, объединяющей собой всю когнитивную сферу (хотя есть и другие точки зрения), представляется и в триадических концепциях структуры психики. А именно: в классической триаде «ум, чувство, воля», восходящей к Аристотелю (где воля выделена из аффективной сферы в самостоятельную), а также в современной теории системного строения психики, включающего когнитивную подсистему, регулятивную (объединяющую по функциональному принципу чувство и волю) и коммуникативную [Ломов, 1999].

В современных учебниках психологии и университетских курсах во всем мире изучение когнитивных процессов следует учению В. Вундта (1890) об их иерархическом строении. По принципу возрастающей сложности и качественной специфики Вундт выделил основные структурно-функциональные уровни организации когнитивных процессов: ощущение, восприятие, память, мышление, речь, сознание. Таким образом, ощущения (сами сенсорные процессы и их продукты) — это исходный, базовый уровень когнитивной сферы психики.

Необходимо сказать, что с середины XX в. сложились также иные традиции в понимании ее структуры, а именно: 1) относить ощущение и восприятие к сенсорно-перцептивному уровню, а остальные, более сложноорганизованные, процессы (от памяти до сознания) — к

уровню когнитивному; либо 2) рассматривать все познавательные процессы (от ощущения до сознания) как стадии достаточно общего по своему психологическому содержанию процесса приема и переработки информации (парадигма когнитивной психологии), а весь этот процесс представлять как исходный блок целостного поведенческого акта, куда входит сравнение воспринятой информации с извлеченной из памяти, включающей цель субъекта, принятие решения, исполнение.

Специфика сенсорных процессов

На протяжении всей истории психологии не прекращаются дискуссии о соотношении сенсорных и перцептивных процессов — и как о самостоятельной проблеме, и в рамках проблемы о структуре когнитивной сферы в целом. Разграничение ощущения и восприятия предложил Т. Рейд (1785). В современной психологии сенсорных и перцептивных процессов оно остается распространенным — по критериям целостности и предметности образа [Cogen et al., 1994]. Восприятие — отражение целостного объекта или явления, включающее его предметное значение (например, восприятие луны, удара колокола, вкуса дыни и т. п.), в отличие от ощущения — отражения отдельных сторон воспринимаемой действительности, не отнесенного к конкретному объекту с его предметным значением (ощущение светового пятна, громкого звука, сладкого вкуса и т. п.). При этом под ощущением понимается и сам процесс сенсорного отражения, и его продукт — сенсорный образ. Ассоцианистская психология XIX в. представляла целостный образ восприятия как ассоциацию отдельных ощущений признаков объекта друг с другом и его предметным значением.

В начале XX в. эти представления заслуженно критиковали гештальтисты, но при этом они впали в другую крайность: совершенно игнорировали существование в феноменальном опыте ощущений и признавали лишь целостные перцепты, зависящие не только от объекта, но и в значительной степени от врожденных свойств восприятия. Вместе с тем еще ранее (Фехнер, 1860) возникновение психофизики показало возможности экспериментально и количественно изучать ощущения как функцию стимуляции. Во второй половине XX столетия в зарубежной психологии точку зрения о единстве сенсорно-перцептивных процессов последовательно отстаивает Дж. Гибсон (1990). Тем не менее в настоящее время сохраняются представления о специфике сенсорных процессов по отношению к перцептивным. Они развиты А.Н. Леонтьевым (1959—1975) в концепции о природе чувственного отражения. В ней классическая двойственность перцептивного образа предстает как единство его чувственной ткани, экспериментально исследованной учениками Леонтьева (Столин, 1976; Логвиненко, 1976; и др.), т. е. сенсорной основы образа, что и соответствует традиционному понятию «ощущение», и предметного значения. В созерцательно-сенсуалистической психологии XIX в. (Э. Титченер и др.) ощущения предлагалось вычленять из субъективного опыта методом аналитической интроспекции, которая представляла их сознанию как далее неразложимые элементы этого опыта. Вместе с тем в образах ощущений выделялись четыре их атрибута: качество (модальность или субмодальность), интенсивность, пространственная и временная структура, что, в отличие от аналитической интроспекции, не потеряло своего значения (Boring, 1963; Hensel, 1966; Ананьев, 1977). О. Кюльпе в конце XIX в. и затем С. Стивене (1934) обосновывали, что отдельные атрибуты ощущений можно разграничить, если они изменяются независимо друг от друга или остаются постоянными при изменении других свойств (например, при изменении субъективной яркости светового пятна его видимый цвет, площадь, длительность сохраняются прежними). Стивене экспериментально построил функции постоянства громкости звука при изменении его высоты и противоположные функции (с небольшими отклонениями на концах шкалы). В действительности нет полной независимости изменения одних сенсорных признаков от других, но все же есть относительная. Поэтому в

психологических исследованиях сенсорных процессов вычленились и сохраняются отдельные направления, изучающие субъективное отражение различных признаков объекта в рамках четырех аспектов ощущения (в зрении — цвета, яркости, размера, глубины, формы, движения, скорости и т. д.; в слухе — громкости, высоты, тембра звука; в кожной чувствительности — прикосновения, давления, температуры, боли; во всех случаях — для разных величин ощущения, его пространственных и временных характеристик). Человек способен, если требуется, выделить в своем субъективном опыте эти отдельные аспекты сенсорного образа, которые также называются ощущениями (например, в сенсорном образе звука человек может сосредоточиться только на громкости, либо высоте, либо тембре, либо длительности, либо локализации в пространстве). Таким образом, специфика сенсорных процессов по отношению к перцептивным имеет место прежде всего в рамках конкретной задачи, поставленной перед наблюдателем и выполняемой им. А именно: задачи, требующей выделить заданный признак объекта (и при этом отвлечься от остальных) и произвести с ним требуемые действия (например, обнаружить на фоне шумов более громкий звук, различить два световых сигнала по яркости, оценить, насколько кислыми являются растворы разной концентрации). В различных видах практической деятельности человека широко распространены подобные задачи (см. подразд. 3.1.5). Поэтому изучение сенсорных процессов имеет важнейшее значение не только теоретическое (как исследование исходной формы психического отражения), но и прикладное. Отметим, что в отечественных исследованиях наряду с термином «сенсорный» используется также термин «сенсорно-перцептивный», в зарубежных же работах, как правило, употребляется первое понятие («sensory»).

***Психофизический, психофизиологический
и психосемантический методы изучения сенсорных процессов***

Исследования сенсорных процессов ведутся в рамках трех основных дисциплин — психофизики, психофизиологии и психосемантики с использованием их специфических методов.

Психофизиологические методы позволяют выявить механизмы сенсорных процессов, связанные с функционированием нервной системы человека. Это регистрация и анализ вегетативных проявлений сенсорных процессов (чаще всего — КГР), реакций рецепторов (микрофонного эффекта улитки, электроретинограммы), адаптационных периферических реакций (сужение зрачка на свет и кровеносных сосудов на холод), показателей типологических свойств нервной системы. Такие характеристики используются при изучении дифференциально-психологических механизмов межличностной вариативности сенсорных процессов и их индивидуальной динамики, связанной с изменением уровня психофизиологической активированности; в исследованиях субсенсорной чувствительности (к подпороговой стимуляции, которая недостаточна для осознанных ощущений и вызывает ответ лишь на уровне произвольных физиологических реакций), а также в тех случаях, когда произвольный ответ затруднен (у лиц с патологией речи и маленьких детей). Психофизиологические методы включают также регистрацию и анализ биоэлектрической активности мозга, что позволяет выявить объективный порог обнаружения сигнала и наиболее развито в исследованиях цветового зрения и механизмов кодирования сенсорной информации в нервной системе. Все же психофизиологические механизмы сенсорных процессов — предмет данной самостоятельной области знания, поэтому они будут рассматриваться (в подразд. 3.1.3, 3.1.4) лишь в связи с материалами психофизики — основного среди направлений в изучении сенсорных процессов, использующих психологические методы.

Другое такое направление (которое становится все более распространенным) —

психосемантика — изучение индивидуальных систем значений и категорий, представлений, эмоционально-эстетических ассоциаций, опосредующих восприятие сенсорных признаков объектов. В этих исследованиях (подразд. 3.1.3) на основе методов семантического дифференциала Осгуда, личностных конструкторов Келли, многомерного шкалирования, специализированных интервью испытуемых, в частности, выявлено, что такое опосредование повышает собственно сенсорную чувствительность человека; кроме того, построены психологические модели сенсорных пространств, помогающие понять, как представлены сенсорные признаки в субъективном мире человека.

Итак, магистральным направлением в изучении сенсорных процессов психологическими методами (т. е. регистрацией и анализом произвольных ответов человека на воспринимаемую сенсорную информацию) является психофизика. Это исторически первая экспериментальная область психологии. Официальное рождение психологии относят к 1879 г. — открытию первой в мире экспериментальной лаборатории В. Вундта, однако еще в 1860 г. вышел в свет капитальный труд Г.Т. Фехнера «Элементы психофизики». В нем была представлена разработанная автором новая наука: пороговая теория психофизики, ее экспериментальные методы и полученные (в ходе многих тысяч измерений) фундаментальные результаты по оценке порогов чувствительности. И теория, и методы, и результаты стали классическими. Важнейшее значение работы Фехнера — обоснование принципиальной измеримости субъективных психических феноменов (на материале ощущений) и возможности их изучения строгими экспериментальными методами. Таким образом, Фехнер изначально заложил естественнонаучный фундамент психологии — изучение психических процессов по их объективным поведенческим проявлениям, позволяющим описать субъективные феномены. Благодаря этому, психология из чисто описательного раздела философии превратилась в самостоятельную экспериментальную науку. Фехнер разработал методологию количественного исследования психических процессов, значение которой является непреходящим для психологии и используется поныне (как и его пороговые методы). Принципы и методы психологических измерений, развитые в психофизике (конечно, и после Фехнера), применяются во всех областях психологического знания.

Цели настоящего изложения — прежде всего осветить современные исследования сенсорных процессов. Ранние же концепции и те разделы, которые подробно представлены в имеющихся руководствах, лишь кратко перечислим, отослав читателя к рекомендованной литературе. Это историческое развитие представлений об органах чувств и их функциях: закон специфических энергий органов чувств, понятие об анализаторах, рецепторная и рефлекторная теории ощущений, виды классификаций ощущений, адаптация и сенсбилизация [Величковский и др., 1973; Лурия, 1975; Хрестоматия по ощущению и восприятию, 2002], взаимодействие анализаторов, синестезии, системная организация сенсорики [Величковский и др., 1973; Гибсон, 1990; Лурия, 1975; Познавательные процессы, 1982], многомерные модели сенсорного пространства, построенные в середине XX в. для цветового зрения [Соколов, Измайлов, 1986], сенсорно-тоническая теория восприятия [Скотникова, 2002].

При изложении материалов психофизики внимание вновь прежде всего уделено систематизации современных концепций и направлений исследований, которые представлены лишь в англоязычной литературе либо разбросаны по разным отечественным источникам, а также наиболее принципиальным обобщающим теориям. Сведения же, подробно освещенные в доступных руководствах, даны кратко либо опущены. Это классические и большинство современных теорий дискретности-непрерывности работы сенсорной системы и методы измерения чувствительности [Бардин, 1976; Гусев и др., 1997; Проблемы и методы психофизики, 1974; Светс и др., 1964], концепция сенсорного рассеяния и различения Л. Терстона [Гусев и др., 1997; Проблемы и методы психофизики, 1974],

субъективное шкалирование С. Стивенса и два класса сенсорных континуумов — протетические и метатетические [Гусев и др., 1997; Лупандин, 1989; Стивенс, 1960], модели принятия решения в обнаружении и различении с внешним научением [Аткинсон, 1980], концепция субсенсорной зоны и объективная сенсометрия, теория уровней адаптации [Хрестоматия по ощущению и восприятию, 2002].

3.1.2. Наиболее крупные концепции психофизики и ведущие направления исследований, сформировавшиеся до середины 70-х гг. XX века

Психофизика — психологическая дисциплина, изучающая измерение человеческих ощущений, т. е. определение количественных отношений между величинами физических раздражителей и ощущений. В настоящее время к области психофизики относят не только собственно ощущение, но и другие психические явления, взаимодействующие в процессе построения чувственного образа или оказывающие влияние на него: восприятие и память, принятие решения, внимание и др. Таким образом, психофизика понимается как разветвленная область психологии, изучающая законы чувственного отражения, а также поведение и деятельность человека при восприятии и оценке сигналов внешней и внутренней среды [Забродин, Лебедев, 1977].

Поставив проблему измерения ощущений, Г. Фехнер предполагал, что человек не способен непосредственно количественно оценивать их величины. Поэтому он предложил косвенный способ измерения — в единицах физической величины стимула. Величина ощущения представлялась как сумма едва заметных его приращений над исходной точкой. Для ее обозначения Фехнер ввел понятие порога ощущения, измеряемого в единицах стимула. Абсолютный порог и различительный (дифференциальный, или едва заметное различие — *езр*) — это та минимальная величина стимула (или соответственно различия двух стимулов), превышение которой вызывает осознанное ощущение этого стимула (или различия стимулов), а снижение не вызывает. Для измерения абсолютного и дифференциального порогов Фехнер разработал три метода: минимальных изменений, средней ошибки и константных стимулов. Просуммировав измеренные величины *езр* над абсолютным порогом до данного ощущения, получим его величину. Понятие порога Фехнера и его пороговые методы сохранились и широко используются поныне. В прикладных работах применяется также определение величины ощущения числом *езр*. Исходя из закона Вебера о постоянстве едва заметного приращения величины стимула к его исходной величине и приняв априорный постулат о равенстве субъективных величин *езр* во всем диапазоне стимулов, Фехнер математически вывел логарифмическую функцию зависимости величины ощущения от величины стимула. Это основной психофизический закон Фехнера: $R = k \ln(S - S_0)$, где R — величина ощущения, S — величина действующего стимула, S_0 — абсолютный порог. Таким образом, измерив абсолютный порог, можно вычислить величину ощущения для действующего стимула. Постулат Фехнера критикуется за безосновательность (заслуженно), а теория — за то, что игнорирует феномен ложной тревоги, которому современная психофизика уделяет большое внимание. В целом же психофизика Фехнера была и остается классической [Бардин, 1976].

Спустя почти столетие после появления психофизики Фехнера параллельно ей утвердилась другая парадигма, основанная на допущении о возможности непосредственной количественной оценки человеком величины своих ощущений. С. Стивенс в 1940—60-е гг. (вслед за своими предшественниками — Плато, Brentano, Терстоном) разработал прямые методы измерения ощущений и построения субъективных сенсорных шкал (основанных на

определении человеком порядка своих ощущений по возрастанию, либо расстояний или отношений между ними, либо на присвоении им числовых значений). Субъективные величины ощущений, определяемые прямыми методами, оказались связанными с объективными величинами стимулов степенной зависимостью. Стивенс получил ее также и математическим путем: $R = k (S - S_0)^n$ (основной психофизический закон Стивенса), введя априорный постулат (вызывающий как критику, так и согласие) о постоянстве отношения едва заметного прироста ощущения к его исходной величине во всем ряду ощущений.

Позднее разработаны законы, выражаемые другими математическими уравнениями: экспоненциальной функцией (Putter, 1918), тангенциальной (Zinner, 1930—1931), арктангенциальной (Beneze, 1929), интегральной фи-гамма функцией (Houston, 1932) и др., которые не претендуют на универсальность и имеют достаточно узкие области применения. Различные выражения психофизического закона в большинстве случаев не противоречат друг другу, поскольку описывают разные стороны сенсорно-перцептивных процессов. Предложены варианты обобщенного психофизического закона, описывающие и логарифмическую, и степенную функции (Ekman, 1956; Baird, 1975), а также эти и любые математические функции, промежуточные между ними [Забродин, Лебедев 1977]. Этот закон как наиболее обобщенный будет рассмотрен ниже.

В некоторых зарубежных работах психофизика Фехнера называется объективной, а психофизика Стивенса — субъективной (по методологическому принципу [Пьерон, 1966]).

Принято также выделять в психофизике два основных раздела: так называемую «Психофизику-I» (учение о чувствительности сенсорных систем) и «Психофизику-II» (учение о сенсорных шкалах для измерения вышепороговых ощущений). У Фехнера такого разделения не существовало, так как измерение и чувствительности, и величин ощущений базировалось на одном основании — понятии порога. Однако в дальнейшем в обоих разделах психофизики были созданы беспороговые методы измерений, и эти разделы превратились в самостоятельные направления исследования со своей методологией, феноменологией и понятийным аппаратом. Промежуточное положение между ними занимает проблематика, связанная с основным психофизическим законом.

Различают также классическую и так называемую современную психофизику. В области психофизики-I различие между ними в том, что современная психофизика допускает собственные шумы в сенсорной системе и рассматривает обнаружение раздражителей малой интенсивности как выделение слабого сигнала из флуктуирующего шума. В классической же психофизике сенсорный шум не сопоставим с уровнем даже слабого сигнала. Поэтому для современной психофизики реакция ложной тревоги — закономерный ответ сенсорной системы, а для классической — поведенческая реакция, вызванная несенсорными факторами. В области психофизики-II классическая психофизика — это построение шкал накопленных езд, а современная — шкалирование субъективных оценок стимула. Разделяют также психофизику сенсорных и психофизику перцептивных процессов, изучающих, соответственно, количественные закономерности отражения отдельных свойств объекта (традиционная дисциплина) и целостного объекта.

Проблема дискретности — непрерывности сенсорного ряда в классической психофизике
Пороговая концепция Фехнера постулировала реальность существования сенсорного порога, делящего все стимулы на ощущаемые и неощущаемые. Таким образом, ряд ощущений представлялся дискретным: с ростом величины стимула последующее ощущение возникает после предыдущего только тогда, когда прирост стимула превысит пороговую величину (езд). Это была первая концепция дискретности работы сенсорной системы. Пороговые методы Фехнера дают описание процесса перехода от неощущения к ощущению в виде

психометрической функции — зависимости частоты правильных ответов испытуемого от величины стимула. Теоретически функция имеет вид плавной S-образной кривой, пороговая точка на которой находится расчетным путем (рис. 3.1). Фехнер объяснял плавный характер кривой тем, что порог флуктуирует во времени, а его оппоненты (Г. Мюллер, Дж. Ястров, Г. Урбан) — отсутствием порога в сенсорной системе.

На основе плавного характера психометрической кривой была разработана классическая теория непрерывности сенсорного ряда. Он представлялся как непрерывный ряд промежуточных степеней ясности — поэтому на психометрической кривой нет какой-либо точки, отличающейся по своим свойствам от остальных. Источником варибельности результатов эксперимента считалось действие случайных внесенсорных переменных, а не флуктуации порога во времени (как в пороговой теории Фехнера). Баланс благоприятных и неблагоприятных случайных факторов распределяется по нормальному закону Гаусса. Таким образом, развернулась дискуссия по проблеме дискретности — непрерывности сенсорного ряда, которая до настоящего времени остается одной из основных проблем психофизики [Бардин, 1976].

Психофизическая теория обнаружения сигнала — современная концепция непрерывности работы сенсорной системы

Двумя основными экспериментально-теоретическими парадигмами, существовавшими в психофизике до середины двадцатого столетия, были пороговая психофизика Фехнера и психофизика субъективных оценок Стивенса. Третья парадигма связана с появлением психофизической теории обнаружения сигнала (*signal detection theory* — SDT) (Tanner, Swets, Birdsall, Green, 1954—1972), базирующейся на статистической теории принятия решения, разработанной в радиотехнике. Это пересмотр прежней психофизики и принципиальный шаг в понимании природы ответов человека в сенсорных задачах. Теория разработана для задачи обнаружения звукового сигнала на фоне шума и применена далее к различению сигналов и остальным модальностям. В классической психофизике ответ испытуемого понимался как прямое отражение его сенсорных впечатлений, поэтому на основе этих ответов оценивалась чувствительность (как величина, обратная порогу). SDT выделила в ответе две составляющие — собственно сенсорную чувствительность наблюдателя и принятие им решения о характере сенсорного впечатления. Разработана теоретическая модель, описывающая оба компонента поведения наблюдателя, методы их изучения и отдельные меры оценки. Стало ясно, что показатели порога — это характеристики не «чистой» чувствительности, но суммарные меры исполнения, зависящие от особенностей принятия решения. (Тем не менее пороговые методы остались в арсенале психофизики и широко используются, особенно в ряде прикладных областей, для приблизительной экспресс-оценки чувствительности, где они обнаружили преимущества перед методами SDT — подразд. 3.1.4.)

Основная экспериментальная парадигма SDT — обнаружение сигнала на фоне случайного шума — либо внешнего (предъявляемого наблюдателю), либо внутреннего шума сенсорной системы. Плотности вероятностей распределения мгновенных значений шума описываются нормальным законом. Таким же распределением (лишь смещенным вправо по оси интенсивности сигнала и шума) характеризуется сигнал, добавленный к шуму. Сенсорные эффекты сигнала и шума представляются точным отображением этих двух распределений. Предполагается, что испытуемый знает эти распределения и решает, какое из них вызвало сенсорный эффект, оценивая отношение их правдоподобия на основе выбранного им критерия принятия решения (рис. 3.2). Критерий может соответствовать любому значению сигнала и шума, поскольку определяется несенсорной информацией об априорных вероятностях предъявления сигнала и шума и стоимостях ответов — об этом наблюдатель

узнает из инструкции. Таким образом, классическое понятие порога как реальной границы между ощущаемыми и неощущаемыми стимулами на сенсорной оси заменено понятием критерия, который наблюдатель может произвольно помещать в любую точку этой оси. Тем самым сенсорная ось оказывается непрерывной.

Ответы наблюдателя бывают четырех типов: попадание (правильное обнаружение сигнала), покой (правильное отрицание сигнала), ложная тревога (ответ «да — был сигнал» — при предъявлении только шума) и пропуск сигнала. SDT переносит фокус психофизического исследования на анализ процесса принятия решения. С этой целью в разных сериях эксперимента наблюдателю дается несенсорная информация, побуждающая смещать критерий решения (в методе «да» — «нет»), либо он должен в каждой пробе по нескольким категориям (4—6) оценить вероятность того, что был сигнал (т. е. использовать соответствующее число критериев решения — в методе оценки). В обоих методах для каждого значения критерия результаты обнаружения характеризуются двумя эмпирическими частотами — попаданий и ложных тревог (что достаточно, так как частоты покоя и пропусков лишь дополняют их до единицы).

Анализ результатов обнаружения проводится путем построения рабочей характеристики наблюдателя (PX) — зависимости вероятности попадания (Hit — H) от вероятности ложной тревоги (False alarm — FA) (рис. 3.3). PX описывает поведение человека в экспериментах SDT, где стимуляция стационарна: предъявляется лишь одна пара стимулов — шум и сигнал. (В различении, которое описывается так же, как обнаружение, и изучается теми же методами, в качестве сигнала обычно задается пара разных стимулов, а в качестве шума — пара одинаковых, но может быть и наоборот.) Иное описание поведения наблюдателя дает психометрическая функция, так как пороговые задачи строятся противоположным образом: стимул в разных пробах может иметь гораздо больше значений (5—7 в методе констант и практически неограниченное число значений в двух других методах), процесс же решения полагается стационарным. (В действительности во многих современных работах зафиксировано непостоянство критерия в пороговых экспериментах — но это результат влияния «переменных субъекта», а не специально заданной несенсорной информации, как в парадигме SDT.) Точки PX идеального наблюдателя соответствуют одной и той же величине чувствительности. При снижении чувствительности PX смещается к диагонали (где верные ответы и ошибки равновероятны) единичного квадрата, образующие которого — вероятности попаданий и ложных тревог, а при повышении — к левому верхнему его углу (где попадания часты, а ложные тревоги редки — рис. 3.4).

Каждое значение критерия принятия решения соответствует крутизне кривой PX в данной точке и определяется тангенсом угла наклона касательной к кривой в этой точке (см. рис. 3.3) (что соответствует производной в этой точке). Теоретическое значение критерия (b) рассчитывается на основе априорных вероятностей сигнала и шума и стоимостей всех четырех типов ответов. Для оценки эмпирических значений критерия существует ряд показателей (см. ниже и в подразд. 3.1.4). Сенсорная чувствительность наблюдателя — d' («*detectability*» — обнаружимость) соответствует расстоянию между средними распределений шума и сигнала в единицах стандартного отклонения (оно принимается равным для обоих распределений) [Бардин, 1976; Гусев и др., 1997; Проблемы и методы психофизики, 1974; Светс и др., 1964].

На основе экспериментальных данных d' вычисляется как $z_s - z_n$ — разность нормированных отклонений (найденных по таблицам нормального распределения плотностей вероятностей) частот и попаданий ложных тревог. Используются и другие меры чувствительности (см. [Бардин, 1976] и подразд. 3.1.4 этой главы). Согласно SDT, для оценки чувствительности без оценки динамики критерия рекомендуется третий метод, также

разработанный на основе этой теории, — «вынужденный выбор» (выбор испытуемым одного из двух (или более) интервалов наблюдения, где, по его мнению, был сигнал). Принимается, что критерий в этой процедуре стабилен, поэтому чувствительность оценивается точнее [Бардин, 1976]. (Однако позднее получены данные о нестабильности критерия в вынужденном выборе и более устойчивых индексах чувствительности в методе «да—нет» (Войтенко, 1989; Дубровский, Лови, 1995, 1996).

Современные концепции дискретности сенсорного ряда

Эти концепции подробно охарактеризованы в литературе [Бардин, 1976; 1993; Забродин, Лебедев, 1977], поэтому представим их кратко. Крупнейшей после Фехнера пороговой концепцией явилась нейроквантовая теория (von Bekesy, 1930—1936; Stevens et al., 1941). В ней сенсорный эффект связан с работой гипотетических функциональных единиц в сенсорной системе — нейроквантов, или NQ. Каждый NQ срабатывает, как только раздражение достигает его порогового уровня. В зависимости от силы раздражителя активируется различное число NQ в единицу времени, чем и определяется разная интенсивность ощущений. В результате теория предполагает прямолинейную форму психометрической функции, в отличие от обычной S-образной. Линейные функции были получены авторами в экспериментах, но впоследствии обнаруживались крайне редко, так как они требуют подавления всех шумов.

Развитие теории обнаружения сигнала привело к появлению новых пороговых концепций, использующих предложенную метрику сенсорного пространства (в виде стандартного отклонения нормального распределения шумовых сенсорных эффектов) и признающих ложные тревоги закономерными ответами наблюдателя (в отличие от классической психофизики). В высокопороговой теории (Blackwell, 1953) предполагается, что ощущение может вызвать только сигнал, но не шум, т. е. порог располагается выше среднего значения шума, сенсорный эффект от которого не может превзойти порог. В результате ложные тревоги на сенсорной основе невозможны, поэтому они считаются следствием угадывания. РХ имеет вид прямой линии. В теориях же низкого порога, напротив, допускается сенсорная природа ложных тревог. Это теории: низкопороговая, двух и трех состояний.

Низкопороговая теория (Swets et al., 1961) предполагает существование одного порога, ниже которого сенсорные события неразличимы, а выше — сенсорный континуум непрерывен. Механизм принятия решения функционирует лишь тогда, когда сенсорный эффект превосходит порог. Для сенсорных событий ниже порога вводится такой же механизм угадывания, как в теории высокого порога. РХ представляет собой часть дуги для низких частот ложных тревог, а для высоких — отрезок прямой, как предсказывает высокопороговая теория.

В теории двух состояний (Luce, 1963) предполагаются два возможных состояния сенсорной системы при действии сигнала — обнаружение и необнаружение и порог между ними. Правило решения — угадывание на сенсорной основе, если оба состояния равновероятны. Соответственно РХ имеет вид не плавной дуги, как в SDT, а состоит из двух прямолинейных отрезков (более крутой соответствует низким частотам ложных тревог, а более пологий — высоким).

В теории трех состояний (Atkinson, 1963) два из трех возможных состояний сенсорной системы: обнаружение и необнаружение — своим характером детерминируют ответы наблюдателя, третье же состояние (неопределенность) он вынужден преодолевать, выбирая на основе несенсорной информации определенную стратегию ответа. Три состояния системы разделены двумя порогами, поэтому РХ включает уже три прямолинейных отрезка и все более приближается к дугообразной кривой SDT. Более того, предполагается, что РХ может

менять форму, т. е. описывается механизм работы сенсорной системы с переменной чувствительностью. Эта идея оказалась наиболее плодотворной и в разных вариантах появлялась впоследствии в других концепциях (см. ниже).

Результаты экспериментальных проверок современных пороговых теорий и SDT показали, что разброс экспериментальных точек РХ обычно таков, что нельзя предпочесть какую-либо одну из теорий, т. е. на основе анализа РХ доказать наличие или отсутствие порога не удается.

Убедительные аргументы в пользу существования порога получены путем использования психофизиологических методов в психофизическом исследовании. Это позволило обосновать концепцию двух последовательных порогов в процессе обнаружения: порога произвольной ориентировочной реакции (зарегистрированного по реакции депрессии (а-ритма) и порога произвольного ответа, соответствующего критерию наблюдателя (Михалевская, 1964). Это сходно с представлением о низком пороге и критерии (Swets et al., 1961), но имеется в виду не столько сенсорный порог (который трудно однозначно выявить), а порог локального (устойчивого) компонента произвольной ориентировочной реакции (определяемый объективными физиологическими индикаторами).

Наконец, если теоретическое понятие сенсорного порога остается под сомнением, то понятие пороговой зоны (где частота обнаружения изменяется от 0 до 1), развитое М.Б. Михалевской (1964), является достаточно объективным. Исследование пороговой зоны К.В. Бардиным (1969) выявило ее психологическую неоднородность. Границы ее — это области неразличения и различения, в интервале же между ними обнаружены две последовательные переходные области — латентных сомнений (где растет ВР, но ошибки еще не появляются) и актуальных сомнений (где растет и ВР, и число ошибок).

Энергетическая статистическая модель в психоакустике

Эта теория разработана как общая для обнаружения и различения звуковых сигналов, абсолютных и дифференциальных порогов [Бардин, Индлин, 1993]. В основу положен энергетический вариант модели идеального наблюдателя, отличающийся от исходной модели (см. в подразд. 3.1.2) тем, что сигналом на фоне шума может быть тоже полоса шума, добавленная к маскирующему шуму. Полагается статистический принцип работы сенсорной системы (изменение сенсорного эффекта при повторении стимула) и нормальность распределения сенсорных эффектов, т. е. используется модель сенсорного рассеяния Терстона. Найдена возможность оценки абсолютных слуховых порогов на основе дифференциальных, т. е. сложная проблема пороговых измерений сведена к более простой. Установлено индивидуальное постоянство дисперсии сенсорных эффектов, которую автор вычленяет из дисперсии психометрической функции разработанным им способом по учету скачков критерия. На этой основе автор делает вывод об индивидуальной стабильности чувствительности. Теория предполагает пороговый принцип работы сенсорной системы, однако детально он проработан позднее (см. об этом ниже, так же как о трактовке процесса решения).

Стохастическая рекуррентная модель обнаружения сигнала

Модель является выражением принципиального отхода от одномерного представления об однокачественных сенсорных впечатлениях, линейно расположенных на единой сенсорной оси (как это принято в классической психофизике и SDT). Разработано представление о сенсорных эффектах, локализованных в многомерном сенсорном пространстве (в развитие модели SDT).

Это модель векторного описания процесса обнаружения [Бардин, 1976; Забродин, Лебедев,

1977]. Мгновенные значения сенсорных эффектов сигнала и шума представляются векторами в k -мерном сенсорном пространстве, где k — число меняющихся векторов. Так как эти значения меняются во времени, они образуют два замкнутых объема в данном пространстве. Задача наблюдателя — найти криволинейную поверхность сечения для пересекающейся части объемов, т. е. геометрическое место точек, где оканчивается вектор их деления в разные моменты наблюдения. Предложен стохастический рекуррентный алгоритм вычисления вектора деления, характеризующий не только результат, но и временную динамику обнаружения: величины сенсорного эффекта, критерия оптимальности, шагов наблюдения, адаптации и научения. При разных значениях этих параметров, проверенных экспериментально, модель дает РХ, соответствующую либо SDT, либо теориям Блеквелла или Льюса, т. е. оказывается, что эти теории не исключают друг друга, но описывают в различных условиях разные режимы работы наблюдателя. Возможность переменной чувствительности сенсорной системы — принципиальное следствие модели (сходной в этом с моделью Аткинсона (1963), на основе которой автор далее разработал системно-динамическую концепцию процессов обнаружения и различения. Они принципиально нестационарны в обеих своих основных подсистемах — когнитивной (нестационарность отображения стимульной информации в сенсорное пространство, собственная динамика сенсорных образов, непостоянство чувствительности при смещениях критерия — в отличие от модели Индлина) и решающей (см. ниже).

Модели принятия решения с научением в обнаружении и различении

В представленных концепциях обнаружения и различения, которые разработаны на основе методологии SDT, был сделан важный шаг в описании процессов принятия решения в этих задачах.

В рамках теории обнаружения сигнала характеристики процесса решения полагаются стационарными в ходе всего опыта — заданными несенсорной информацией (о вероятностях стимулов и стоимостях ответов), которая дается наблюдателю в начале опыта и не зависит от последовательности стимулов и ответов. Такая зависимость обосновывается в ряде моделей с обучением наблюдателя (Luce, 1963; Atkinson, 1963). Эти модели фокусируют анализ на динамике процесса решения в ходе опыта как результате научения наблюдателя по мере вхождения в задачу: при постепенном усвоении несенсорной информации и оптимизации процесса решения на ее основе. Здесь особое значение придается обратной связи о правильности ответов субъекта, которую он получает от экспериментатора в процессе или в конце опыта. Она жестко детерминирует смещение критерия наблюдателя. Эти модели «с внешним научением» и теория стохастического научения (Bush, Mosteller, 1956), на которой они базируются, достаточно подробно описаны в литературе [Аткинсон, 1980; Бардин, Индлин, 1993].

Отечественные разработки, в отличие от зарубежных, включают как принципиальный механизм также самообучение наблюдателя на основе внутренней обратной связи. Оно проявляется в динамике критерия по мере вхождения субъекта в психофизическую ситуацию. Так, в концепции Ю.А. Индлина [Бардин, Индлин, 1993] теоретически и экспериментально обоснованы следующие свойства решающей подсистемы. Правило решения — сравнение субъектом после каждой пробы текущей пропорции ответов определенной категории (обычно — ответов «да») с ожидаемой пропорцией и в случае их неравенства — смещение критерия ответов для компенсации этого расхождения в последующих ответах. Таким образом, критерий динамичен. Наблюдатель самообучается путем формирования субъективной вероятности ответа на основании предыдущих ответов и обучается путем формирования субъективной вероятности следующего сигнала (или шума). Следовательно,

для решающей системы характерна высокая степень адаптивности.

Ю.М.Забродин [Забродин, Лебедев, 1977] разработана концепция адаптивного субоптимального наблюдателя, в которой обоснована принципиальная нестационарность поведения человека в сенсорных задачах. Для решающей подсистемы — это вариативность критериев оптимальности и наблюдателя, правил решения. Субоптимальность проявляется в том, что наблюдатель изменяет эти компоненты решения, прогнозируя характер ближайших сигналов. То есть в ходе решения наряду с его научением под влиянием внешней несенсорной информации происходит и самообучение путем усвоения объективных и формирования субъективных вероятностей стимуляции и своих ответов, учета их значимости. В результате происходит адаптивный переход от первоначально принятого критерия к оптимальному в данной задаче (см. ниже). Сформулирована концепция организации процессов принятия решения по иерархическим уровням: а) определение рода критерия оптимальности — I или II; б) выбор вида критерия оптимальности на основе стоимостей исходов решения; в) выбор, исходя из установленного критерия оптимальности, конкретного правила решения (правила оценки вероятности присутствия сигнала в наблюдении); г) размещение критерия наблюдателя (разделяющей границы — одной или нескольких) на оси сенсорных эффектов; д) перемещение критерия наблюдателя по этой оси под влиянием переменных ситуации.

Критерии оптимальности решения

Критерий оптимальности (КО), т. е. качества решения, — мера эффективности решения, которая детерминируется его целью и в соответствии с ней отражает также предпочтительность способов и результатов деятельности. КО задается: либо инструкцией об априорных вероятностях сигнала и шума и о стоимостях каждого из четырех типов ответов наблюдателя (попаданий, ложных тревог, покоя и пропусков сигнала) — суммах выигрыша за верные решения и проигрыша — за ошибочные; либо обратной связью о правильности ответов; либо же вся эта информация усваивается им самостоятельно в ходе решения. Соотношения вероятностей одинаковым образом, а стоимостей — по-разному — задаются различными математическими моделями деятельности наблюдателя, что и определяет отличие видов КО друг от друга. Существуют следующие классификации КО:

1. Ю.М. Забродин выделяет четыре вида КО: один обобщенный в двух вариантах, SDT и Бэйеса, и три частных.

Критерий SDT: цель решения — максимизировать выигрыш. Стоимости верных ответов положительные (либо нулевые), ошибочных — отрицательные (либо нулевые). Наблюдатель должен учитывать их все для вынесения максимально выигрышного суждения.

$$K = P_s \cdot P(Y/s) \cdot C(Y/s) - P_s \cdot P(N/s) \cdot C(N/s) + P_n \cdot P(N/n) \cdot C(N/n) - P_n \cdot P(Y/n) \cdot C(Y/n),$$

где K — КО по SDT, P_s — априорная вероятность появления сигнала, P_n — априорная вероятность появления шума, $P(Y/s)$ — вероятность попаданий, $P(Y/n)$ — вероятность ложных тревог, $P(N/s)$ — вероятность пропусков, $P(N/n)$ — вероятность покоя, $C(Y/s)$ — стоимость попадания, $C(Y/n)$ — стоимость ложной тревоги, $C(N/s)$ — стоимость пропуска, $C(N/n)$ — стоимость покоя.

Критерий Бэйеса: цель решения — минимизировать проигрыш (средний риск). Стоимости верных ответов нулевые, ошибочных — отрицательные, что побуждает наблюдателя ориентироваться преимущественно на ошибки.

Критерии SDT и Бэйеса близки по смыслу (игровые) и цели решения (максимизировать выигрыш и минимизировать проигрыш). Поэтому они обычно объединяются в один общий класс критериев. Как частные случаи КО (по SDT и Бэйесу) рассматриваются:

критерий Неймана—Пирсона: цель решения — минимизировать вероятность ошибок одного рода (обычно — пропусков) при фиксации вероятности ошибок другого рода (обычно — ложных тревог). В таком типичном случае стоимость ложных тревог отличается от стоимостей трех остальных исходов, которые равны между собой. Информацию о стоимостях и априорных вероятностях сигнала и шума наблюдатель может достоверно не знать (лишь допускать ее). В этом случае использование данного критерия оптимально. Так обычно работает необученный наблюдатель, поддерживая уровень ложных тревог постоянным, независимо от характера сигнального распределения;

минимаксный критерий: цель решения — минимизировать максимальные ошибки обоого рода. Оптимален в случаях, когда наблюдатель не знает априорных вероятностей сигнала и шума и ориентируется на усвоенные им в ходе наблюдения их аналоги, стремясь уравнять вероятности обеих ошибок.

2. Дж. Иган (1990) аналогично выделяет критерии SDT, Неймана—Пирсона, минимаксный, а также критерий Зигерта: цель решения — максимизировать процент правильных ответов. Стоимости верных ответов равны стоимостям ошибочных, поэтому наблюдатель максимизирует как ожидаемый выигрыш, так и долю правильных ответов.

3. Ю.П. Леонов (1977) выделяет три вида КО: Байеса (обобщенный) и две его разновидности: Неймана—Пирсона и идеального наблюдателя (цель решения — минимизировать полную вероятность ошибки).

4. Ю.М. Забродин [Забродин, Лебедев, 1977] помимо этого разделяет два рода КО. Критерий I рода: цель решения — минимизировать субъективную неопределенность входной информации, т. е. расстояние от центров образов шумового и сигнального распределений до разделяющей их границы (критерия наблюдателя). Это информационный критерий, наиболее естественный для человека: ответы на основе априорной информации (физических и вероятностных свойств сигналов) и апостериорной (вероятностей ответов). КО II рода: цель решения — достичь максимально устойчивой деятельности в указанном минимальном расстоянии. Это игровой КО: ориентация на стоимости ответов. Обычно необученный наблюдатель вначале использует критерий I рода, далее же, усвоив информацию о стоимостях, — критерий II рода, выбирая вид КО в рамках критерия II рода. Таким образом, процесс решения представляется иерархическим.

Критерий наблюдателя

Критерий наблюдателя (КН), т. е. его ответов, — критическое значение сенсорного эффекта в ряду наблюдений (разделяющая граница на сенсорной оси), используемое субъектом для сравнения с каждым наблюдением в целях выбора ответа по результатам этого сравнения (в отличие от КО, устанавливаемого на оси отношений правдоподобия). Если сенсорный эффект данного наблюдения меньше критического, выносится ответ «нет» (сигнала), если больше, то ответ «да» (есть сигнал). Ряд теоретических моделей по-разному описывает правила выбора субъектом КН и способы расчета его числовых значений на основании вероятностей ответов.

SDT. Правило решения — оценка отношения правдоподобия, которое сравнивается с его критическим значением, выполняющим функцию КН. Субъект выбирает значение КН на основании априорной информации о вероятностях сигнала и шума и о стоимостях ответов. Теоретическое (задаваемое этими характеристиками) значение КН имеет вид:

$$\beta = \frac{P_n \cdot C(N/n) - C(Y/n)}{P_s \cdot C(Y/s) - C(N/s)}$$

Непараметрический аналог КН (Z_x) полагается свободным от характера распределений сигнала и шума (это положение критикуется в настоящее время; предлагаются другие меры — см. подразд. 3.1.4). Значение Z_x для данной точки рабочей характеристики опреляется смещением ее относительно отрицательной диагонали единичного квадрата (Hodos, 1968).

В рамках концепций принятия решения с научением введены меры КН, определяемые через вероятности попаданий и ложных тревог иначе, чем в SDT.

2. В теории двух состояний (Luce, 1963) КН отражает собственную склонность наблюдателя (bias) при угадывании предпочитать ответы определенной категории и эмпирически вычисляется так:

$$b = \left(\frac{P(N/s) \times P(N/n) - 1/2}{P(Y/s) \times P(Y/n)} \right)$$

3. В теории трех состояний (Atkinson, 1963) мера предпочтения ответов определенной категории (тенденция к смещению ответов в состоянии неопределенности) оценивается показателем

$$P_n = \frac{P(Y/n)}{P(Y/n) + P(N/s)},$$

т. е. это доля ложных тревог в общей сумме ошибок, которая используется как характеристика КН.

4. В качестве КН используются: вероятность ложных тревог, вероятность ответов «да», величина

$$P_s / (1 - P_s) \times [(P(Y/s) / P(Y/n))].$$

Однако вследствие недостаточной строгости в описании экспериментальных данных эти меры не получили распространения в практике измерений. А. Дюзор (1975) на основании анализа перечисленных мер КН заключает, что они не только разработаны для разных задач и условий наблюдения, но и непостоянны при изменении чувствительности. (О мерах КН, предпочитаемых в настоящее время, см. подразд. 3.1.4.)

Исследования сенсорно-перцептивной памяти

Важнейшим достижением «моделей с научением» явилось рассмотрение памяти как необходимого компонента в решении сенсорных задач. В этих моделях анализировалось влияние памяти на процессы решения, т. е. она понималась как один из несенсорных факторов исполнения. Другим направлением исследований стало изучение воздействия памяти на характеристики самого сенсорного образа, т. е. изучение сенсорно-перцептивного уровня памяти, в отличие от традиционно исследовавшегося ее вербального уровня. Ведь в задачах обнаружения, различения последовательных сигналов, опознания, шкалирования стимул оценивается в сравнении с хранящимся в памяти критерием ответа, предыдущим или эталонным стимулом. Установлено: образный материал опознается по памяти лучше, чем вербальный (Shepard, 1978), информация хранится в долговременной памяти не только в обобщенной форме, но и в виде отдельных признаков сигналов (громкости, яркости, длительности и пр. [Исследования памяти, 1990; Корж, 1989].

Смещения и вариабельность суждений и вычленений из памяти относились за счет сенсорных, мнемических фаз исполнения или процесса решения (von Wright, Mukkonen, 1964; Badley, 1972). В дискуссии о природе забывания по механизму угасания следа либо интерференции его с другими следами высказана гипотеза о том, что угасанию (рассеиванию) подвержены следы (образы) физических стимулов, а интерференции — вербальных. При этом различие базируется на сенсорном следе, а идентификация — на контекстном кодировании, зависящем от стимульного ряда (Durlach, Braida, 1969). Психофизические эксперименты с отсроченным (от 1 мс до 2 с) узнаванием запомненных зрительных или слуховых простых стимулов среди тестовых, отличающихся от эталона по одному параметру, дали неожиданные результаты. Если при коротких отсрочках происходят скачкообразные смещения сенсорного эталона, то при длительном хранении он стабилизируется и точность опознания возрастает. Это противоречит теориям как угасания, так и интерференции следов и интерпретируется действием нейрофизиологического механизма консолидации и активации следов. Эффективность данного механизма зависит от условий эксперимента и индивидуальных особенностей человека (Греченко, 1979; Корж, 1984, 1985).

В исследовании динамики сенсорных эталонов памяти обнаружен другой вид их кратковременной нестационарности — дрейф по сенсорной шкале, а также отсутствие влияния диапазона тестовых стимулов на положение точки субъективного равенства и временную ошибку при идентификации по эталону долговременного хранения (Садов, 1982). Неустойчивость субъективных сенсорных эталонов в кратковременной памяти выявлена в исследовании, где варьировался ряд характеристик зрительных стимулов и психофизических процедур измерения. Последний фактор изучался специально. В результате показана возможность построения психометрических кривых в методе границ, что дает возможность единообразного анализа данных всех пороговых методов (Шпагонова, 1984—1989).

Модели сенсорного пространства

Ранние попытки построить не одномерные (линейные), как в классической психофизике, но многомерные (пространственные) представления о сенсорном отражении свойств объекта — появились в исследованиях цветового зрения, поскольку оно определяется тремя параметрами воспринимаемого цвета — цветовым тоном, насыщенностью и светлотой. В результате сформировалось теоретическое понятие о сенсорном пространстве (с. п.) — упорядоченности сенсорных образов, адекватно отображающей упорядоченность воспринимаемых свойств объектов. С. п. трактуется в терминах геометрического (не обязательно евклидова) пространства разной размерности, осями которого служат одномерные качества объектов. Сенсорные образы представляются в виде совокупности точек в с. п., что определяет его топологию, а проекции точек на оси координат характеризуют субъективные расстояния между величинами изучаемых свойств, что определяет метрику с. п. Размерность с. п., так же как и субъективные значения этих свойств, определяется на основе экспериментальных данных.

В 40—50-х гг. XX в. разработаны следующие модели субъективных цветовых пространств [Соколов, Измайлов, 1986].

Модель Mac Adam (1942) основана на трехкомпонентной теории цветового зрения Гельмгольца: цвета видимого спектра — результат смешения первичных цветов: красного, зеленого и синего. Модель построена по данным визуального попарного подравнивания цветовых смесей, что отображается конусообразным цветовым телом в трехмерном пространстве основных цветов. Определялись пороговые различия между цветовыми стимулами, различавшимися по двум параметрам: цветовому тону и насыщенности. Оказалось, что для видимых цветов области пороговых различий имеют форму эллипсов на исследуемой двумерной поверхности.

Модель Hurvich & Jameson (1955) базируется на оппонентной теории цветового зрения Геринга, предполагающей три биполярных механизма сетчатки: два хроматических (красно-зеленый и сине-желтый) и ахроматический (черно-белый). Видимые цвета теоретически представлялись точками в соответствующем трехмерном субъективном пространстве, что подтвердилось в эксперименте по разработанному авторами методу измерения цветовой оппонентности. Поверхность равноярких цветов как проекция на две хроматические оси представляла собой цветовой круг.

Модель Munsell (1929) прямо не связана с какой-либо теорией цветового зрения. Субъективное пространство представлялось в виде трехмерного цилиндрического тела, образующие которого — цветовой тон, насыщенность и светлота. Позже модель подтвердилась данными шкалирования трех этих характеристик (Newhall et al., 1943).

Таким образом, в приведенных моделях субъективные цветовые пространства строились путем измерения разных характеристик цветового впечатления: смешения цветов, построения шкал оппонентных цветовых различий и шкал тона, насыщенности и светлоты. В настоящее время отмечается, что эти модели описывают отдельные, причем разные аспекты цветового впечатления. Так смешение цветов описывается в двумерном пространстве (тон-насыщенность) с аддитивной метрикой, шкала же надпороговых цветовых различий неаддитивна (чем больше различия, тем более они недооцениваются). Кроме того, эти модели — феноменологические, а взаимосвязи их с нейрофизиологическими механизмами лишь априорно предполагаются. Вместе с тем эллипсы пороговых различий получены недавно (Соколов, Измайлов, 1984; Корж, 1990, см. подразд. 3.1.3), что подтверждает модель Mac Adam (1942). Авторами SDT (Swets et al., 1954) также указывалась возможность представить процесс обнаружения сигнала в многомерном пространстве. Исследование структуры и организации с.п. необходимо для выполнения задачи психофизики — выяснения закономерностей сенсорного отражения.

Фурье-анализ сенсорных процессов

Это направление исследований сформировалось и развивается преимущественно применительно к зрению, менее — к слуху. Зрительные эффекты контраста, маскировки, послеэффекты цвета и движения указывают на то, что интенсивность ощущения зависит не только от действующего стимула, но и от смежных с ним (во времени и пространстве), т. е. нет однозначной связи стимула с ощущением. Связь можно установить, если перейти от психофизической функции к психофизическому оператору, т. е. от соотношения величин стимула и ощущения к отображению пространственно-временного распределения величины стимула в соответствующее распределение величин сенсорного эффекта. Эта парадигма сформировалась в 1960—70-х гг. после обнаружения нейрофизиологами — нобелевскими лауреатами Д. Хьюбелом и Т. Визелом — в зрительной коре высших млекопитающих нейронов, высокоизбирательных к форме объекта, его ориентации в пространстве, скорости и направлению движения, а также к пространственному распределению его яркости. Последнее послужило основанием гипотезы о том, что зрительная система производит Фурье-анализ воспринимаемого изображения (Глезер и др., 1973; Maffei, Fiorentini, 1973). Была разработана пространственно-частотная модель зрительного и далее — слухового процесса. Она предполагает существование в этих сенсорных системах гипотетических каналов-фильтров, независимых друг от друга, избирательно настроенных на узкий класс стимулов и осуществляющих их пространственно-частотный анализ. Анатомический субстрат канала — ансамбли высокоспецифичных однотипных нейронов, например палочко-колбочковый аппарат сетчатки, частотно-избирательные волокна слухового нерва. Этот анализ математически описывается разложением в ряд Фурье (в сумму синусоид) пространственно-временного распределения энергии в изображении или звуковом стимуле. В данной

парадигме снимается традиционное разведение между тремя аспектами сенсорного образа: интенсивностью, пространственной и временной структурами. Напротив, признается единый механизм восприятия всех трех комплексов характеристик объекта (например, перепадов светлоты изображения в зависимости от его топологических и метрических свойств и времени предъявления).

Понятие о каналах и психофизические методы их исследования получили широкое признание у психофизиков и нейрофизиологов, так как появились модели, обладающие большой предсказательной силой, и косвенные исследования избирательных нейронов в зрительной коре человека, недоступных непосредственному нейрофизиологическому изучению. Обилие новых фактов, развитая концептуальная схема, согласованность данных психофизики и нейрофизиологии сформировали новое направление на стыке между этими дисциплинами. В настоящее время имеются многочисленные данные нейро- и психофизиологических исследований как в пользу данной концепции, так и противоречащие ей. Ведется дискуссия о том, отражают ли эти представления реальный механизм работы зрительной и слуховой систем или они могут служить пока не более чем описательной формальной моделью такого механизма. Первую точку зрения отстаивает В.Д. Глезер (1985), развивая многоканальную модель зрительного обнаружения, вторую — А.Д. Логвиненко [Логвиненко, 1982], предложив нелинейную концепцию согласованного зрительного обнаружения, позволяющую вычислять вероятность обнаружения зрительного стимула на основе пространственно-временного распределения его яркости.

Функции компенсаторных отношений между скоростью и точностью ответов

Если в рамках традиционной психофизической парадигмы исследований основным показателем была конечная результативность исполнения — частота правильных ответов («точность»), то в рамках когнитивной парадигмы ошибки обычно рассматривались как артефакты и исключались из анализа данных, а оценивалось прежде всего время ответов (*время реакции* — ВР) (Luce, 1986). (Далее для краткости будем использовать термин «точность» вслед за принятым в англоязычной литературе «ассигасу» и принятую в отечественной литературе аббревиатуру ВР, хотя Д. Льюс (1986) подчеркивал, что изучается не время произвольной физиологической реакции, а время произвольного ответа: «response time not reaction time».) Одним из первых Х. Гаретт (1922) начал анализировать соотношение скорости и точности ответов: «...повседневный опыт свидетельствует об уменьшении точности с ростом скорости». Начиная с 60-х гг. XX в., исследования этой проблемы широко развернулись для задач сенсорного различения и опознания, появилась и утвердилась парадигма построения функций компенсаторных отношений между точностью и скоростью ответа (*speed-accuracy tradeoff functions* — SATF) путем экспериментальных воздействий на скорость, т.е. введения ограничений на время ответа. Большинство данных 1960—80-х гг. свидетельствует о том, что до определенного «порогового» ВР точность остается на уровне случайного угадывания, а затем линейно растет (от 0 до 1) с ростом ВР (уменьшением скорости ответов) и далее уже не меняется, несмотря на увеличение ВР. В частности, линейная взаимосвязь с ВР обнаружена для мер точности SDT: d и др. (Salhouse, 1981). Более тонкие исследования позволили установить: нарушения линейности SATF на краях ее основного (наклонного) участка, ускорение роста ВР в области малых точностей, по сравнению с областью больших. Типичная SATF (зависимость точности от скорости) имеет вид психометрической функции с более крутой нижней частью (Luce, 1986). В мнемических задачах также обнаружены нелинейности SATF для любых экспериментальных условий. При изучении соотношения скорости и точности без ограничений времени на ответ строились не SATF, а CAP (*conditional accuracy functions*) — «обусловленные» функции точности, об-

наружившие почти линейную и в большей степени пологую форму. SATF оказались более удобными и информативными, чем CAP, поэтому чаще используются.

Разумеется, SATF, характеризующие большие диапазоны точности и скорости, гораздо информативнее, чем отдельные пары их величин, тем более, когда при проведении тщательных экспериментов строятся семейства SATF. SATF рассматривали как характеристику способности системы к переработке информации, а наклон SATF — как меру этой способности. SATF описывает континуум состояний точности различения или опознания, для которого непрерывно осуществляются компенсаторные отношения между скоростью и точностью ответа, и каждое экспериментальное условие актуализирует то или другое состояние. Для сравнения с влиянием ограничений на время ответа проводились также эксперименты без таких ограничений, с инструкцией на точность ответов, что привело к противоположным результатам по соотношению величин ВР для верных и ошибочных ответов (см. ниже).

Помимо данных о коррелированности скорости и точности ответов в различении и опознании есть сведения о более сложных их соотношениях. Так, при различении букв точность была выше для разных стимулов, а скорость — для одинаковых (Santee, Egeth, 1982). Поскольку паттерны ВР и ошибок различны, существует предположение о том, что это разные механизмы (Luze, 1986). В целом же проблема соотношения скорости и точности ответов пока далека от разрешения. При изучении ее возник целый класс концептуальных моделей, к рассмотрению которого мы далее переходим.

Модели «случайных блужданий»

Э.Томас (1971) распространил SDT для различения на анализ данных о ВР в психофизических задачах. Предполагалось, что ВР обратно пропорционально расстоянию от сенсорного эффекта до критерия наблюдателя, но не объяснялось, почему возникает латентность ответа и далее — каковы механизмы взаимоотношений между скоростью и точностью ответа. Такие гипотезы были разработаны путем использования стохастических счетных моделей аккумуляции информации (Andley, 1969; Pike, 1968) для описания процесса решения в различении. Эти модели предполагали, что при предъявлении двух стимулов возбуждается нейронная активность в сенсорных каналах и информация о стимулах в последовательных пробах аккумулируется в двух разных счетчиках-накопителях, для каждого из которых есть порог ответа. Каждая следующая проба и даже часть пробы — это «малый шаг наблюдения», в котором аддитивно добавляется приращение стимульной информации (рассматриваемое как случайная переменная) к одному из счетчиков. (Полагается, что приращения в обоих счетчиках обратно коррелируют между собой.) Этот процесс назвали «стохастическим путем», или «случайным блужданием» по оси стимульных различий. Какой из двух порогов быстрее будет достигнут, такой ответ и последует. На этой основе М. Стоун (1960) предложил модель «случайного блуждания» (*random walk model* — RWM) для описания процесса решения в различении. Он упростил предположение об отрицательной корреляции приращений в обоих счетчиках и ввел «симметричное допущение»: приращения равны по величине и обратны по знаку. Следствием этой исходной RWM было равенство ВР для ошибочных и верных ответов ($ВР_{ош} = ВР_{в}$), что не подтвердилось рядом экспериментальных данных для различения и опознания с ограничением времени ответов: $ВР_{ош} < ВР_{в}$. Для объяснения этих фактов Д. Ламинг (1968) модифицировал RWM, оставив «симметричное допущение» и введя допущение о вариативности исходной точки стохастического пути (критерия наблюдателя). Он предположил, что в силу фоновых шумов в сенсорной системе наблюдатель склонен ошибочно превосходить появление очередного полезного сигнала и потому давать много быстрых ложных тревог (ответ «да»

подготовлен еще до появления стимула, реально неизвестного, оттого часто ошибочен и скор, отсюда: $VP_{\text{ош}} < VP_{\text{в}}$). Однако эта модель не объясняла противоположных фактов (более быстрых верных ответов) при инструкции не на скорость, а на правильность различения (без ограничений времени на ответ). Для их объяснения разработана «аккумуляционная модель» (по сути, вариант RWM), которая, кроме того, подтвердила и интерпретировала классический факт больших VP для более уверенных ответов (полученный при вычислении пропорций уверенных и сомнительных ответов относительно общего числа ответов). Модель предполагает нормальное распределение случайных переменных, отображающих сенсорные эффекты двух стимулов, которые накапливаются раздельно в двух счетчиках (Vickers, 1979). Но и эта модель оказалась односторонней, так как не позволяла объяснять большую скорость ошибок при ограничении времени на ответ.

Р. Свенссон (1972) зафиксировал эмпирическое правило: при легком различении с инструкцией на скорость ответов $VP_{\text{ош}} < VP_{\text{в}}$, а при трудном различении с инструкцией на их правильность, наоборот, $VP_{\text{ош}} > VP_{\text{в}}$. Это подтверждается многочисленными экспериментальными данными 1911—1974 гг. Модели же, объясняющие оба соотношения, появились позднее и будут рассмотрены в подразд. 3.1.3.

Зарубежные исследования роли «переменных субъекта» в сенсорных измерениях

В развитых зарубежных концепциях предрасположенность наблюдателя к определенному типу ответа рассматривалась как обусловленная внешне заданными факторами: несенсорной информацией, определяющей критерий решения и его динамику — в моделях (работы наблюдателя) с научением; предшествующей сенсорной стимуляцией — в теориях уровня адаптации и сенсорно-тонической. Вместе с тем уже с 20-х гг. XX в. появлялись работы, которые указывали на зависимость результатов сенсорных измерений от «переменных субъекта»: его психологических особенностей, лежащих в основе предпочтения им определенной категории ответа (мотивов, установок, аттитюдов, интеллекта, свойств индивидуальности (см. [Проблемы и методы психофизики, 1974]), а также состояний уверенности-сомнительности и внимания. Рассмотрим те из них, которые наименее представлены в доступной литературе.

Пожалуй, первыми среди «переменных субъекта» и единственными, изучающимися на протяжении всей истории психофизики (пусть нечасто и с перерывами), стали исследования его переживаний уверенности-сомнительности в своих сенсорных впечатлениях. Ведь в пороговых задачах, где приходится отвечать, несмотря на высокий дефицит сенсорной информации, состояние сомнения типично для человека. Г.Т. Фехнер (1860) выделил интервал неопределенности в задаче различения (диапазон стимулов, различие между которыми почти не воспринимается), а С. Персе (1884) нашел эмпирическую меру неопределенности ощущений — *степень уверенности* (СУ) в ответе, с которой он считал тесно связанной вероятность ответов «да». На рубеже веков СУ весьма интенсивно изучалась в психофизике — в связи с правильностью ответов и их скоростью (VP). Все три переменные изучались попарно, причем СУ — для задачи «больше-меньше» различения (по методу констант) с использованием трех и более градаций уверенности. Установлено: СУ повышается монотонно с ростом вероятности ответов «да», но «отстает» от нее (феномен «недостаточной уверенности» — *underconfidence*); с ростом вероятности ответов «да» и СУ ответов и скорость их увеличивается (VP падает). Однако еще тогда началась дискуссия о том, насколько типична недостаточная уверенность. Так, она обнаружена в основном для низких и средних категорий уверенности, тогда как для высоких — исчезала и даже изменялась на «сверхуверенность» (*overconfidence* (Jones, 1938)).

Другой исследуемой «переменной субъекта» явилось внимание наблюдателя, поскольку в длительных и монотонных сенсорных измерениях его неустойчивость резко проявляется. В

1960—70-е гг. в психофизике эти исследования развернулись под влиянием концепций о селективных каналах-фильтрах внимания (Broadbent, 1954—1971) и об ограниченных ресурсах организма. В силу этих ограничений наблюдатель при выполнении трудных заданий должен решать, куда преимущественно направить внимание (Kahneman, 1973). Описывается произвольный контроль наблюдателем стратегий внимания (Swets, 1963) для учета прежде всего априорных вероятностей сигнала (Sorkin et al., 1968); изучается селективное внимание к частотам звука (Greenberg, Larkin, 1970), обнаружение неопределенных частот звука (Johnson, Hafter, 1980); высказана гипотеза о нейрональном селективном внимании в слуховой системе: недавно предъявленные частоты звука активизируют специализированные каналы обнаружения (Luce, Green, 1978). Изучение селективного внимания наиболее активно развернулось в прикладных исследованиях бдительности (*vigilance*) — обнаружении редких сигналов оператором (Swets, 1977), где роль внимания особенно велика для успешности деятельности (так как ее монотонность снижает уровень психофизиологической активированности оператора и он засыпает). В этих работах селективное внимание изучалось не только в зависимости от внешне заданной несенсорной информации (вероятностей сигналов и стоимостей ответов), но и от функционального состояния наблюдателя.

Все же зарубежные работы, изучавшие роль «переменных субъекта» в сенсорных измерениях, не объединялись в общий систематический подход к психофизическому исследованию.

Отечественные исследования роли задачи и деятельности субъекта

В российской психофизике последовательно реализуются фундаментальные методологические принципы отечественной психологии — единства сознания и деятельности, активности человека как субъекта своей психической деятельности. Эти положения формировались в трудах С.Л. Рубинштейна, А.Н. Леонтьева и их последователей начиная с 1930—40-х гг., и были систематически развиты К.А. Абульхановой-Славской (1973—1991) и А.В. Брушлинским (1990—2002).

Рассматриваемый подход в психофизике был заложен исследованиями сенсорной деятельности 1930-60-х гг. Установлено снижение порогов чувствительности в результате активной регуляции человеком своей деятельности: при усилении произвольного внимания (Семеновская, 1947; Шварц, 1947—1957), словесной ориентировке (Запорожец, 1960), направленности на решение специальных сенсорных задач (влияние которых превосходило роль физической величины сигнала (Бойко, 1963; Чуприкова, 1967—1979; Ошанин, 1968—1973)), изменении сенсорной задачи (Ендовицкая, 1955; Истомина, 1964; Леонтьев, 1972), трудовой деятельности (работы тех лет, выполненные Ананьевым с сотр., Геллерштейном с сотр.). В школе Б.Г. Ананьева установлено (1940—1947), что в трудных сенсорных задачах — практически во всех модальностях — наблюдатели переходят от работы по непосредственному впечатлению к работе, интеллектуально опосредованной близкими чувственными впечатлениями. В школе А.В. Запорожца исследовано опосредованное восприятие сенсорных качеств с помощью сенсорных эталонов и внешних предметов. В концепции сенсорных эталонов (Запорожец, 1963—1967) обосновано, что специфически человеческое сенсорное обучение предполагает активное присвоение выработанных обществом систем сенсорных эталонов (музыкальных звуков, фонем, геометрических форм), которые становятся оперативными единицами восприятия. Сенсорное обучение было наиболее успешным, когда на начальном его этапе сенсорные эталоны давались ребенку в виде материальных образцов (работы Венгера, Неверович, Репиной и др. 1960—70-х гг.). Благодаря опредмечиванию чувственных качеств оказалось возможным подменить трудный для различения сенсорный признак другими, связанными с ним в целостном образе.

Опредмеченное восприятие сенсорных качеств положено в основу идеи об их предметном моделировании как средстве развития сенсорной сферы: эти качества ассоциировались с определенными предметами или их изображениями, что улучшало формирование звуковысотного слуха дошкольников (Запорожец, 1963—1986).

К.В. Бардин [Бардин, 1976] установил, что в пороговых задачах деятельность наблюдателя, традиционно считавшаяся элементарной, является сложной, структурированной, включающей функционально различные операции (ориентировочные, исполнительные и контрольные) и индивидуально вариативной, что влияет на получаемые пороговые показатели. А.Г. Асмолов и М.Б. Михалевская [Проблемы и методы психофизики, 1974] формулируют переход от психофизики «чистых» ощущений к представлению о сенсорном процессе как решении человеком сенсорных задач. Они раскрывают детерминирующую роль задачи не только как обуславливающую критерий наблюдателя, но и актуализирующую необходимый для решения уровень его сенсорных возможностей.

Согласно Ю.М.Забродину [Забродин, 1985], задача определяет дискретные либо непрерывные характеристики самого сенсорного образа для одного и того же объекта.

Развитие этой традиции продолжил субъектно-ориентированный подход в психофизике (см. подразд. 3.1.3).

3.1.3. Современные направления психофизических исследований *Современные данные по проблеме дискретности—непрерывности сенсорного ряда*

В отечественной психофизике последнего десятилетия выполнены интереснейшие исследования, освещающие проблему дискретного (порогового) либо непрерывного (беспорогового) принципа работы сенсорной системы. Ю.А. Индлиным [Бардин, Индлин, 1993] завершена разработка теории, общей для обнаружения и различения сигналов, абсолютных и дифференциальных порогов. Автор исходно (1974—1984) предложил и экспериментально обосновал эту теорию для психоакустики, однако в заключительных выводах неявно распространяет ее на работу сенсорной системы вообще, так как не указывает на определенную модальность. Для других модальностей теория, конечно, требует проверки. Для слуха же она включает следующие положения:

1. Статистический принцип и нормальность распределения сенсорных эффектов; его индивидуальная неизменность, т. е. постоянство чувствительности независимо от смещений критерия (см. подразд. 3.1.2).

2. Существование сенсорного порога, проявляющегося при определенных экспериментальных условиях (непрерывном, а не дискретном предъявлении эталона). Для дифференциального порога такое предъявление понятно. Абсолютный же порог обнаруживается, когда в качестве непрерывного эталонного сигнала выступает внутренний сенсорный шум, но практически не проявляется при дискретном предъявлении фонового шумового эталонного сигнала. Вывод о постоянстве чувствительности не согласуется с данными о взаимосвязанном изменении мер чувствительности и критерия (подразд. 3.1.3). Однако он согласуется с результатами А.Н. Гусева [Гусев, 2003] о «провалах» обнаружения, соответствующих циклическим снижениям ЭЭГ-активации. При устранении «провалов» из анализа данных индекс чувствительности d' оказывается индивидуально постоянным. Поэтому предполагается, что, когда человек находится в нормальном функциональном состоянии (с присущим ему уровнем активации), его чувствительность постоянна. Таким образом, Ю.А. Индлин и А.Н. Гусев разными механизмами объясняют нарушения стабильности исполнения, несмотря на обнаруженное ими постоянство чувствительности:

скачками критерия наблюдателя либо изменением его функционального состояния. Важно, что разработанные ими тонкие методы статистического и психофизиологического анализа позволяют вычленивать эти нарушения, учесть их и получить результаты, которые обосновывают на современном психофизическом материале существование предельных возможностей сенсорной системы.

Вывод теории Ю.А. Индлина о том, что и пороговый, и беспороговый режимы работы сенсорной системы возможны в разных условиях работы наблюдателя, согласуется с выводом другой модели — стохастической рекуррентной модели Ю.М. Забродина [Бардин, 1976; Забродин, Лебедев, 1977]. К аналогичному заключению приходит К.В. Бардин [Бардин, Индлин, 1993] в исследовании дополнительных сенсорных признаков. При различении по заданному признаку сигнала (громкости) кривая зависимости индекса чувствительности d' от величины стимульного различия соответствовала положению пороговой теории: пересечение ею оси абсцисс дает значение порога. При различении же по дополнительным признакам кривая почти параллельно сдвигалась вверх (чувствительность возрастала) и при аппроксимации пересекала ось ординат (что означает определенную величину чувствительности при нулевой стимульной разнице), а это уже согласуется с теорией непрерывности. Таким образом, по мере тренировки наблюдатели переходили от порогового режима работы, когда они различали стимулы по заданному параметру (т. е. осуществляли одномерное различение, поэтому чувствительность была низка), к беспороговому режиму, когда начинали использовать несколько признаков, т. е. различение становилось многомерным и оттого чувствительность возрастала. Этот переход становился тем более выраженным, чем выше была когнитивная сложность наблюдателя, означающая многомерное восприятие мира и проявляющаяся в выделении большого числа дополнительных признаков (у когнитивно-простых, использовавших мало признаков, кривая различения немного смещалась вверх и вновь пересекала ось абсцисс — уже в более низкой пороговой точке).

Концепции сенсорного пространства

Общая концепция сенсорного пространства и обобщенный психофизический закон.

В 1970—80-х гг. в отечественной науке построен ряд моделей *сенсорных пространств* (СП). На основе стохастической рекуррентной модели обнаружения (Забродин, 1970), где сенсорные эффекты сигнала и шума представлены замкнутыми пространственными объемами, теоретически описана внутренняя структура СП [Забродин, Лебедев, 1977; Забродин, 1985]. Она характеризуется его локальными и глобальными областями, а также границами — областями адекватного отражения. Локальные области определяются в ситуациях обнаружения и различения сигналов, пороговых задачах и характеризуют топологию образов в СП, его разрешающую способность (пороговое восприятие); глобальные области определяются в задачах шкалирования и характеризуют субъективные расстояния между надпороговыми стимулами (метрику СП). Теоретически обосновано, что параметры локальных областей и глобальной метрики связаны интегродифференциальными отношениями. Экспериментальные данные обнаружили ряд психофизических эффектов в СП: «пульсации» образов, их «склеивания», смещения, угасания, трансформации и т. п., т. е. собственную динамику сенсорных образов помимо той, что вызвана динамикой сигналов.

Исходя из гипотезы об интегродифференциальных отношениях локальной и глобальной метрики СП, выявлена внутренняя связность и основное противоречие законов пороговой психофизики Фехнера и психофизики прямых оценок Стивенса. Показано, что различия между логарифмическим и степенным законами касаются только одного пункта. Закон Фехнера основывается на том, что величина дифференциального порога соответствует едва заметному изменению ощущения:

$$\frac{dS_0}{S} = k dR.$$

откуда $R = a \ln(S - S_0)$.

Закон Стивенса приравнивает дифференциальный порог к отношению едва заметного прироста ощущения к его исходной величине:

$$\frac{dS_0}{S} = k \frac{dR_0}{R}.$$

откуда $R = k(S - S_0)^n$.

Обобщение этих уравнений привело к выражению:

$$\frac{dS}{S^z} = \frac{dR}{R}$$

где $0 \leq z \leq 1$

Важно, что показатель степени z связан не с физической, а с субъективной шкалой, т. е. отражает психологические операции субъекта по оценке раздражителя [Забродин, Лебедев, 1977].

В отличие от других трактовок обобщенного основного психофизического закона (Бэрдом, Экманом) уравнение Забродина описывает не только логарифмическую и степенную формы связи, но и любую функцию, промежуточную между ними. Аналогично теории Экмана предполагается параллельная трансформация физической и субъективной шкал. Первая предполагается однозначной (логарифмической), а вторая может меняться от линейной ($z = 0$) до логарифмической ($z = 1$), что подтверждается экспериментально.

Так, уравнение Забродина описывает функции различения сигналов ($z = 0$), оценки их величин ($z = 1$), категориальные оценки ($0 < z < 1$).

Современные исследования шкалирования указывают, что уравнение Забродина не является обобщенным «в последней инстанции» психофизическим законом, т. е. не может охватить все существующее многообразие психофизических функций.

В целом же Ю.М. Забродиным разработан системно-динамический подход к анализу сенсорных процессов и на этой основе — модель адаптивного идеального наблюдателя (1970—1977), включающая другие модели сенсорного процесса как частные случаи, наконец — вариант основ общей теории психофизики (1977—1985), аналоги которому трудно привести на сегодня. Эта теория объединила четыре основных раздела современной психофизики: сенсорной чувствительности и процессов принятия решения, субъективного шкалирования, психофизических законов. Таким образом, построен вариант единой системы психофизического знания. К сожалению, всестороннего экспериментального обоснования и развития после 1980-х гг. теория не получила.

Сенсорное пространство восприятия времени.

Теория Ю.М. Забродина была экспериментально развита прежде всего в исследованиях динамики процессов решения — с выходом на его индивидуально-личностные механизмы (см. ниже); при изучении восприятия времени — с выходом на анализ сенсорного

пространства субъективного времени. Большинство современных психофизических теорий восприятия времени фрагментарны. Они анализируют либо восприятие одновременности—разновременности, либо различие длительностей, либо их оценку (Allan, 1975—1983; Eisler, 1981; Block, 1989; Zakaj, 1989). В отличие от этого разработана единая сенсорная модель, описывающая все эти процессы механизмом анализа той сенсорной информации, на основе которой воспринимается время, и в единстве рассматривающая топологию и метрику субъективного пространства времени. Одновременность-разновременность отражается на основе времени формирования и опознания образов стимулов, длительность — на основе оценки количества сенсорной информации, поступившей за оцениваемый интервал. С переходом от коротких к большим длительностям происходит смена первого механизма вторым (Шляхтин, 1977). Исследование критических временных интервалов (50—100 мс и 1—2 с), в которых нарушается монотонная взаимосвязь между объективным и субъективным временем, и соответствующих им мозговых механизмов показало, что информация о времени обрабатывается преимущественно в левом полушарии (у правой), т. е. на основе механизма последовательной переработки информации (Уткина—Партыко, 1981). Суждения о равенстве зрительно воспринимаемых временных интервалов более часты, чем суждения об их различии, что согласуется с данными о восприятии равенства—различия невременных признаков объекта (Krueger, 1980; Ratcliff, Naeger, 1981; Irwin, Nautus, 1996). Две из возможных причин этого феномена связаны с принятием испытуемыми строгого критерия решения о равенстве длительностей и ошибки временного порядка — субъективного укорочения второй длительности в паре (Скотникова и др., 2002).

Сферическое пространство цветового зрения.

Другая еще более тщательно разработанная модель сенсорного пространства — это сферическая модель цветового зрения. Ранние модели субъективных цветовых пространств (Munsell, 1929; Mac Adam, 1942; Hurvich, Jameson, 1955) описывали отдельные, причем разные аспекты цветового впечатления. Кроме того, эти модели были феноменологическими, а их связи с нейрофизиологическими механизмами лишь априорно предполагались. В отличие от этого сферическая модель имеет фундаментальный характер, так как дает единое описание цветового впечатления, а также интегрирует разработанные математические представления с психофизическими данными [Соколов, Измайлов, 1986] и нейрофизиологическими механизмами (Соколов, Фомин и др., 1975—1995). Исследование этих механизмов позволило авторам предположить трехблоковое строение сенсорного анализатора: рецепторы с широкополосной перекрывающейся чувствительностью (красные, зеленые и синие колбочки), более специализированные нейроны-преддетекторы и узкоселективные к тонам спектра нейроны-детекторы. Каждый детектор представлен точкой на поверхности сферы. В психофизических экспериментах исследовались все три субъективные составляющие цветового впечатления: цветовой тон, насыщенность и светлоты. При этом изучались все три класса цветовых эффектов, разнящиеся феноменологически и метрически: смешение цветов и их пороговые различия (локальная метрика цветового пространства), надпороговые различия цветов (его глобальная метрика). Результаты представляют субъективные цветовые различия в четырехмерном сферическом пространстве, включающем две ахроматические координаты (насыщенность и светлоту) и две оппонентные хроматические — красно-зеленую и сине-желтую. Видимые цвета располагаются на такой сфере. Доказательство в том, что, когда лишь одна из трех перцептивных характеристик цвета меняется монотонно, точки цветового пространства образуют правильную окружность (например, «цветовой круг Ньютона» при изменении тона и постоянстве насыщенности и светлоты). Если же меняются две характеристики, то круг превращается в эллипс (описанный в модели Mac Adam, 1942) либо искривляется локально (например, конфигурация равно-светлых цветов уплощена в желтой

области, так как желтые цвета менее насыщены, чем остальные).

Сенсорно-семантические и сенсорно-мнемические пространства.

В ходе психосемантического анализа индивидуального цветового восприятия построено трехмерное пространство эмоционально-эстетического восприятия цвета. Оно получено путем кластеризации ассоциаций цветов по сходству и многомерным шкалированием. По первой оси полученного пространства («активность воздействия цвета») контрастировали красно-пурпурные цвета и ахроматические, по второй оси («эстетическая оценка цвета») — фиолетово-сиреневый и оранжево-коричневый, по третьей («оценка эмоционального состояния») — зеленый, бирюзовый, желтый, с одной стороны, и черный, бежевый, фиолетовый — с другой. Объединение цветов на семантическом уровне происходит прежде всего на основе цветового тона (Сафуанова, 1993).

Обнаружено, что при пороговом различении громкостей наблюдатели в ходе тренировки начинали вычленять дополнительные сенсорные признаки простого звука, что повышало их чувствительность. На основе этих данных разработаны представления о реорганизации сенсорного пространства из одномерного (громкости) с низкой чувствительностью в многомерное (сенсорно-семантическое) с высокой чувствительностью [Бардин, Индлин, 1993] (см. подразд. 3.1.3).

Разработана методика измерения дифференциальных слуховых порогов для звуковых сигналов, одновременно изменяющихся по двум параметрам: частоте и интенсивности. Испытуемые подравнивали тестовый звук к эталонному, либо предъявлявшемуся в паре с ним, либо запомненному. По результатам построены двумерные (т. е. плоскостные) сенсорные и сенсорно-мнемические пространства слухового восприятия в виде эллипсов пороговых различий. Сходство их с эллипсами цветовых пороговых различий, полученных при изменении двух параметров видимого цвета (Mac Adam, 1942) [Соколов, Измайлов, 1986], позволило предположить, что эллиптичность может быть универсальным свойством двумерных сенсорных пространств [Корж, 1989].

Единство измерительных методов психофизики

До недавнего времени сведения о содержании процесса измерения и типах измерительных шкал оставались разбросанными в различных пособиях по математической статистике и теории вероятностей; методы пороговые и SDT, методы одномерного и многомерного шкалирования представлены в разных источниках. В настоящее время развит весьма продуктивный подход к систематизации процедур психофизических измерений (Измайлов, Михалевская, Гусев, 1983—1997). Он позволяет преодолеть традиционный разрыв в понимании природы измерительных процедур, разработанных в рамках психофизики-I (измерения пределов чувствительности классическими и современными методами) и психофизики-II (шкалирование величин надпороговых ощущений). Все эти методы представлены в единстве — как процедуры построения психологических шкал возрастающей размерности. Методы оценки порога и обнаружимости (различимости) сигналов интегрированы как процедуры одномерного шкалирования: определение единственного значения психологической переменной — это построение психологической шкалы, имеющей единственное значение и нулевую размерность. Такая новая интерпретация методов психофизики-I весьма эвристична, что позволило выстроить целостную, четко структурированную систему измерительных методов. Традиционные методы субъективного шкалирования — это процедуры одномерного шкалирования (конструирование субъективных шкал для одного признака объекта), разделенные на четыре класса по возрастанию мощности измерительной шкалы. Это процедура группировки объектов, сходных по какому-либо признаку (составление перечня объектов, дающее шкалу наименований), методы балльных оценок (дающие

порядковые шкалы), парных сравнений (интервальные шкалы) и прямых оценок (шкалы отношений). Техники многомерного шкалирования (построения пространственных измерительных моделей объекта, включающих несколько шкал признаков) членятся на методы факторного анализа, метрического и неметрического шкалирования. Таким образом, обоснованное ранее теоретическое единство обоих разделов психофизики [Забродин, Лебедев, 1977] воплощается также в единстве их методов.

Психофизика обнаружения движения

В отличие от представлений о двух независимых механизмах обнаружения движения: собственно механизма движения и механизма детекции смещения объекта (Bonnell, 1979; Nakayama, Tayler, 1981), разработана локально-дисперсионная модель детекции движения, объясняющая его единым механизмом. Движение обнаруживается тогда, когда усредненная за время T локальная дисперсия смещений стимула достигает критической величины (Джафаров, Аллик, 1981-1984). Модель оказалась справедливой для детекции абсолютного движения, но не относительного, для которого была модифицирована. Дисперсия смещений стимула рассчитывалась внутри одного интервала наблюдения (а не усреднялась по многим), длительность этого интервала адаптивно изменчива в зависимости от частоты колебательного движения (Линде, 1983). Далее установлено, что необходимым компонентом механизма обнаружения движения является пространственная локализация объекта в разные моменты времени. Увеличение масштаба системы отсчета, т. е. расстояния между стимульным и ближайшим стационарным объектами, приводит к снижению чувствительности к движению объекта.

Современные модели «случайных блужданий»

Модели «случайных блужданий» (*random walk models* — RWM) были разработаны для описания взаимосвязей рабочих характеристик (PX) наблюдателей с их функциями компенсаторных отношений между скоростью и точностью ответов (SATF). За последние два десятилетия развитие RWM было направлено на объяснение фактов как большей, так и меньшей скорости ошибочных ответов, в сравнении с верными в разных условиях различения (правило Свенссона, 1972). Это стало возможным благодаря модифицированной модели RWM (Link, Heath, 1975), где осталось допущение о вариативности исходной точки стохастического пути (Laming, 1968), но были сняты: «симметричное» и нормальное допущения о распределениях стимульных различий (положительных и отрицательных — «+» и «—») и двух соответствующих отдельных RW-процессах, в результате которых «+» и «—» информация накапливается в двух разных счетчиках [Vickers, 1979] (см. подразд. 3.1.2). Взамен этого предполагался единый RW-процесс и единый счетчик, где суммировались и «+», и «—» — приращения сенсорного эффекта. Неясным осталось подтверждение этой моделью парадоксальных экспериментальных данных о меньших ВР при низкой уверенности в ответах, чем при средней и высокой (в различении длин линий методом констант [Acher, 1974]), тогда как классический факт, воспроизводимый до сих пор, прямо противоположен. Кроме того, это была «стационарная» RWM, где стохастический путь решения базировался на постоянных распределениях сенсорных эффектов, постулированных в SDT (на чем настаивал С. Линк, 1978).

В отличие от этого Р. Хес (1981) проанализировал базовые данные SDT (по обнаружению громкостей) и свои (по различению временного порядка световых вспышек) и показал, что величины ВР для одинаковых ответов определенным образом меняются в ходе опыта, что указывает на нестационарность процесса исполнения. Источником ее автор считает изменение величины сенсорного эффекта в иконической памяти, где стимульная информация кодируется на первой стадии процесса различения (выделяемой в рамках информационного

подхода в психологии; две последующие стадии — процессы решения и ответа). Таким образом, предложена трехфазная концепция процесса различения (где введено влияние сенсорной памяти) и «тандемная» RWM для стадии решения. Развивается предположение об антиципации наблюдателем очередного стимула и подготовки к ответу до его появления (Laming, 1968). На этой основе предполагается «тандем» из двух последовательных этапов решения: до появления стимула (на основе информации в сенсорной памяти) и после него. Модель предсказывает, что выполнение инструкции «на скорость» ведет к ускорению всех ответов и особенно ошибочных (видимо, из-за ожидания полезных сигналов, что приводит к частым ложным тревогам) и соответственно к снижению точности. Выполнение же инструкции «на точность» ведет к замедлению всех ответов и особенно ошибочных (видимо, из-за уменьшения числа быстрых ложных тревог, так как неограниченное время ответа обеспечивает возможность тщательного сенсорного анализа), соответственно точность возрастает.

Развитые в этой модели представления близки к идеям отечественной психофизики: представления о нестационарности сенсорных эффектов — к концепции о принципиальной нестационарности всех звеньев процесса решения сенсорной задачи (Забродин, 1971—1985); об участии в процессе различения сенсорной памяти (где изменяются сенсорные эффекты) — к концепции о сенсорной памяти как необходимом функциональном компоненте любого сенсорного процесса (Корж, 1984—1989).

Значение механизмов памяти оказалось столь принципиальным для автора «тандемной» RWM, что далее он использовал ее в разработке модели адапционных фильтров для процессов узнавания в кратковременной памяти (Heath, Fulman, 1988). Предполагается, что предъявление стимулов для запоминания формирует в ней адаптивные (благодаря обратной связи) фильтры-каналы, настроенные на эти стимулы и дающие ответ в зависимости от новизны очередного стимула. Предъявление нового стимула не соответствует имеющимся фильтрам и вызывает рассогласование, в отличие от повторения прежнего стимула. На этом и основано узнавание, где решение представлено как тандемный RW-процесс. Модель проверена в экспериментах с узнаванием позиции стимулов в серии — с использованием шашечных и точечных паттернов, т. е. на материале перцептивной психофизики. Для этих задач довольно трудного опознания с инструкцией «на точность» вновь получено: $VP_{\text{Ош}} > VP_{\text{В}}$. Модель адаптивных фильтров сходна с известной концепцией селективных каналов внимания (Broadbent, 1954-1971), которая активно используется в психофизике (см. подразд. 3.1.2, 3.1.4).

Волновая теория сходства и различия

Следующим крупнейшим исследованием по разработке нового варианта RWM и одновременно новой концепции различения и обнаружения стала «волновая теория сходства и различия», обобщенная в фундаментальной монографии [Линк, 1995].

В качестве процесса решения рассматривается RW-процесс на базе рассмотренной выше модифицированной RWM (Link, Heath, 1975). Отметим то новое, что характеризует волновую теорию.

Полагается, что электрические процессы, возникающие в нервной ткани под действием сенсорных сигналов, имеют волновой характер. «Внутренние сенсорные сигналы — это волны». Здесь имеются в виду в первую очередь не столько субъективные сенсорные эффекты, сколько нейрофизиологические корреляты сигнала, хотя данные ЭЭГ-исследований автор не анализирует. Различение двух стимулов представлено как сравнение амплитуд соответствующих им волн, так же как и обнаружение сигнала, — но в этом случае внешний сигнал сравнивается с внутренним референтом, который тоже понимается как волна.

Сенсорное впечатление различия (обнаружения) возникает, если различие амплитуд сравниваемых волн превышает порог. Таким образом, теория предполагает пороговый (дискретный) принцип работы сенсорной системы. Полученный сенсорный эффект запускает механизм решения, дающий логистическое распределение ответов, которое сходно с нормальным, но, по мнению многих авторов, лучше описывает и психометрические кривые, и РХ. (При этом плавный характер психометрической функции в классической концепции дискретности сенсорного ряда рассматривался как результат ошибок в сенсорной системе, а в волновой теории вариативность ответов — как результат трансформации воспринимаемого сигнала в нервной системе.) Сравнивая свою модель с предшествующими, С. Линк указывает, что, согласно Г. Фехнеру, действующий стимул сравнивается с внутренним референтом, равным среднему ощущению от двух стимулов, по Терстону — непосредственно с другим стимулом, по SDT — с критерием принятия решения, по Кумбсу — с психологическим идеалом, по Блеквеллу — с высоким порогом. В отличие от этого волновая теория предполагает непосредственное сравнение волновых коррелятов стимулов. Автор вводит меру различимости Q^* :

где S — величина действующего стимула, j_{nd} — соответствующая величина едва заметного различия, (распределенная по закону Пуассона), S_0 — абсолютный порог. Таким образом, предлагается вариант логарифмической зависимости величины ощущения от величины стимуляции. При этом автор обосновывает, что его концепция обобщает на основе закона Вебера и закон Фехнера, и наблюдение Стивенса о том, что равные отношения стимулов дают равные отношения ощущений.

Если SDT выделяет в процессах обнаружения и различения две основные составляющие: сенсорную способность и принятие решения, то С. Линк добавляет к ним третью компоненту — резистентность к ответу. Это мера информации, аккумулируемой до появления ответа. С ростом резистентности возрастает крутизна психометрической кривой, т. е. различие улучшается, как и с увеличением различимости (Q^*), но ВР в первом случае повышается, а во втором — понижается. Таким образом, результат различения определяется одним произвольным фактором (сенсорной способностью) и двумя произвольными — критерием принятия решения и резистентностью к ответу. Автор подчеркивает, что наблюдатель не просто отвечает на сигналы, но является активным участником сенсорной задачи, что прямо соотносится с принципиальным положением отечественной психофизики, в особенности — с ее субъективно ориентированным направлением. Линк рассматривает различные концепции работы сенсорной системы, дающие РХ разной формы (SDT, Блеквелла, Льюса, Аткинсона), и утверждает, что все они — частные случаи волновой теории. Эта теория в настоящее время широко обсуждается, анализ и использование ее требуют немалой математической работы, но это, безусловно, серьезнейшая попытка приблизиться к пониманию природы процессов различения и обнаружения.

Исследования калибровки уверенности

На современном уровне возобновились и активизировались психофизические исследования *степени уверенности* (СУ) наблюдателя в своих сенсорных впечатлениях. Функцию СУ усматривают в том, что это внутренняя обратная связь, определяющая готовность человека к приему информации (Конопкин, 1973; Забродин, 1976). Начиная с работ Д. Адамс и П. Адамс (1957) за рубежом развернулось новое направление в изучении ключевой проблемы СУ — соотношения между уровнями уверенности и правильности исполнения (точности). Это — исследования «реализма», или «калибровка» уверенности. Предложена удобная процедура и однородные меры для сопоставления СУ и точности: испытуемые оценивали СУ в процентах,

что сравнивалось с процентом их правильных ответов. Чаще всего подтверждался классический феномен «недостаточной уверенности» (НДУ) в сенсорном различении по типу «Х» (меньшая в процентах СУ, чем процент правильности, в противоположность «сверхуверенности» в задачах на общую осведомленность — *general knowledge* (Lichtenstein, Fishoff, 1982; Keren, 1988; Bjorkman, 1993)). Разработана «теория субъективных сенсорных расстояний» (Bjorkman, 1993), объясняющая сенсорную НДУ на основе нормального сенсорного рассеяния по Терстону, в результате чего среди сомнительных ответов больше оказывается верных. Вместе с тем в ряде условий различения, обнаружения и идентификации НДУ не проявлялась, но, напротив, обнаружена сверхуверенность (Swets et al., 1961; Murdock, 1966; Dawes, 1980; Keren, 1988; Gigerenzer et al., 1991). Таким образом, усилилась дискуссия о степени типичности НДУ.

Исследование внутренней психологической структуры уверенности наблюдателя, проявляющейся в задачах сенсорного различения, позволило выделить в ней личностную и ситуативную составляющие, а также обнаружить большую эффективность у лиц, сочетающих высокую личностную уверенность (основанную на мотивации достижений) с низкой ситуативной.

Это обеспечивалось использованием ими устойчивых стратегий исполнения (Вайнер, 1991).

Индивидуальные различия субъективных шкал ощущений

На протяжении всего существования психофизики-II была известна интер- и интраиндивидуальная вариативность субъективных шкал ощущений (например, вес в 10 г один испытуемый воспринимает в 46 раз тяжелее, чем другой [Pradhan, Hoffman, 1963], а индивидуальные показатели степени для разных модальностей могут варьировать в 1,5—4 раза (Ekman et al., 1967), хотя есть данные и об их сравнительной стабильности в течение двух лет (Logue, 1976). Важно, что показатель степенной функции является индивидуальной характеристикой, общей для разных модальностей, что интерпретировано как результат устойчивого индивидуального способа оперирования числами (Jones, Marcus, 1961; Ekman, 1967). Различия именно таких способов у разных людей (а не различия у них субъективной величины ощущений) С. Стивенс считал причиной межиндивидуальной вариативности получаемых шкал и не придавал ей значения в силу подобной несенсорной природы. Однако факторный анализ выявил оба фактора как независимые механизмы такой вариативности (Ekman, 1967).

Прямым свидетельством существования второго фактора явились данные о положительной связи между индивидуальным наклоном функции громкости и степенью укорочения времени реакции на звуки возрастающей интенсивности (Сейлс, Труп, 1972), ростом силы ощущений и амплитуды вызванных потенциалов (ВП) при усилении стимулов соответствующей модальности (Шагас, 1975). За рубежом индивидуальные различия в росте сенсорных эффектов при усилении стимуляции объясняются двояко: представлением И.П. Павлова о силе-слабости нервной системы (НС) либо концепцией А. Петри и др. (1961) об «увеличителях-уменьшителях» — людях, у которых сенсорный эффект возрастает или уменьшается с увеличением стимуляции. Н.И. Чуприкова и Т.А. Ратанова (1983) показали, что в основе обеих типологий лежит сила НС. Лица с сильной НС обнаруживают более крутые психофизические шкалы громкости, больший рост амплитуд физиологических реакций (кожно-гальванических — КГР и вызванных потенциалов — ВП) с ростом стимуляции, чем лица со слабой НС. Субъективная оценка слабых и средних стимулов, амплитуды КГР и ВП на них, абсолютная и различительная громкостная чувствительность — большие у лиц со слабой НС, а те же характеристики для сильных стимулов — большие у

лиц с сильной НС. То есть у лиц со слабой НС уровень возбуждения выше в области слабых стимулов, а у имеющих сильную НС — в области сильных стимулов; у первых рост возбуждения меньше при увеличении стимуляции, у вторых — больше [Проблемы дифференциальной психофизики, 1991; Ратанова, 1990].

Изучение межиндивидуальной вариативности субъективных шкал ощущений и индивидуально-психологических свойств человека как ее важных механизмов стало нетрадиционным направлением исследований — дифференциальной психофизикой, в отличие от ортодоксальной психофизики, которая изучает общепсихологические количественные закономерности сенсорных процессов и абстрагируется от их индивидуальных вариаций.

Субъектно-ориентированный подход в психофизике.

Общая характеристика подхода

Исследования уверенности наблюдателя и индивидуальных различий в субъективном шкалировании — направления, сформировавшиеся в зарубежной психофизике и развивающиеся сейчас также и в отечественной науке, которые изучают роль психологических особенностей наблюдателя (а не только внешне заданных условий) в сенсорных измерениях. Все же за рубежом по сей день преобладает традиционная «объектная парадигма» (в терминах К.В. Бардина [Бардин, Индлин, 1993]), основополагающая как в классической психофизике Г. Фехнера, так и в современной: субъективном шкалировании С. Стивенса и теории обнаружения сигнала (SDT). Это традиция сугубо количественного анализа результатов сенсорных измерений в зависимости от изменения факторов, заданных извне и строго контролируемых экспериментатором. В психофизике Фехнера и Стивенса — это факторы, определяющие сенсорное впечатление (характеристики стимуляции), в психофизике SDT — также и заданная несенсорная информация (о вероятностной структуре стимуляции, значимостях разных категорий ответов, обратной связи), которая обуславливает процессы принятия наблюдателем решений о характере сенсорного впечатления. При этом психофизическое измерение уподоблялось приборному — различались лишь типы приборов (использующие пороговый либо детекторный принцип работы), а деятельность наблюдателя описывалась математическими моделями аналогично работе технических систем. Отсюда следовал методический подход к психофизическому измерению: максимально «очистить» его от влияния особенностей наблюдателя, которые рассматривались как артефакты исследования, и работать с 1—3 высокотренированными испытуемыми, не учитывая индивидуальных различий в их деятельности. Указания на значение «переменных субъекта» носили эпизодический и разрозненный характер.

В отечественной науке наряду с традиционным психофизическим анализом сложился и развивается систематический экспериментально-теоретический подход, направленный на выяснение роли собственной активности наблюдателя в сенсорных измерениях. Изучение различных ее проявлений интегрированы в этом подходе. Он базируется на теоретико-методологическом принципе советской психологии об активности человека как субъекта своей психической деятельности. Подход реализован в исследованиях ощущения и восприятия в 40—70-х гг. XX в. (школы Б.Г. Ананьева, Б.М. Теплова, С.В. Кравкова, А.В. Запорожца), где установлено влияние произвольной регуляции человеком своей сенсорно-перцептивной деятельности на пороги чувствительности (см. подразд. 3.1.2).

Развитие этих идей в 1970—80-х гг. на основе современной психофизики SDT позволило оценить влияние структурных и динамических характеристик деятельности наблюдателя, особенностей его индивидуальности не только на величины порога (суммарного показателя сенсорного исполнения), но и на его составляющие: индексы чувствительности и критерия

принятия решения (работы К. В. Бардина, Ю.М. Забродина, М.Б. Михалевской, О.А. Конопкина, Н.И. Чуприковой, Ю.А. Индлина и их последователей). Обобщение накопленных в этих работах экспериментальных фактов (значительная их часть, которая посвящена описанию динамики процесса решения сенсорных задач, получена в школе Ю.М. Забродина) позволило сформулировать субъектно-ориентированный подход в психофизике (Бардин и др., 1988), который наиболее интенсивно развивается сегодня в отечественных исследованиях. Он объединил психофизическую парадигму с процессуально-деятельностной традицией отечественной психологии и дифференциально-психологической линией исследований и явился одним из фактических оснований субъектного подхода в психологии (Брушлинский, 1990—2002).

Субъектная психофизика, базируясь на всех достижениях количественного психофизического анализа, переносит акцент на качественное изучение внутренней индивидуально-психологической детерминации результатов сенсорных измерений собственной активностью субъекта. Показано, что позиция наблюдателя в измерениях исходно является активной [Бардин, Индлин, 1993]. Эта активность проявляется в индивидуально-психологической деятельности человека по решению сенсорных задач. Иерархически организованные составляющие структуры деятельности — это мотивационно-целевые, когнитивные, инструментальные, индивидуально-психологические компоненты. А именно: сенсорная задача, которую принял и реально выполняет наблюдатель, операциональные средства ее решения (приема и переработки информации, принятия решения, вербального или моторного исполнения — как сугубо внутренние, так и имеющие внешне выраженные сенсомоторные компоненты), интер- и интраиндивидуальные механизмы выбора этих средств (свойства личности и когнитивные стили человека, его функциональные состояния и рефлексивные переживания), психофизиологическое обеспечение сенсорной деятельности (Скотникова, 1991; 1998; 2002) [Лурия, 1975; Светс и др., 1964]. Именно эти психические образования выступили в исследованиях как факторы, существенно влияющие на получаемые психофизические показатели, что установлено на обширном экспериментальном материале. Линия изучения индивидуально-психологических механизмов решения сенсорных задач была инициирована Ю.М. Забродиным и впервые экспериментально разработана Е.З.Фришман, предложившей для нее название «дифференциальной психофизики» как новой научной дисциплины в рамках психофизики субъектной [Забродин, Лебедев, 1977; Лурия, 1975]. Анализ 30-летнего развития психофизических исследований в Институте психологии РАН (АН СССР) показал, что все это время реально изучалось влияние различных проявлений активности субъекта на результаты сенсорного исполнения [Скотникова, 2002]. Категорию задачи при всей ее принципиальности, обоснованной в отечественной психофизике в 1970-80-е гг. (см. подразд. 3.1.2.), можно рассматривать как соподчиненную категории субъекта, поскольку свою детерминирующую функцию выполняет задача, принятая субъектом, т.е. его собственное сформированное в конкретных условиях представление о цели, которую он реально стремится достичь..

***Роль сенсорной задачи и инструментальных средств сенсорной деятельности.
Оперирование дополнительными
сенсорными признаками***

От сенсорной задачи, определяемой принятой наблюдателем инструкцией и указывающей цель его деятельности, значительно зависят получаемые показатели порога (основанные на среднем значении) — в частности, могут воспроизводиться различные точки припороговой области (Бардин, Михалевская, Скотникова, 1974—1980). Даже в случае общности задач для разных наблюдателей существенно различается операциональная структура их деятельности — ее стратегии и способы. Это значимо влияет на пороговые показатели,

основанные на мерах вариативности (Бардин, 1974; Скотникова, 1980).

В качестве эффективного компенсаторного механизма, позволяющего преодолеть дефицит сенсорной информации и улучшить пороговое различение, выступило активное оперирование наблюдателями этой информацией и вычленение в стимуляции *дополнительных сенсорных признаков* (ДСП) при различении громкостей простых звуков [Бардин, Индлин, 1993]. Обнаружены два типа ДСП. Первый — модально-специфические (сенсорные — акустические: звук светлый, объемный, плотный), непроизвольные, трудно вербализуемые, возникавшие у всех испытуемых, в самом звучании, на пороговых разницеах в громкости. По мере тренировки наблюдатели начинали различать ранее неразличимые ими звуки лишь как одинаковые-разные (простое различение), затем осознали, что различают по новым акустическим признакам, и, наконец, соотносили их с громкостью, различая уже дифференцированно (больше-меньше). Автор интерпретировал эту динамику как трехэтапное формирование новых осей сенсорного пространства: от аморфного множества признаков к их упорядочению в новую сенсорную ось и ее соотнесению с осью громкости.

Второй тип ДСП — модально-неспецифические признаки: ассоциативно связанные с громкостью целостные предметные образы (мячи, фонарики, шары), произвольно управляемые, возникавшие не у всех испытуемых, но зато на любых сти-мульных разницеах, и не столько в самом звучании, сколько как представления о нем, изначально соотнесенные с громкостью. Таким образом, в ходе научения происходила переорганизация сенсорного пространства из одномерного (громкости) с низкой чувствительностью в многомерное с высокой чувствительностью. Вычленение модально-специфических признаков рассматривается как проявление сенсорной многомерности, неспецифических — психологической: вовлечение более высоких, когнитивных, уровней (представлений, воображения, ассоциаций). Подобное вовлечение происходило и в случае улучшения зрительной чувствительности при активном включении ее в более высокоорганизованную когнитивную деятельность (мыслительную). Психологическим механизмом здесь оказалось установление непосредственных взаимосвязей между сенсорным и интеллектуальным уровнями — этот процесс проходил, минуя регулятивную подсистему (так как критерий решения не менялся) (Забродина, 1988).

ДСП интерпретировались К.В. Бардиным [Бардин, Индлин, 1993] как проявление интермодальной общности ощущений, также типичной для большинства людей, в отличие от синестезий, встречающихся лишь у 13—15%. Внутренняя же психологическая операциональная структура деятельности по различению с опорой на ДСП выступила как мысленное построение наблюдателями целостных предметных моделей воспринимаемых простых сигналов. Это являлось действенным средством сенсорного научения взрослых наблюдателей в трудных пороговых задачах (Войтенко, 1989) аналогично стимулирующей роли внешнего сенсорного моделирования в сенсорном развитии ребенка в обычных условиях (Запорожец и др., 1963—1986).

Сенсорная деятельность приобретает специфический характер в результате общения между наблюдателями, исследованного в задачах шкалирования. Оказалось, что не только когнитивная и регулятивная подсистемы психики определяют оценку сигналов, но также и коммуникативная, что подтверждает концепцию Б.Ф. Ломова [Ломов, 1999] о системном взаимодействии всех трех структур. Общение прежде всего изменяло стратегии оценивания (что изменяло типы шкал), а также сенсорный процесс (менялись сенсорные эталоны и якорные эффекты). В зависимости от типа взаимодействия наблюдателей общение улучшало либо ухудшало результаты шкалирования (Носуленко, 1980).

Влияние индивидуальных особенностей человека

Интер- и интраиндивидуальные особенности субъекта, опосредующие выбор способов

сенсорной деятельности, изучаются в русле дифференциальной психофизики, которая выступает как раздел субъектной психофизики. Дифференциально-психофизические работы появились уже в 60-е гг. XX в. в силу очевидной индивидуальной вариативности субъективных шкал (см. выше), а с 70-х гг. стали развиваться и в психофизике-I [Проблемы дифференциальной психофизики, 1991].

1. Интериндивидуальные детерминанты сенсорного исполнения.

1.1. *Психофизиологические особенности человека* (биоэлектрические в сочетании с вегетативными и биохимическими; а также типологические свойства нервной системы) — примеры приведены выше (подразд. 3.1.2) и отчасти ниже (в связи с 1.2).

1.2. *Индивидуально-личностные свойства.* Зарубежные исследования бдительности («*vigilance*») — обнаружения редких сигналов — показали, что величины порога связаны инвертированной U-образной зависимостью с уровнем психофизиологической активированности наблюдателя (по КГР), психологически проявляющегося в параметрах Г. Айзенка. Невротичные экстраверты исходно менее активированы, чем стабильные интроверты, поэтому у тех и других пороги меняются разнонаправленно (преимущественно за счет смещения критерия) при одинаковых добавочных активациях.

При изменении инструкции выяснилось, что индивидуальными особенностями обуславливаются не единичные значения показателей исполнения, а величины их изменения, которые больше у исходно низкоактивированных лиц (критерий — у экстравертов, чувствительность — у невротичных), в сравнении с оппонентными группами высокоактивированных [Забродин и др., 1981]. Аналогично ложная обратная связь у экстравертов изменяла критерий, а у невротичных — чувствительность. Установлено, что субъективно-личностные критерии наблюдателя определяются: а) его индивидуальными особенностями в отражении задачи — ориентацией на действие или на состояние (функция контроля за действием — Ю. Куль), б) уровнем толерантности к неопределенности, обеспечивающей инициативу, гибкость саморегуляции и вариативность процесса решения. Оба фактора задают весь диапазон возможных критериев оценки качества решения, включая критерии I и II рода — как критерии собственно оптимальности, так и критерии удовлетворительности и достаточности, выбираемые наблюдателем в зависимости от того, какую субъективно принятую задачу он решает (задачу оптимизации или поиска удовлетворительных решений), и в конечном итоге от его мотивационно-личностных диспозиций. Функция контроля за действием определяет направление смещения критерия в зависимости от несенсорных факторов (изменения вероятности сигнала): от его оптимальной динамики по типу критерия Байесадо парадоксальной компенсаторной динамики, противоречащей SDT (Голубинов, 1985—1993).

Индивидуально-личностные свойства влияют на результаты сенсорного исполнения не прямо, но опосредованно — через обусловленную ими операциональную структуру деятельности субъекта. Стратегии этой деятельности более рациональны у экстравертированных и нетревожных субъектов, что снижает их пороги, по сравнению с интровертированными и тревожными (Журавлев, Августевич; 1984; Бороздина, 1985).

1.3. *Когнитивно-стилевые свойства.* Установлено, что узкий диапазон эквивалентности сопровождается переоценкой временных интервалов (Васильев, 1984), ригидность — изменением времени реакции при переключении на другие виды сенсомоторной деятельности (Дейнека, Алешина, 1984), полезависимость — ее пониженной успешностью в режиме слежения (Сергеев, 1984) и влиянием предыдущих оценок громкости на последующие (Иванов, 1989). Психологическим механизмом, опосредующим влияние когнитивного стиля на психофизические показатели, выступает операциональная структура сенсорной деятельности человека (Скотникова, 1984). Так, полнезависимые субъекты успешнее решают пороговые задачи за счет выработки рациональных и поэтому

эффективных стратегий, позволяющих активно переструктурировать ситуацию: при научении зрительному различению (Nevelkoph, Dreuer, 1973), при подравнении — тактильном (Ohlmann, 1981) и зрительном (Скотникова, 1985), при слуховом различении (Войтенко, 1986). У лиц с динамичными КС свойствами более эффективны и подвижны процессы решения при зрительном и слуховом различении: а) у гибких выбираемые направления смещения критерия наблюдателя более соответствуют заданным, чем у ригидных, за счет более гибких и точных операций по перестройке критерия согласно изменению внешних требований [Кочетков, Скотникова, 1993] (Субботин, 1989); б) у импульсивных скорость принятия решения и субъективная уверенность в нем выше, но чувствительность ниже, в сравнении с рефлексивными [Скотникова, 2002]. Последние также более точны в зрительном поиске, чем первые, за счет использования адекватных стратегий (Messer, 1976). Наблюдатели с узким стилем сканирования переоценивают размеры объекта из-за длительных центраций на нем глаза (Gardner, Long, 1962).

2. Интраиндивидуальные детерминанты сенсорного исполнения.

2.1. *Детерминанты, имеющие место при отсутствии специальных воздействий на аппарат принятия решения.*

2.1.1. Флуктуации критерия наблюдателя, интерпретируемые как результат его стремлений уравнивать текущую пропорцию ответов с ожидаемой пропорцией сигналов (Индлин, 1974—1993).

2.1.2. Изменения, которые вызваны динамикой функционального состояния (ФС) субъекта, связанного с уровнем активации:

а) периодического характера. Описаны плавные колебания критерия и резкие — чувствительности («провалы» и подъемы до максимума (Пахомов, 1979)) с периодом от 4—5 мин до нескольких дней. Психофизиологическим механизмом феномена выступили циклические снижения уровня ЭЭГ-активированности (Дикая, Гусев, Шапкин, 1987) [Гусев, 2003]. Только у наблюдателей, мотивированных на достижение успеха, обнаружены такие «конструктивные провалы» активации, которые выступают как защитный механизм, позволяющий восстанавливать ресурсы организма и продолжать деятельность [Гусев, 2003; Проблемы дифференциальной психофизики, 1991];

б) монотонного характера. У лиц, мотивированных на избегание неудачи, при снижении активированности чувствительность монотонно уменьшалась, т. е. у них не работал защитный механизм «конструктивных провалов» [там же].

В задачах на бдительность чувствительность снижалась из-за падения активированности при монотонной работе с низкими вероятностями сигнала. Критерий повышался, когда наблюдатель усваивал эти вероятности; при высоких же вероятностях критерий снижался (Swets, 1977), тогда как и чувствительность, и критерий возрастали с ростом различий между сигналами (Parasuraman, Moulona, 1987). При монотонии и утомлении чувствительность уменьшалась, а критерий повышался в первом случае и снижался — во втором [Проблемы дифференциальной психофизики, 1991]. В перечисленных работах, а также при фармакологических воздействиях изменения уровня активированности вызывали изменения чувствительности, а они, в свою очередь, — критерия.

2.2. *Детерминанты, вызванные несенсорной информацией, адресованной аппарату принятия решения.*

Они обнаружены в ряде зарубежных работ 1960-х гг. и специально изучались в отечественных исследованиях.

Инструкции, запрещающие пропуски сигнала либо ложные тревоги, стрессировали лиц с психическими расстройствами, что вело к снижению либо колебаниям их чувствительности и изменениям критерия (Матвеева, 1976). Сходные эффекты вызывала информация об априорных вероятностях сигнала и обратная связь: у здоровых испытуемых (Шаповалов,

1982) и только у высокотренированных из них — когда обратная связь была ложной (Михалевская, Финкель, 1985). Запреты пропусков сигнала вели к снижению и критерия, и чувствительности — в результате нарушения первичных фаз корковой обработки информации (судя по ранним компонентам ВП (Финкель, 1988)). Аналогичная инструкция вела к снижению критерия и чувствительности у интровертов, а противоположная — к обратному эффекту у эмоционально устойчивых лиц [Забродин и др., 1981]. В приведенных работах первоначально смещался критерий и вторично — чувствительность.

Перестройка решающего механизма в вероятностно-нестационарной среде (когда наблюдатель знал о возможном, но не гарантированном изменении вероятностей сигналов) представляла собой немонотонное смещение критерия: сначала парадоксальное (противоположное изменению вероятностей сигналов), затем — оптимальное. Результаты показали, что отражение вероятностей сигналов (изменений среды) более инертный процесс, чем отражение частот ответов (собственного поведения субъекта (Субботин, 1989)).

3.1.4. Развитие современных направлений в психофизике

Не все из современных направлений психофизических исследований, рассмотренных в подразд. 3.1.4, активно развиваются сегодня. Представим те из них, развитие которых наблюдается наиболее отчетливо.

В современной зарубежной психофизике продолжает доминировать «объектная парадигма» — изучение поведения «идеального» наблюдателя как объекта внешних воздействий. Об этом свидетельствуют материалы ведущего журнала в этой области «Perception & Psychophysics», а также ежегодных конференций Международного общества по психофизике (см., например, «Fechner Day'1992—2002»). Вместе с тем влияние «переменных субъекта» на сенсорное исполнение отмечается все чаще, хотя эти исследования не объединяются общим подходом.

Анализ мер чувствительности и критерия решения

Специальное внимание уделяется анализу адекватности используемых мер сенсорной чувствительности и критерия решения и разработке новых показателей.

Для оценки критерия наиболее широко используются параметрические меры, введенные на основе SDT (b , C). Эти индексы корректны лишь для симметричных РХ, т. е. нормально распределенных и равно-вариативных плотностей вероятностей сигналов и шума. Тем не менее данные показатели часто вычисляются без анализа формы РХ. Видимо, она была асимметричной в случаях изменения b с изменением d' (см. подразд. 3.1.3). Индексы критерия, введенные как «непараметрические» (которые основаны на оценке участков площадей единичного квадрата, выделяемых на основе РХ (Hodos, 1968; Grier, 1971)), критикуются за то, что оказываются все же зависимыми от формы РХ и уступают параметрическим мерам по ряду характеристик (McMillan, Creelman, 1990). Систематический анализ мер критерия приводит к выводу о том, что нет таких мер, универсальных для разных испытуемых и условий измерения (Dusoir, 1975; 1983). Поэтому обычно делаются упрощающие допущения (о форме РХ) для использования индексов, которые обнаружили свои преимущества перед другими. В частности, таковыми признаются: YR (yes rate) — пропорция ответов «да», вычисляемая как полусумма частот ответов «да», и CER (*conditional error rate*) — условная пропорция ошибок, вычисляемая как отношение частот пропусков к частотам ложных тревог (Dusoir, 1983; Gagne, McKelvie, 1990). Установлено, что данные показатели (как и три других) обладают преимуществами перед восемью остальными — при сравнении всех этих тринадцати мер по десяти характеристикам (McMillan, Creelman, 1990).

Обнаружено, что экспериментальные величины CER лучше соответствуют теоретическим значениям критерия, рассчитанным по априорным вероятностям шума и сигнала, чем величины b , полученные в базовых экспериментах SDT (Индлин, 1976).

Большинство индексов чувствительности, разработанных на основе SDT, также являются параметрическими, т. е. предназначены для симметричной PX (d' , $d(e)$, h , Q , LOR). Во многих же случаях эмпирические PX асимметричны, и к ним эти индексы не подходят. Они тем не менее часто вычисляются без анализа формы PX, что может быть оправдано в прикладных работах. Например, при оценке чувствительности в последовательных срезах изменяющегося уровня активированности человека на каждом срезе получают лишь одну пару частот попаданий и ложных тревог, по которой рассчитывают индекс d' . Вопрос о выборе мер сенсорного исполнения, разработанных на основе представления о его стационарности, ранее дискутировался преимущественно в связи с изучением бдительности, так как наиболее остро возникал именно в исследованиях динамики сенсорного исполнения (Broadbent, 1971; Swets, 1977). В последнее же время он обсуждается применительно к любым исследованиям обнаружения и различения, поскольку типичная нестационарность этих процессов стала очевидной. Непараметрическая мера чувствительности, характеризующая площадь под кривой PX (PA, называемая A'), предназначена для PX любой формы, поэтому рассматривается как наилучшая, особенно когда получено несколько точек PX (Swets, 1986; Parasuraman, Moulona, 1987). Сама же пара частот попаданий и ложных тревог может служить адекватной характеристикой исполнения, так как это реальные эмпирические величины, в отличие от вычисляемых индексов. В этом случае однонаправленное изменение обеих частот интерпретируется как смещение критерия, противоположное — как изменение чувствительности (Забродин, Пахомов, 1979), хотя встречаются другие интерпретации (Фришман, 1990). В любом случае описание результатов с помощью частот попаданий и ложных тревог в комплексе с индексами чувствительности и критерия (а не только одними этими индексами) признается наиболее информативным (Индлин, 1979; Забродин и др., 1979; Parasuraman, Moulona, 1987).

Разработан оригинальный метод определения числа правильных ответов в субъективном шкалировании — это число последовательных (не обязательно подряд) оценок величин стимулов, которые соответствуют последовательности объективных стимульных величин (Garriga-Trillo, 1987). Прежде таких мер не было и проблема адекватности субъективных оценок объективным величинам стимулов решалась путем построения психофизических функций зависимости первых от вторых.

Модели принятия решения и уверенности при вынесении сенсорных суждений

Традиционный психофизический анализ сенсорного исполнения ограничивался лишь вычислением показателей точности ответов наблюдателя на основе регистрации числа его ошибок. В отличие от этого новый подход в психофизике, развернувшийся за рубежом с середины XX в., расширил рамки такого анализа путем включения в него характеристик времени ответов (что было рассмотрено при описании функций SATF и моделей случайных блужданий), а также степени уверенности (СУ) наблюдателя в их правильности (см. подразделы 3.1.2. и 3.1.3.). На этой основе к началу нового тысячелетия был разработан целый ряд концептуально-математических моделей, позволяющих наиболее компактно и наглядно формулировать рабочие гипотезы о внутренних механизмах процессов принятия решения и формирования уверенности в нем, проверять соответствие между гипотезами и эмпирическими данными и, что особенно важно, предсказывать характеристики этих процессов [Скотникова, 2002]. Применительно к уверенности в сенсорных суждениях можно выделить два основных класса таких моделей: описывающих сенсорную репрезентацию стимулов в сигнальной либо нейросетевой синаптической форме. Первый класс включает две

группы моделей.

а) Модели, основанные на теории обнаружения сигнала и рассматривающие принятие решения в каждой стимульной пробе как базирующееся на единичном неделимом наблюдении. СУ в нем определяется расстоянием на оси сенсорных впечатлений от величины полученного сенсорного эффекта до величины сенсорного эффекта, соответствующего критерию принятия решения. Процесс оценки наблюдателем СУ помощью нескольких градаций уверенности репрезентируется как использование им нескольких критериев решения, разделяющих нормальное либо отклоняющееся от нормального распределение сенсорных эффектов от стимулов или их различий (по типу процедуры «оценки» — «rating»). Если конкретное наблюдение попало в определенный сегмент распределения, то в ответе сообщается данная категория уверенности (Clark, 1960; Norman et al., 1969; Kinchla et al., 1974; Ferrel, 1980, 1995; Treisman et al., 1984; Bjorkman et al., 1993; Balankrishnan et al., 1996). Недостаток приведенных моделей (как следствие теории обнаружения) в том, что они описывают лишь правильность и уверенность ответов, но не время ответов и его взаимосвязи с двумя первыми переменными.

б) Стохастические модели, рассматривающие интервал наблюдения в каждой стимульной пробе как состоящий из множества микроинтервалов, в которых сенсорная система получает свидетельства, накапливающиеся далее в сумматорах, в пользу возможных гипотез решения. Таким образом, процесс решения рассматривается как стохастический путь, состоящий из последовательных малых шагов. Принимается та гипотеза, информационный порог которой достигается первым. Уверенность для каждой из гипотез соответствует сумме свидетельств в ее пользу. Это модели случайных блужданий, предполагающие один общий сумматор для свидетельств с разными знаками в пользу двух альтернативных гипотез (Link, Heath, 1975; Heath, 1984), аккумуляторная (D.Vickers et al., 1979; 1988; 1998) (см. подразделы 3.1.2. и 3.1.3.) и модель шкалирования сомнений (Petrušić, Baranski, 1998), предполагающие отдельные сумматоры для свидетельств в пользу каждой гипотезы. Модели данной группы описывают все три характеристики принятия решения — его правильность, время и уверенность.

Представления как теории обнаружения сигнала, так и стохастического накопления свидетельств использованы С. Линком [Кочетков, Скотникова, 1993] в предложенной им модели уверенности на основе разработанной этим автором волновой теории сходства и различия. СУ описывается как функция двух переменных: критерия решения, величины стимуляции (и соответственно — различимости), и как результат работы механизма случайных блужданий. Здесь в анализ включено время первичного ответа, но не рассматривается время суждения об уверенности.

Модели, которые можно отнести ко второму классу, строятся на основе алгебры нелинейной психофизической динамики (R. Gregson, 1988; 1992; 1995; 1999) и нейросетевой парадигмы (R.Heath, R.Fulham, 1988; M.Usher, D.Zakai, 1993). Они тоже описывают и правильность, и время, и уверенность решений. В соответствии с моделью Р. Грегсона, уверенность представляется как нелинейно-динамический двухфазный каскадный процесс: она немедленно следует за сенсорным впечатлением, а не за суждением о нем. Математический аппарат, используемый в этой модели и включающий дифференциальные уравнения, гораздо сложнее, чем в моделях, приведенных выше.

Преимущество нейросетевых моделей — в развитии «brain-like»-подхода к математическому моделированию психических процессов, т.е. в описании последних в соотношении с их нейрофизиологическими механизмами, рассматриваемыми как функционирование нейронных сетей мозга. Такое описание использовано в модели адаптивных фильтров Р. Хеса и Р. Фулхема, учитывающей работу механизмов памяти и использующей принцип случайных блужданий для характеристики процессов решения.

Однако в ней рассматривается собственно процесс решения и лишь эскизно — уверенность. Модель же М. Ашера и Д. Закаи, конкретно связывает СУ с числом колебаний альтернатив решения. Неуверенность рассматривается как результат неустойчивости альтернатив (что перекликается с представлениями И.В.Вайнера (1990) о неуверенности как следствии неустойчивости стратегий решения). Эта нейросетевая многоаспектная модель принятия решения, одним из аспектов которой является СУ, базируется на концепции о процессе решения как элиминировании конкурирующих альтернатив до принятия одной из них (А. Tversky, 1972) и раннем варианте принципа стохастического накопления свидетельств (R.Odly, 1960). Хотя она специально описывает выбор человеком жизненных событий, все же предполагаемый механизм формирования уверенности в суждении теоретически вполне адекватен случаю решению сенсорных задач.

Рассматривая процесс формирования уверенности психологически с привлечением наиболее развитых и авторитетных моделей (D.Vickers et al., 1979; 1988; 1998; M.Usher, D.Zakai, 1993), можно интерпретировать СУ как субъективное переживание баланса доказательств или числа колебаний альтернатив решения в пользу какой-либо из них, служащее для человека индикатором того, какую альтернативу выбрать.

Исследования уверенности

В современную эпоху для большинства видов сложной практической деятельности человека (для профессий руководителей, военачальников, операторов, врачей, педагогов, юристов и мн. др.) характерна необходимость принимать ответственные решения в условиях высокой субъективной неопределенности, вызванной дефицитом либо избытком входной информации. Поэтому для человека типичны переживания сомнительности принимаемых решений. Естественно, что исследования механизмов принятия решения и уверенности в нем бурно развиваются в зарубежной науке, начиная с середины XX в. Начиная с 90-х гг., такие работы резко интенсифицировались применительно к сенсорным задачам порогового типа (чаще всего — по различению сигналов), где, как правило, имеют место дефицит информации, субъективная неопределенность и сомнительность решений. Теоретический анализ психологического содержания конструкта «уверенность» ($U_{\text{в}}$) и современного состояния его исследований показал следующее [Скотникова, 2002].

Изучаются два основных аспекта уверенности.

а). $U_{\text{в}}$ в себе как личностная характеристика (self-confidence) — принятие себя, своих действий, решений, навыков как уместных, правильных. (Salter, 1949; Wolpe, 1958; Lazarus, 1966; Mohlenkamp, 1975; Ромек, 1997; Высоцкий, 2002).

б). $U_{\text{в}}$ в правильности своих суждений (ситуативная уверенность — confidence — см. ниже) исследуется на материале опросников на общую осведомленность (т.е. на когнитивном уровне знаний) и задач на сенсорное различение (т.е. на сенсорном уровне). Самая распространенная сегодня за рубежом парадигма — это исследования реализма (калибровки) $U_{\text{в}}$, т.е. степени соответствия между $U_{\text{в}}$ человека в правильности своих суждений и их объективной правильностью.

Неоднозначны сведения о влиянии обоих аспектов $U_{\text{в}}$ на продуктивность когнитивной деятельности и правильность решения (причем трудно выделить обоснованно доминирующую точку зрения), а также о соотношениях между двумя аспектами $U_{\text{в}}$. Наиболее логичной и непротиворечивой представляется позиция В.Б. Высоцкого (2002): личностная $U_{\text{в}}$ — это производное от ситуативной, но обобщенная на всем опыте субъекта.

$U_{\text{в}}$ в суждениях понимается в психологии прежде всего как характеристика принятия решения (Odly, 1960; R.Heath et al, 1984, 1988; M.Usher, D.Zakai, 1993), регулятивное (в терминах Б.Ф. Ломова — в отечественных работах) состояние — как внутренняя обратная связь, определяющая готовность человека к взаимодействию с внешней средой (Конопкин,

1973; Забродин; 1976), но также и как когнитивный процесс: оценка вероятности события (Lichtenstein et al., 1980, 1982; Yates et al., 1982, 1987) — и как метакогнитивный: один из источников когнитивного контроля над суждением, повышающим его точность, но ограничивающим возможности субъекта обнаруживать свои ошибки (Vickers, 1998). Теоретический анализ проблемы, позволил предположить, что U_v в суждениях — системное психическое образование, выполняющее и когнитивную функцию — рефлексия субъекта о своих знаниях, вероятностный прогноз правильности решений, и регулятивную — переживание и состояние, связанное с этими процессами и влияющее на латентность и результат решения: принятие той или иной гипотезы в зависимости от прогноза их правильности, и когнитивно-регулятивную — оценка правильности решения. Таким образом, в силу всех этих функций U_v является существенной детерминантой как приема и переработки информации, так и принятия решения.

Относительно дискутируемой в зарубежной литературе проблемы: возникает ли U_v после решения или в его процессе, представляется, что исходно переживание U_v является бессознательным, которое непосредственно включается в «психологическую ткань» процесса решения (продуцирование гипотез, их сравнение и выбор какой-либо одной для вынесения суждения) и в его структуре выполняет свою регулирующую функцию: время решения и его результат (какая гипотеза будет принята) могут в значительной степени зависеть от степеней U_v для разных гипотез. Если же требуется оценить степень U_v в принятом или предполагаемом решении, то она, конечно, осознается.

В экспериментах по зрительному различению временных интервалов определялись соотношения трех основных характеристик решения сенсорной задачи (на основе которых рассчитываются все показатели исполнения) между собой: точности ответов, их U_v и скорости — по 19 индексам (Скотникова, 1994; 1996; 1998; 2002). Предложены новые показатели степени U_v суждений (пропорции уверенных и сомнительных ответов среди верных и ошибочных раздельно). Они позволяют более дифференцированно оценить соотношение верных-ошибочных-уверенных-сомнительных ответов, чем обычно используемые пропорции уверенных и сомнительных ответов в общем массиве данных [Скотникова, 2002]. С их использованием обнаружено, что ошибочные ответы медленнее верных. Это верифицирует применительно к пороговому различению «правило Свенссона», установленное для трудного опознания и инструкции, предписывающей точность ответов. В отличие от этого, для легкого опознания и инструкции, требующей скорости ответов, ошибки оказываются быстрее верных ответов. Кроме того, ошибочные ответы чаще были сомнительными, чем верные, что оказалось общим феноменом для обеих типичных задач различения: «одинаковые—разные» («=, №») и «больше—меньше» («>, <»). (Прежние же, менее дифференцированные расчеты относительно общего массива ответов выявляли менее частую сомнительность ошибок). Сомнительность ответов может служить внешним индикатором неотчетливости сенсорных впечатлений, замедляющей принятие решения. Чем больше время ошибочных ответов, тем адекватнее оценки U_v . В целом же, чем больше время ответов, тем меньше их U_v . Эти данные проясняют психологическую природу ошибок человека в задачах порогового типа.

Впервые определены индексы реализма U_v в правильности ответов относительно их реальной правильности для малоизученной задачи различения по типу «=, №», которая тем не менее широко распространена во многих областях практики, поскольку допускает не только количественное, но и качественное сравнение между собой любых объектов, субъектов и событий («такой-не такой»). Этот вид различения называется «неупорядоченным» или «простым», т.к. наблюдатель лишь разграничивает сенсорные впечатления на два класса, т.е. использует простейшую субъективную измерительную шкалу наименований, а не упорядочивает их по соотношению «>, <», как в случае «упорядоченного» или

«дифференцированного» различия. В зарубежной литературе ведется острая дискуссия между приверженцами классического феномена «недостаточной U_v » человека в правильности своего сенсорного различия, по сравнению с его реальной правильностью (Bjorkman et al., 1993; Olsson, Winman, 1996; Juslin, Olsson, 1997), и парадоксального эффекта «трудности — легкости»: недостаточной U_v в легком различии, и сверхуверенности — в трудном (Baranski, Petrusic, 1994, 1995, 1999; Ferrel, 1995; Stankov, 1998). Отечественными авторами в трудных пороговых задачах («=, №»-различение зрительных временных интервалов и «да-нет»-обнаружение звуковых сигналов) установлена сверхуверенность (Скотникова, 1994; 1998; 2002; Гусев и др., 2001, 2002; Головина, 2003), что согласуется с данными второй группы авторов. Можно предложить следующее объяснение. Человек склонен недооценивать сложность трудных задач и потому переоценивать свою U_v в их решении, и наоборот — переоценивать сложность легких задач и оттого недооценивать свою U_v в их решении. Установленная в задаче «=, №» сверхуверенность явилась следствием в шесть раз более узкой зоны сомнений и специфичности ее структуры, в сравнении с задачей «больше-меньше» («>, <»). По целому ряду показателей U_v хуже оценивалась человеком в задаче «=, №». По-видимому, установленные высокая сверхуверенность и низкий реализм U_v связаны с грубым, приблизительным характером «=, №»-различения, дающим более высокие пороги, в сравнении с более тонким и точным характером «>, <»-различения, дающим на порядок меньшие пороги, что сопровождается также более точными оценками U_v .

Обнаружена повышенная уверенность импульсивных лиц в своих сенсорных суждениях, в сравнении с рефлексивными. Видимо, доверяя себе, импульсивные не ощущают необходимости в тщательном анализе входной информации для принятия решения и потому, как известно, их анализ поспешен и поверхностен, что ведет к большому числу ошибок в когнитивных задачах разных уровней, т.е. к пониженной точности в их выполнении (Messer, 1976), в частности — к худшему зрительному различению временных интервалов [Скотникова, 2002]. Рефлексивные же, менее уверенные в правильности своих суждений, внимательно и не торопясь, анализируют информацию, поэтому реже ошибаются в решениях и соответственно точнее выполняют когнитивные задачи, в том числе — лучше различают временные интервалы.

Зарубежные исследования реализма U_v в настоящее время выходят на проблему межкультурных различий. Шведские авторы описывают недостаточную U_v как феномен, типичный для сенсорно-перцептивных суждений в отличие от более высокоуровневых когнитивных суждений (об общей осведомленности), для которых, напротив, типична сверхуверенность и эффект трудности-легкости (Bjorkman et al., 1993; Olsson, Winman, 1996; Juslin, Olsson, 1997). В отличие от этого российские исследователи обнаружили сверхуверенность в трудном сенсорном различии и обнаружении (Скотникова, 1994; 1998; 2002; Гусев и др., 2001, 2002; Головина, 2003), а канадские, американские и австралийские авторы — в целом — эффект трудности-легкости в различии (Baranski, Petrusic, 1994, 1995, 1999; Ferrel, 1995; Stankov, 1998). Кроме того, есть данные о меньшей U_v шведов в сравнении с североамериканцами в бытовых ситуациях, а также о межкультурных и межнациональных различиях в суждениях с вероятностным прогнозом. Четкого объяснения причин перечисленных фактов пока нет, но все же они позволили предположить, что подобные различия могут проявиться также в сенсорно-перцептивных задачах (Baranski, Petrusic, 1999).

Эта гипотеза подтвердилась в первом же специальном сравнительном исследовании, выполненном на российской и немецкой выборках для зрительного различения временных интервалов (Скотникова, 2001). Обнаружена сверхуверенность в немецкой выборке, в среднем вдвое меньшая, чем в российской, но на порядок большая, чем известная для канадской выборки, в отличие от недостаточной U_v , характерной для шведских испытуемых. Большая U_v , обнаруженная в российской и немецкой выборках, в сравнении с канадской,

может быть связана с рядом различий в организации измерений. Причины же различий, обнаруженных между российской и немецкой выборками, требуют специальных культурологических исследований.

Использование предложенного показателя правильности субъективных шкальных оценок впервые позволило проводить калибровку уверенности наблюдателя в задачах шкалирования (оценивать соответствие между степенью его уверенности в своих оценках и их правильностью). Ранее это было невозможно, так как не было показателей правильности ответов. Результаты обнаружили резко выраженную недостаточную уверенность (ИДУ) при шкалировании длин линий и временных интервалов (Garriga-Trillo, 1994).

Индивидуально-личностные свойства и сенсорное исполнение

Исследования степени уверенности человека в психофизических задачах в соотношении с эффективностью их решения — это одно из направлений изучения поведения реального (а не идеального) наблюдателя, которое активизируется в настоящее время. Другое направление тоже имеет свою историю в психофизике — это анализ роли в сенсорных задачах индивидуально-личностных свойств человека. Оно продолжается в исследованиях индивидуальной вариативности субъективных шкал, которые ведутся с возникновения психофизики-П. Изучается влияние интеллекта на сенсорное шкалирование. У лиц с более высоким уровнем интеллекта и успеваемостью по математике обнаружены большие величины и меньшая вариативность показателя степени в функциях зависимости субъективной длины линий от объективной, т. е. чем выше умственные способности, тем лучше психофизические оценки (Borg, 1990), что соответствует данным для различения длин линий (Забродина, 1988) (см. подразд. 3.1.3). При шкалировании величин более сложных объектов (площадей трехмерных геометрических фигур, которые испытуемые оценивали не с помощью вычисления, а лишь сенсорно) прямые взаимосвязи показателя степени с уровнем интеллекта обнаружены только у мужчин, у всех же испытуемых — более тонкие специфические связи (Borg, 1992).

Влияние силы-слабости нервной системы на субъективное шкалирование, первоначально изучавшееся у взрослых испытуемых [Проблемы дифференциальной психофизики, 1991; Ратанова, 1990] (см. подразд. 3.1.3), теперь исследуется у младших школьников и подростков. Установлено, что дети этих возрастных групп способны численно оценивать свои сенсорные впечатления. Как и у взрослых, у детей с сильной нервной системой обнаружена большая скорость нарастания субъективных величин ощущений при увеличении стимуляции в сравнении со слабыми испытуемыми. Однако объективные психофизиологические показатели (ВР на звуки разной интенсивности) и субъективные оценки их громкости у подростков менее тесно взаимосвязаны, чем у взрослых (возможно, из-за подростковой дезорганизованности психической жизни), а у младших школьников — еще меньше (из-за недостаточной сформированности операций с числами). Обнаружились специфические особенности, свойственные подросткам: нарушение «закона силы» в области высоких интенсивностей и большие различия между «сильными» и «слабыми» по порогу дискомфорта громкости (у «слабых» он ниже). Это — свидетельства высокой чувствительности подростков к сильным раздражителям, связанной, по-видимому, с их общей повышенной диэнцефальной возбудимостью и поэтому выполняющей защитную функцию снижения у них уровня сенсорного возбуждения [Ратанова, 1990].

Исследования роли индивидуальности в процессах шкалирования сближаются с аналогичными — в обнаружении и различении, благодаря представленному выше способу определения правильности субъективных оценок для надпороговых стимулов (позволяющему тем самым измерить их различимость). Обнаружена меньшая чувствительность к временным интервалам у нейротичных лиц в сравнении с эмоционально

устойчивыми (в шкалировании) (Garriga-Trillo et al., 1994) и у лиц с импульсивным когнитивным стилем в сравнении с рефлексивными (в пороговом различении) (Скотникова, 1996). Худшая чувствительность нейротичных и импульсивных представляется следствием использования ими нерациональных (но разного типа) стратегий переработки сенсорной информации. А именно: глобальных, невнимательных, поспешных, слабоаналитичных стратегий, свойственных импульсивным (Messer, 1976; Borkowsky, 1983), и излишне детализированных, избыточных, с многократными проверками стратегий, обнаруженных у нейротичных и тревожных лиц (Журавлев, Августевич, 1984; Бороздина, 1985).

Выявлено существенное влияние мотивационно-волевых диспозиций наблюдателя на сенсорное исполнение. В зрительном обнаружении и подравнении наблюдался личностный характер индивидуального включения испытуемого в задачу и достижения им субъективной оптимальности. У лиц, ориентированных на задачу и действие, — адекватное реагирование на изменение сенсорных (интенсивность сигнала) или несенсорных (последовательность сигналов) характеристик (здесь гибкая эффективная регуляция положения критерия), в результате — оптимальное повышение вероятности правильных ответов. У лиц же, ориентированных на состояние и избегающих риска, активации и неопределенности в целом, напротив, наблюдалось отчуждение от задачи и ригидная стационарность исполнения — при увеличении интенсивности сигнала в ситуации обнаружения; увеличение зоны неразличения (сравнимое с уменьшением строгости критерия), вариативности результатов, количества шагов подравнения и корректирующих, «возвратных» движений при увеличении неопределенности — в задачах подравнения (Голубинов, 1991—1996).

Дифференциальная психофизика сенсорных задач

Новым направлением в отечественной и мировой психофизике стала «Дифференциальная психофизика сенсорных задач», разработанная А.Н. Гусевым (1994—2002) на основе экспериментального развития, теоретического анализа и обобщения цикла его исследований (1983—1994, см. 3.1.3). Применительно к психофизике развивается системно-деятельностный подход в психологии (Асмолов, 1984), позволяющий раскрыть процесс обнаружения/различения порогового сигнала как решение субъектом сенсорной задачи, которая выступает системообразующим фактором сенсорного исполнения. Специфические особенности сенсорной задачи, по сравнению с другими познавательными задачами — это: значительный дефицит поступающей сенсорной информации; случайный характер предъявления стимулов; большая информационная нагрузка на субъекта, обусловленная высоким и чаще всего навязанным темпом предъявления стимулов; его ограниченная двигательная активность. Эти условия вызывают у наблюдателя информационную неопределенность, необходимость усиленной концентрации внимания и сосредоточенности на стимульном потоке, привлечения произвольных усилий, направленных на поддержание устойчивости внимания во времени, т.е. в целом определяют большую нагрузку на субъекта.

В анализе процесса решения сенсорной задачи выделен и изучается аспект, определивший новую научную парадигму, впервые разработанную автором на уровне масштабного систематического исследования — дифференциально-психофизическую. Предпосылки ее имелись в психофизике (см. 3.1.3), и сам этот термин предложен Е.З. Фришман (1991). Гусев фундаментально развил оба основных направления дифференциальной психофизики: изучение роли интер- и интраиндивидуальных особенностей наблюдателя в решении сенсорных задач. Анализ последних (функциональных состояний) выявляет принципиальную, по Ю.М. Забродину, характеристику сенсорного исполнения — его нестационарность, т.е. позволяет раскрыть его динамику. Систематически разработаны ресурсный и активационный подходы как общая методология анализа динамики выполнения сенсорной задачи. Для обнаружения сигнала на фоне шума на материале обеих ведущих

модальностей: зрения и слуха (большая часть данных) — установлено влияние следующих ситуационных и индивидуально-личностных факторов на изменение уровня активации испытуемых: время суток, длительность опыта, сложность обнаружения сигнала, многосуточная депривация сна, экстраверсия-интроверсия. Снижение уровня активации ведет к падению эффективности обнаружения: снижается чувствительность и/или растет ВР и их вариабельность.

Высокая мотивация достижения, эмоциональная стабильность и низкая тревожность способствуют повышению эффективности и стабильности обнаружения. Существенное значение имеют особенности взаимодействия указанных факторов: экстраверты выполняли задачу обнаружения зрительного сигнала успешнее вечером, а интроверты — утром. В условиях депривации сна более высокий уровень произвольного усилия повлиял на выполнение пороговых задач (сложных), но не надпороговых (менее сложных). Более эффективно обнаруживали сигналы испытуемые, у которых сочетались высокие уровни активации и усилия: мотивированные на достижение и/или эмоционально стабильные интроверты. Менее успешными были: мотивированные на избегание неудачи и/или нейротичные или тревожные экстраверты. Таким образом, влияние мотивационно-волевых диспозиций заключается в различной способности испытуемых преодолевать последствия снижения активации и, тем самым, оставаться на оптимальном уровне сенсорного исполнения.

По критериям «эффективность» и «стабильность» выделены шесть типов совместной динамики психофизических показателей, закономерно связанных с выраженностью у испытуемых уровня активации и степенью усилия: Эффективно-стабильному типу динамики соответствовала группа испытуемых, на 90% состоявшая из более активированных (интровертов), из которых 40% были мотивированными на достижение и эмоционально стабильными индивидами; напротив, неэффективно-декрементному — соответствовала группа, на 67% состоящая из наиболее энергетически «слабых» индивидов — нейротичных экстравертов, мотивированных на избегание неудачи.

Таким образом, влияние активации на сенсорные способности испытуемых опосредовано их индивидуально-психологическими особенностями.

Изменение эффективности решения сенсорной задачи отражается в динамике показателей активации вегетативной и центральной нервной систем. У 63% испытуемых увеличение ЧСС и уменьшение дисперсии кардиоинтервалов было связано с повышением чувствительности и снижением ВР. При падении эффективности обнаружения сигнала в условиях депривации сна снижалась амплитуда и росла латентность компонентов N2 и P3 слухового вызванного потенциала, что, по-видимому, отражает редукцию механизма сравнения текущего сигнала с сенсорным эталоном памяти и процесса оценки принятого решения. Синхронный анализ динамики психофизических показателей обнаружения сигнала и изменения показателей ЭЭГ-активации позволил обнаружить феномен константности предельных сенсорных способностей испытуемых в условиях значительного снижения функционального состояния при депривации сна (см. 3.3.1.).

Таким образом разработан подход к исследованию разноуровневых механизмов (активационных, когнитивных и мотивационно-волевых) межсистемной регуляции сенсорно-перцептивного процесса.

Это исследование развивает коренное направление отечественной психофизики, полагающее ведущую роль задачи субъекта в сенсорном исполнении (Асмолов, Михалевская, 1974; Забродин, 1985). Ситуационные переменные (условия задачи) — это объектные факторы ее решения, а индивидуальные свойства наблюдателя — субъектные. Системно-деятельностный подход рассматривает их в единстве, и тем самым, как указывают А.Г. Асмолов и А.Н. Гусев, снимает оппозицию объектного и субъектного подходов в

психофизике. По своему психологическому содержанию (акценте на роли задачи и индивидуальности наблюдателя) системно-деятельностный подход, безусловно, родственен субъектному, и, вероятно, действительно является более интегративным, т.к. включает оба класса факторов. Что же касается генеральной детерминанты сенсорного процесса, его системообразующего фактора, то на сегодня можно рассматривать обе версии: в рамках рассматриваемого подхода — о сенсорной задаче как единстве объектных и субъектных факторов (Гусев, 2002), и в рамках субъектного подхода — о субъекте, от которого зависит, принять и выполнить задачу, либо нет (Бардин, Скотникова, Фришман, 1988-2002).

Исследования внимания наблюдателя

Ведутся исследования роли внимания как существенного фактора работы реального наблюдателя в психофизическом исполнении. Путем компьютерной стимуляции (моделирования эксперимента) развивается модель, согласно которой невнимание характеризуется постоянной вероятностью в каждой пробе стохастически независимо от сенсорного процесса и ответов наблюдателя. В результате часть ответов оказывается не связанной со стимулами (10—20%, по экспериментальным данным разных авторов). Феномен описан ранее как «провалы» обнаружимости (Пахомов, 1979; Гусев, 1987) (см. подразд. 3.1.3) и изучается систематически в исследовании поведения необученного наблюдателя (Лови, Дубровский, 1995, 1996) (см. ниже). Отражением повышения вариативности ответов и показателей порога вследствие невнимания были более пологие психометрические кривые. Оказалось, что для невнимательного наблюдателя процедура «да—нет» дает более надежные оценки порога, чем «вынужденный выбор» (Green, 1995).

Изучается произвольное распределение внимания для улучшения исполнения (Kinchla, 1992). Анализируется также внимание нетренированного наблюдателя в сравнении с тренированным. Предложена модель локализации внимания в развитие гипотезы о нейрональном селективном внимании (Luce, Green, 1978). Согласно модели (Arnold, Norman et al., 1992), оптимальное обнаружение — результат оптимального распределения внимания между величинами сигнала. Помимо равномерно распределенного минимального внимания ко всем величинам сигнала (в эксперименте — частотам звука) есть дополнительное внимание к определенной его величине, зависящее от диспозиции (установки) наблюдателя. Это «диспозиционное внимание» представлено как семейство нормальных кривых зависимости чувствительности от величины сигнала. Чувствительность рассматривается как пропорциональная «высоте» кривой, внимание — площади под ней. Таким образом, направленность внимания на определенную величину сигнала повышает чувствительность к этой величине. Принципиальное отличие тренированного наблюдателя от нетренированного — в различной локализации их «диспозиционного внимания». У тренированного оно фокусируется на уже известной ему величине сигнала (более вероятной частоте звука), т. е. каналы внимания у него узкие — в отличие от нетренированного, у которого не сформировалась такая селективность. Теоретически важное следствие модели: поскольку усвоенная наблюдателем несенсорная информация (о вероятностях сигналов) настраивает его внимание, а оно повышает чувствительность, значит, нет резкого разграничения между сенсорным и «решенческим» компонентами обнаружения, постулированного в SDT. Все же представление о внимании и научении наблюдателя как функциях усвоения им несенсорной информации (субъект полностью информирован о вероятностях сигналов) приближает эту модель к концепциям принятия решения с внешним научением.

Психофизические исследования целостных образов

Психофизика обобщенного образа.

Разработан подход [Худяков, Зароченцев, 2000], направленный на преодоление

исторически сложившегося разрыва между психофизикой и общей психологией с целью приближения к решению психофизической проблемы. Для этого предлагается познавательная модель, объединяющая методологический, методический и экспериментальный арсеналы психофизики, исследующей непосредственное взаимодействие психики и реального мира, с теоретическим багажом (моделями и теориями) общей психологии. Это указывает пути к представлению всей психики в целом, от т. н. элементарных уровней до «высшего уровня индивидуальности».

В качестве такой модели выдвигается обобщенный образ как базовая структура целостной системы психики, которая осуществляет всю «внутреннюю» работу по организации и проведению активного непрерывного взаимодействия с объективным внешним миром (физическим, и социальным) и отражает его динамику. Концепция обобщенного образа во многом перекликается с концепциями психологии субъективной семантики Е.Ю. Артемьевой (1980), психологии образа С.Д. Смирнова (1985) и психологии В.М. Алахвердова (2000). Непосредственность взаимодействия обобщенного образа со средой не означает подчиненность его среде, а дает возможность психологу-экспериментатору по изменениям в среде, в результате активного взаимодействия, реконструировать структуру обобщенного образа, используя для этого богатые возможности психофизики. Не данное конкретное состояние среды определяет структуру обобщенного образа, а обобщенный образ изменяет среду, и при этом изменяется сам.

Первичные образы — сенсорный и перцептивный — представляют собой упрощенные случаи актуализации обобщенного образа в конкретных условиях психологического эксперимента. Оперативный образ, по Д.А. Ошанину (1973—1999) и концептуальная модель, по А.А. Крылову (1972), — это частные случаи обобщенного образа в решении прикладных задач инженерной психологии.

Обобщенный образ не вытесняет сознание, сознание включено в его структуру и может быть проявлением его актуального содержания. Предлагаемая концепция вполне согласуется с использованием сознания и других интеграторов психических процессов в различных познавательных моделях.

Активность, целостность, динамичность — основные свойства (характеристики) обобщенного образа (и, следовательно, психики). Эти свойства не могут быть независимы ни в каком смысле, даже в статистическом, но вытекают одно из другого. Целостность психического образования не может быть неактивна, а активность, в свою очередь, проявляется в динамике. Под целостностью обобщенного образа (и соответственно, системы психики) понимается прежде всего равноправие элементов системы, отношения между которыми построены по координационному принципу. В зависимости от конкретной деятельности, особенно в психологической лаборатории, эти элементы могут образовывать динамические иерархические цепочки, которые распадаются при изменении деятельности. В этом случае образуются новые цепочки, иерархическая структура которых может быть совершенно иной. Этот процесс аналогичен образованию психологических систем, понятие о которых было введено Л.С. Выготским.

Обобщенный образ, будучи активной субъективной моделью движения объективного мира, принципиально не может быть полным, тем более тождественным, отражением своего объекта. Модель всегда имеет довольно сильное расхождение с объектом, что представляется одним из источников развития. Расхождение объекта и модели не просто следствие опосредованности построения модели, но и принципиальное условие существования субъекта деятельности. Разумеется, расхождение подразумевается в разумных пределах, допустимый диапазон которых еще не был исследован.

В психофизике традиционно считается, что отличие ТСП (точки субъективного равенства) от значения эталона представляет ошибку работы сенсорной системы. Однако психический

образ принципиально не может быть тождественен объекту, быть его точной копией. Поэтому, ТСР это — «точное (для субъекта!) психическое представление стимула», а не ошибка эксперимента.

Концепция «обобщенного образа» не просто декларирует целостность психики. Главное состоит в отказе от жесткой иерархии структуры психики, в представлении ее приближенной модели в виде динамической психологической системы, которая непрерывно меняется в соответствии с изменением контекста, что реализует теоретико-методологическое положение С.Л. Рубинштейна (1959—1989) о процессуальной природе психического и согласуется с концепцией Ю.М. Забродина (1977—1985) о принципиально динамичном сенсорно-перцептивном пространстве. Предлагаемый пересмотр понимания предмета психофизики в действительности не отменяет ее традиционного предмета (количественный анализ чувственного отражения отдельных свойств объектов в зависимости от их физических величин), но выделяет новое направление психофизических исследований. По смыслу оно близко к перцептивной психофизике (количественный анализ целостных перцептивных образов), однако не сводится к ней, а обогащает ее включением в анализ субъектных характеристик образа. Это сближает данный подход с субъектно-ориентированной парадигмой в психофизике; различие же в том, что в первом случае акцент ставится на изучении обобщенных и активно-динамических характеристик целостного чувственного образа, а во втором — субъектных детерминант решения человеком сенсорных задач.

Экологическое направление в психофизике

В последнее время экологический подход становится все более распространенным в разных областях психологии. Это диктуется задачами практики. В силу необходимости использовать психологические знания в жизни реального человека, рафинированные лабораторные психологические эксперименты (и особенно психофизические, рассчитанные на «идеального наблюдателя») оказываются недостаточными и требуются исследования в условиях, максимально приближенных к реальной жизни. Для психофизики это прежде всего — изучение поведения реального наблюдателя, и в этом экологический подход сближается с субъектно-ориентированным.

Одна из ведущих линий экологических исследований — изучение психофизических закономерностей восприятия не физически простых сигналов, а сложных объектов повседневной жизни. Так методами многомерного шкалирования различий и сходства фотографий географических ландшафтов в комплексе с методами семантического дифференциала, оценки информативности изображений, оценки предполагаемого поведения — получены шкалы сенсорно-перцептивные, когнитивные, аффективные, которые можно переводить друг в друга. При этом когнитивные установки (вызванные инструкциями) не влияли на число параметров (мерность) изображений, выделенных испытуемыми, но влияли на их «удельный вес». Показано, что среда воспринимается в связи с поведением в ней человека, его готовностью и намерениями (Ward, 1978—1996).

Существенное место в экологической психологии (психологии окружающей среды) занимают исследования взаимодействия акустической среды и человека (Носуленко, 1988—1992; Епифанов, 1991). В акустической среде проявляются многие экологические проблемы. Тенденции изменения акустической среды, связанные с ее загрязнением различными шумами, внедрением новых звуковых технологий отражаются на психических состояниях человека и прежде всего — на особенностях слухового восприятия. Под экологизацией психоакустических исследований понимается приближение их к реальной жизни человека. Это проявляется в следующем.

1. В использовании физически сложных предметных стимулов в экспериментальных задачах — стимулов, приближенных к естественным звукам (музыкальные аккорды, удары

колокола и т. п.), в отличие от простых тональных посылок, используемых в традиционной психофизике. Таким образом, в основе анализа слухового восприятия лежит понятие предметности слухового образа, которое ранее не выделялось в качестве главного объяснительного понятия. В данном случае слуховое восприятие — это процесс формирования у человека образа звуков акустической среды, обладающего свойствами предметности и целостности (Носуленко, 1991).

2. В исследовании межкультурных, профессиональных, социальных и т. п. различий, возникающих в результате экологических изменений.

3. В экологизации методологии исследования взаимодействия человека и акустической среды: в качестве конструктивного экологического направления в изучении слухового восприятия использован трансформированный подход, развитый Дж. Гибсоном для зрительного восприятия [Гибсон, 1990].

Кроме того, понятие взаимодействия человека с акустической средой характеризует активность отражения субъектом внешней среды. Использование этого понятия подчеркивает роль человека в формировании ее характеристик — как негативных, так и позитивных.

В последнее время экологическое направление в психофизике развивается в Институте психологии РАН в исследовании психологического содержания процесса восприятия времени человеком. Экспериментально изучается роль в этом процессе экологической значимости для человека воспринимаемых им временных интервалов. Выясняется, какие из них он воспринимает и оценивает успешнее и легче — естественные, которые встречается в своей повседневной жизни (т.е. реальные процессы) или обычно изучаемые в психологических лабораториях искусственные временные интервалы, задаваемые простыми стимульными сигналами. Есть основания для предположений в пользу и тех, и других интервалов. Относительно сравнительной степени успешности различения элементарных лабораторных стимулов и сложных природных объектов, экологически валидных для индивида, известны данные, полученные на рыбах. Они не подтверждают исходное, казалось бы, логичное предположение о том, что индивид должен лучше воспринимать естественные для его жизни объекты (в нашем случае временные интервалы — звучания и зрительные сцены, близкие к реальным), чем искусственные, заданные простыми лабораторными сигналами. А именно: рыбы лучше различают отдельные простые аминокислоты, чем обычные для себя пищевые вещества, в которых эти аминокислоты объединены в сложные комплексы (Selivanova et al., 1989; Valentinicio Kocse, 2000). Эти факты могут означать, что для сенсорной системы может быть проще различать элементарные стимулы, чем сложные многомерные объекты.

В исследованиях восприятия времени, как и в других областях психологической науки, встает проблема экологической валидности результатов, полученных в лабораторных условиях. Экологический подход в психологии и, в частности, в психологии восприятия, в настоящее время весьма интенсивно развивается во всем мире, однако в области восприятия времени он развит крайне фрагментарно и несистематично — лишь в прикладных исследованиях с использованием несложных методик — не экспериментальных а диагностических — в ходе выполнения человеком различных виде и деятельности. Это изучение временных параметров локомоций (Lee, 1980; Cavallo & Laurent, 1988; Bootsma & Wieringen, 1990; Tresilian, 1995); речи (Fortin & Breton, 1995); восприятия мелодий (Dowling et al., 1987); взаимодействия пользователя с компьютером (Schaefer, 1990) и т. п. В отличие от этого практически нет фундаментальных разработок экологического подхода к исследованию восприятия времени. В Институте психологии РАН, начиная с 1999 г. ведется именно такая разработка. Этот подход конкретизируется в оригинальной процессуальной концепции времени, предложенной В. А. Садовым (1993) — понимании временных интервалов как реальных процессов. В качестве ключевых психологических механизмов субъективного

отражения времени предполагаются: качественное содержание воспринимаемой человеком сенсорно-перцептивной информации и восприятие им временного интервала как целостного процесса, а не только как ряда последовательных дискретных событий. Соответственно восприятие времени в задачах, приближенных к реальным, рассматривается скорее как холистический феномен, нежели чем аддитивный.

Для этого исследования разработан уникальный технический комплекс, включающий мультимедийные средства и позволяющий строго дозированно предъявлять наблюдателю в прецизионных психофизических экспериментах не только простые временные интервалы, задаваемые элементарными стимулами (что типично для лабораторных исследований восприятия времени), но также сложные предметные интервалы — близкие к реальным звучания и зрительные сцены. В мировой науке нет аналогов этому исследованию в силу чрезвычайной технической трудности и дороговизны создания такого комплекса и проведения трудоемких и длительных психофизических экспериментов. Испытуемым предъявляются 18 различных естественных звуковых процессов (бой часов, лай собак, пение птиц и т.п.), которые строго дозированно искажаются — изменяются по степени естественности, для субъективной оценки которой разработана специальная диагностическая процедура. Изучается: для какой степени естественности звуков точнее воспринимается их длительность. Получены вербальные описания прослушанных 18-ти звуковых фрагментов, на основе которых выделены 83 антонимические пары прилагательных, и ведется дальнейшее исследование методом семантического дифференциала. Установлено, что индивидуальная вариативность воспроизведения меньше для естественных интервалов, чем для искаженных (Садов, Елифанов, Шпагонова, 2000, 2002). Эти результаты перекликаются с данными о том, что при длительном предъявлении непрерывных звуков происходит адаптация к ним (человек почти перестает их слышать), если это звуки неречевого диапазона частот, тогда как к звукам речевого диапазона адаптации нет. Последние экологически валидны для человека и потому практически значимо их устойчивое восприятие (Weiler et al., 2001). Аналогичные эксперименты проводятся для зрительных сцен (падения камня, плеска воды и т.п.), и в целом исследование в настоящее время находится в процессе. Такое изучение целостных и предметных образов психофизическими методами в условиях, приближенных к реальным, т.е. анализ сенсорной деятельности реального, а не идеального наблюдателя, сближает экологический и субъектный подходы в психофизике.

Изучение поведения необученного наблюдателя

Систематическое изучение поведения обычного (а не специально тренированного) человека в психофизических задачах (встречающиеся, например, в ситуациях массовых обследований) ведется отечественными авторами. Прикладные сенсорные измерения обычно проводятся в целях экспресс-оценки сенсорной чувствительности. Здесь оказались непригодными методы теории обнаружения сигнала, в которых наблюдателям предъявляются стимулы одной и той же величины и по уровню их обнаружимости (различимости) сравниваются сенсорные способности испытуемых. Ясно, что для большого числа людей трудно подобрать единую величину сигнала, так как их сенсорная чувствительность может сильно различаться. Поэтому методы теории обнаружения используются обычно в лабораторных экспериментах с малым числом высокотренированных наблюдателей (либо в прикладных работах с такими контингентами). В практике же массовых измерений и дифференциально-психологических исследованиях (тоже имеющих дело с большими выборками) используются пороговые методы, где величины стимуляции подбираются индивидуально. Вот почему пороговые методы не только сохранили свое значение, но и обнаружили преимущества перед современными в указанных задачах.

Современные пороговые методы разрабатывались путем компьютерного моделирования

стратегий «идеального наблюдателя» в измерениях и оценивались по результатам работы тщательно тренированных испытуемых, обычно осведомленных об этой, требуемой от них, стратегии (Levitt, 1971; Liberman, Pentland, 1982; и др.). Вместе с тем пороговые методы распространились за пределы традиционной лабораторной психофизики: в области опто- и аудиометрии, психоакустики, инженерной психологии, педагогики, медицины и т.д. (Zaus, 1987). В связи с этим обостряется проблема надежности классических методов в применении к так называемым «наивным» наблюдателям — лицам, не имеющим опыта участия в психофизических измерениях и не прошедшим специального тренинга. Тем не менее систематического эмпирического изучения проблемы не проводилось.

Именно такое экспериментальное исследование выполняется в настоящее время для классического метода констант с процедурами «да-нет» и «вынужденный выбор». Обнаружено, что почти в половине случаев стратегия «наивного» наблюдателя значительно отличалась от стратегии «идеального». А именно: ответ наблюдателя в данной пробе чаще всего зависел от предыдущего; его чувствительность и стратегии менялись в разных сериях, критерий изменялся примерно в четверти экспериментов для обеих процедур — что не позволяло объединять их результаты в общий массив при обработке данных; зачастую использовались стратегии случайного угадывания и домысливания, часты были случайные ошибки из-за отвлечений внимания и утомления испытуемых. Стратегии наивного наблюдателя чаще отклонялись от идеальной в процедуре «вынужденный выбор», чем в «да-нет». (Это соответствует данным (Греп, 1995), но противоречит базовым результатам SDT (Греп, Swets, 1974). Таким образом, традиционные пороговые методы, соответствующие стратегии идеального наблюдателя, нельзя считать надежными для задач обследования неопытных испытуемых. В этих случаях требуется включение в экспериментальную процедуру дополнительных блоков контроля надежности результатов. Начата разработка пороговых методов, учитывающих поведение «наивного» наблюдателя и устойчивых к его ошибкам, т.е. экологически валидных для реального человека (Лови, Дубровский, 1995—1996).

Следует отметить, что представленные в этом разделе отечественные исследования роли индивидуально-личностных, мотивационно-волевых особенностей наблюдателя, его функциональных состояний, степени уверенности и тренированности — это продолжение работ, развивающих субъектно-ориентированный подход в психофизике и рассмотренных в подразд. 3.1.3.

Современное состояние проблемы сенсорных континуумов

На современном этапе развития науки отчасти изменились представления С. Стивенса о двух классах сенсорных стимулов и соответственно сенсорных признаков объекта — протетических («качественных») и метатетических («количественных»). Стивенс гипотетически связывал первые с аддитивным нарастанием (или снижением) возбуждения в сенсорной системе при изменении величины стимуляции (это энергетические, временные и большинство пространственных признаков — всего более двадцати), а вторые — с замещением возбужденных нервных элементов (это высота звука, наклон линии, видимое положение объекта, пропорция, цвет). Последующее развитие нейрофизиологии подтвердило преимущественно аддитивное кодирование интенсивностей, но обнаружило замещающий механизм кодирования (позиционный, кодирование номером канала) пространственных и некоторых временных признаков объекта, тоже отнесенных Стивенсом к протетическому классу. (Существуют также концепции о комбинациях обоих принципов кодирования (Соколов, 1981; Шевелев, 1984).)

На возможную неоднородность протетического класса признаков указывают также исследования применимости дихотомии Стивенса, предложенной на материале различия субъективных шкал ощущений, к пороговым задачам (Михалевская, Скотникова, 1980—

1992). Психометрические кривые для различения метатетических стимулов (наклонов линий) оказались равновариативными на протяжении всей пороговой зоны, а для протетических (яркостей) — круче у ее границ, что подтверждается данными ряда авторов для других видов тех же или иных стимулов (цветовых тонов и громкостей). Предположительно это объяснено замещающим механизмом изменения ощущений в первом случае (поэтому все они равновелики в пороговой зоне) и градуальным (аддитивным) — во втором (поэтому на краях ее ощущения различия более четкие). Вместе с тем психометрические кривые для различения длин линий оказались такими же равновариативными на протяжении пороговой зоны, как и в случае наклонов. Таким образом, либо дихотомия Стивенса не вполне распространяется на пороговые процессы, либо протетический (по Стивенсу) класс стимулов неоднороден. «Поведение» психометрических кривых длин линий, сходное со случаем наклонов и объясняемое замещающим принципом изменения ощущения, согласуется с большинством нейрофизиологических данных о таком (позиционном) кодировании пространственных признаков. «Протетическое поведение» длины в процессах шкалирования и метатетическое — в пороговых может означать ее промежуточный, «гибридный» характер (который Стивенс допускал для высоты звука) или в другом варианте — невысокую степень ее протетичности (в терминологии Экмана). В целом же психологические и психофизиологические исследования того, как представлены различные свойства объекта в субъективном опыте человека, заметно отстают от исследований нейрофизиологических механизмов сенсорных признаков.

3.1.5. Практическое значение психофизики

Области практического применения психофизических исследований — это 1) прежде всего измерения сенсорной чувствительности в медицине (для диагностики и лечения сенсорных дефектов) при оценке профессионально важных качеств (дегустаторов, парфюмеров, психоакустиков, специалистов по окраске тканей и т.п.), 2) оценка качества визуальной и аудиоинформации при разработке технических систем, связанных с ее восприятием (в фотографии, радио и телевидении, телефонной связи); 3) анализ рентгенограмм (где велика зашумленность изображений). Обширная область — это прикладные инженерно-психологические работы, разработка информационных панелей и изучение деятельности операторов технических систем. Ведь она часто связана с обнаружением слабых сигналов на фоне помех, с различением близких по величине сигналов (здесь используются методы теории обнаружения сигнала), с отслеживанием изменяющегося сигнала (применяются процедуры подравнивания). Одно из крупных направлений таких исследований — изучение бдительности операторов при их монотонной работе по приему редких сигналов (что снижает уровень психофизиологической активированности и ведет к пропускам сигналов). Разработанные в психофизике процедуры субъективного шкалирования активно используются в психометрике — для построения шкал субъективных оценок, что распространено в социологии, квалиметрии, экспериментальной эстетике.

Рекомендуемая литература

- Аткинсон Р.* Человеческая память и процесс обучения М.: Прогресс, 1980.
- Бардин К.В.* Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. М.: Наука, 1976.
- Бардин К.В., Индлин Ю.А.* Начала субъектной психофизики. М.: ИП РАН, 1993.
- Величковский Б.М., Зинченко В.П., Лурия А.Р.* Психология восприятия. М.: МГУ, 1973.
- Гибсон Дж.* Экологический подход к зрительному восприятию. М.: Прогресс, 1990.
- Гусев А.Н., Измайлов Ч.А., Михалевская М.Б.* Общепсихологический практикум. Измерения в психологии. М.: Смысл, 1997.
- Гусев А.Н.* Дисперсионный анализ в экспериментальной психологии. М.: УМК «Психология»,

- 2000.
- Забродин Ю.М., Лебедев А.Н.* Психофизиология и психофизика. М.: Наука, 1977.
- Забродин Ю.М., Фришман Е.З., Шляхтин Г.С.* Особенности решения человеком сенсорных задач. М.: Наука, 1981.
- Забродин Ю.М.* Некоторые методологические и теоретические проблемы развития психофизики // Психофизика дискретных и непрерывных задач. М.: Наука, 1985. С. 3—27.
- Иган Дж.* Теория обнаружения сигнала и анализ рабочих характеристик. М.: Наука, 1983.
- Исследования памяти. М.: Наука, 1990.
- Корж Н.Н.* Проблемы памяти // Тенденции развития психологической науки. М.: ИП АН СССР, 1989. С. 34—46.
- Кочетков В.В., Скотникова И.Г.* Индивидуально-психологические проблемы принятия решения. М.: Наука, 1993.
- Леонов Ю.П.* Теория статистических решений и психофизика. М.: Наука, 1977.
- Логвиненко А.Д.* Фурье-анализ зрительного восприятия. М.: МГУ, 1982.
- Логвиненко А.Д.* Психология восприятия. М.: МГУ, 1987.
- Ломов Б.Ф.* Предисловие // Проблемы психофизики / Под ред. Б.Ф. Ломова. М.: Наука, 1974.
- Ломов Б.Ф.* Методологические и теоретические проблемы психологии. 2-е изд. М.: Наука, 1999.
- Лупандин В.И.* Психофизическое шкалирование. Свердловск: УГУ, 1989.
- Лурия А.Р.* Ощущения и восприятие. М.: МГУ, 1975.
- Познавательные процессы ощущения, восприятие / Под ред. А.В. Запорожца, В.П. Зинченко, Б.Ф. Ломова. М.: Педагогика, 1982.
- Проблемы дифференциальной психофизики / Под ред. К.В. Бардина И.Г. Скотниковой. М.: ИП АН СССР, 1991.
- Проблемы и методы психофизики / Под ред. А.Г. Асмолова, М.Б. Михалевской. М.: МГУ, 1974.
- Пьерон А.* Психофизика // Экспериментальная психология / Под ред. П. Фресса, Ж. Пиаже. М.: Прогресс, 1966. С. 214—313.
- Ратанова Т.А.* Субъективное шкалирование и объективные физиологические реакции человека. М.: Педагогика, 1990.
- Светс Дж., Таннер В., Бердсолл Т.* Статистическая теория решений и восприятие // Инженерная психология / Под ред. Д.Ю. Панова, В.П. Зинченко. М.: Прогресс, 1964. С. 269—335.
- Скотникова И.Г.* Проблема уверенности — история и современное состояние // Психологический журнал. 2002. Т. 23. №1. С. 52—60.
- Скотникова И.Г.* Развитие субъектно-ориентированного подхода в психофизике // Психология индивидуального и группового субъекта / Ред. А.В. Брушлинский. М.: ПЕР СЭ, 2002. С. 220—269.
- Скотникова И.Г.* Развитие психофизики в Институте психологии РАН // Современная психология: состояние и перспективы исследований / Ред. А.Л. Журавлев. М.: Изд-во Института психологии РАН, 2002. Ч. 2. С. 19—99.
- Соколов Е.Н., Измайлов Ч.А.* Сферическая модель цветового зрения. М.: МГУ, 1986.
- Стивенс С.* Математика, измерение и психофизика // Экспериментальная психология / Под ред. С. Стивенса. М.: Изд-во иностр. лит., 1960. Т. I. С. 19—99.
- Хрестоматия по ощущению и восприятию / Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, М.Б. Михалевской. М.: МГУ, 1975.
- Худяков А.И., Зароченцев К.Д.* Обобщенный образ как предмет психофизики. СПб.: Изд-во С.-ПГУ, 2000.
- Энциклопедический психологический словарь. М.: Изд-во Института психологии РАН, 2003.

Coren S., Ward L., Enns Y. Sensation and perception. 4th ed. Orlando, Florida: Harcourt Brace College Publ, 1994.