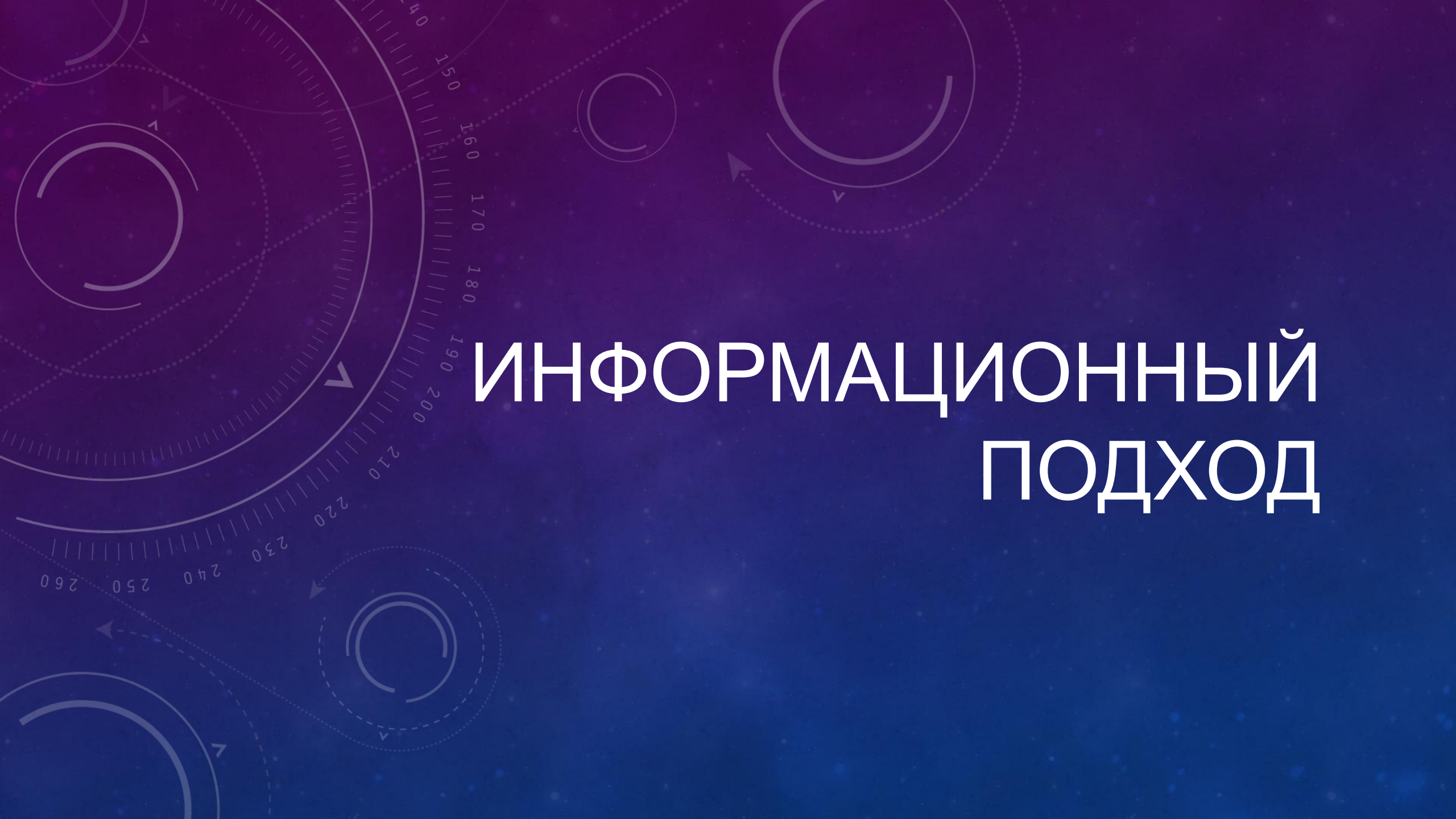


The background is a dark blue gradient with a subtle pattern of white dots. Overlaid on this are several faint, light blue geometric elements: concentric circles, arcs, and dashed lines. Some of these elements include degree markings, such as 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, and 260, arranged in a circular fashion. There are also small arrows indicating direction.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД

1.1 КИБЕРНЕТИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ СВЯЗИ

Количество информации H , передаваемое сообщением о реализации одного из N равновероятных событий, определяется по формуле:

Количество информации измеряется, таким образом, в двоичных логарифмических единицах, или битах. Передача количества информации, равного одному биту, позволяет уменьшить неопределенность ситуации вдвое, двух битов — вчетверо и т.д. Множество всех возможных событий, естественно, заранее должно быть известно на принимающей стороне. Приведенная выше формула описывает максимально возможное количество информации, достигаемое в случае, когда система событий совершенно случайна. Если система событий структурирована, так что разные события возникают с различной вероятностью/>, то среднее количество информации для множества из N событий определяется несколько более сложной формулой:

Количество информации измеряется, таким образом, в двоичных логарифмических единицах, или битах. Передача количества информации, равного одному биту, позволяет уменьшить неопределенность ситуации вдвое, двух битов — вчетверо и т.д. Множество всех возможных событий, естественно, заранее должно быть известно на принимающей стороне. Приведенная выше формула описывает максимально возможное количество информации, достигаемое в совершенно случайной ситуации. Если система событий структурирована, так что разные события возникают с различной вероятностью, то количество информации для множества из N событий определяется несколько более сложной формулой:

$$H = \log_2 N.$$

Именно эта информация я при продолжительном предъявлении сигналов определяет нагрузку на канал связи. Разница между максимально возможным и фактическим количеством информации определяет далее так называемую избыточность системы событий. Избыточность является ничем иным, как мерой организации такой системы, степени ее отличия от совершенно случайного, хаотичного состояния. Важным источником избыточности в канале связи являются, наряду с абсолютной вероятностью возникновения событий, условные вероятности следования события друг за другом. Так, поскольку появление, а главное, следование отдельных фонем друг за другом в звуках человеческой речи далеко не равновероятны, общая избыточность системы фонем (или же букв при письме и чтении) естественных языков оказывается довольно большой, примерно равной 70%.

С понижением точки зрения можно говорить далее о различной степени оптимальности процессов кодирования информации. Оптимальным является такое кодирование, при котором в виде последовательностей двоичных символов «0» и «1», при котором более вероятные события будут представлены, соответственно, меньшим количеством битов. Интересно, что соответствующая эмпирическая зависимость — чем частотнее слово в языке, тем оно короче — обнаружена в естественном языке, где она называется «вторым законом ципфа». При оптимальном кодировании канал связи, имеющий пропускную способность C бит/с, будет передавать C/H двоичных символов в секунду. Если кодирование не оптимально, то фактическая скорость передачи информации уменьшится. Она в принципе никогда не может превзойти пропускную способность канала C , а тем более стать бесконечной (Яглом, Яглом, 1973).

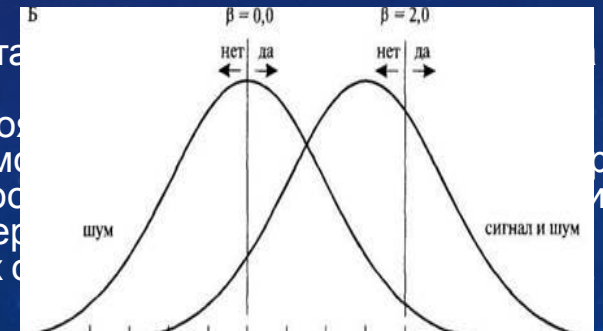
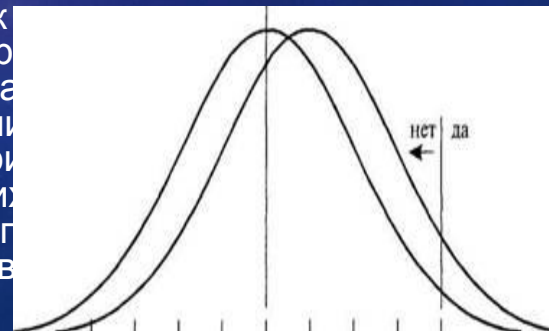
$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i .$$

Первой претеоретической метафорой будущей когнитивной психологии стало, таким образом, понимание человека как канала связи с ограниченной пропускной способностью. Это понимание буквально совпадало с тем специфическим аспектом рассмотрения возможностей человека, который был характерен для предшествующих ему в годы Второй мировой войны психофизиологических исследований. Поскольку систематические исторические работы

1.2 ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ И ЕЕ ЭВОЛЮЦИЯ

В Силу их значительного и продолжающегося влияния на когнитивный подход, нам следует хотя бы кратко остановиться здесь на особенностях и эволюции исследований «человеческого фактора» (*human factor engineering*), получивших в западной европе и СССР название *инженерной психологии*. Появление этой области исследований было вызвано целым рядом случаев отказа человеко-машинных систем, произошедших по вине человека. Один из наиболее драматических, хотя и малоизвестных эпизодов случился в декабре 1941 года на американской военно-морской базе перл-харбор, когда инженеры, обслуживавшие один из первых образцов только что поступивших на вооружение радиолокаторов, отчетливо увидели на экране отраженные от приближающихся японских самолетов сигналы, но просто *не поверили*, что такое количество сигналов возможно, и решили отправить аппаратуру на ремонт вместо того, чтобы сообщить в штаб флота о возможном нападении. Потребовалось целое десятилетие, чтобы научиться аккуратно описывать подобные ситуации. Для этого инженерными психологами наряду с теорией информации стала использоваться заимствованная из радиотехники и психофизики *теория обнаружения сигнала* (wald, 1950). Благодаря ряду допущений, эта теория позволила описать работу оператора в задачах на обнаружение с помощью всего лишь двух параметров: *чувствительности* (d') и *критерия* (β). если первый параметр описывает *сенсорные* возможности различения сигнала на фоне шума, то второй, как мы сказали бы сегодня, связан именно с *когнитивными* переменными: представлением о вероятности появления сигнала, а также оценкой относительной «цены» последствий двух возможных и неизбежных в ситуации обнаружения ошибок — *пропуска сигнала* и *ложных тревог*. На основании этих когнитивных переменных формируется готовность оператора при прочих равных условиях подтверждать наличие сигнала (низкий, или либеральный критерий) либо воздерживаться от такого подтверждения (высокий, или консервативный критерий). С формальной точки зрения, именно завышенное положение критерия помешало операторам в перл-харборе подтвердить приближение воздушных целей.

На рис. показаны два идеализированных примера ситуации обнаружения сигнала для простейшего случая, при котором появление сигнала не меняет разброса значений распределения шума, а просто сдвигает это распределение вправо по оси величин регистрируемой в сенсорных каналах активности. Распределение шума (аналог спонтанной сенсорной активности) предполагается нормальным и стандартным, так что его среднее равно нулю, а стандартное отклонение — единице. Верхний график описывает ситуацию обнаружения слабого сигнала, сдвигающего распределение на единицу. Нижний график иллюстрирует обнаружение более сильного сигнала, сдвигающего распределение на 1,5 единицы. На обоих графиках есть значение параметра чувствительности, обычно обозначаемого как d' (произносится «дэ штрих»). Оператор, принимающий более низкий из этих критериев, будет сообщать о наличии сигнала, если величина сенсорной активности превышает среднее для распределения шума, а более высокий — если превышает среднее для распределения сигнала.



0,5

0,5

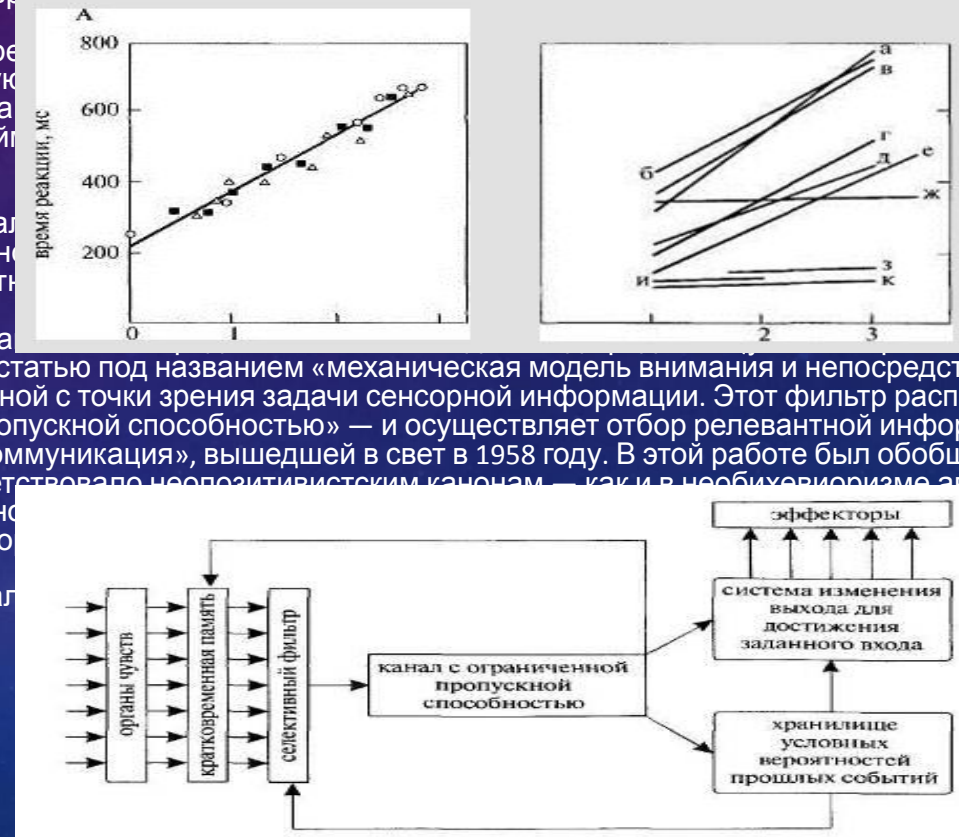
1.3 ПОИСКИ ОГРАНИЧЕНИИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Вернемся к ситуации, в которой оказались исследования познавательных процессов в 1950-е годы. Основные экспериментальные работы этого периода имели прикладной характер и были направлены на возможно более точное описание ограничений информационной пропускной способности человека. К числу основных феноменов, иллюстрирующих такие ограничения, обычно относят следующие:

1. Время реакции выбора — замедление времени реакции с увеличением числа альтернатив.
 2. Избирательность (селективность) внимания — невозможность одновременно и в равной степени следить за содержанием двух раз личных сообщений.
 3. Колебание внимания — невозможность в течение сколько-нибудь продолжительного времени в одинаковой избирательности (selectivity) следить, скажем, за экраном радиолокатора.
 4. Объем непосредственной памяти — невозможность запомнить после однократного представления 10 и более элементов.
 5. Психологический рефрактерный период — задержка реакции на втором из двух последовательных стимулов.
- Еще в 1885 году один из учеников вундта меркель установил, что время реакции выбора пропорционально логарифму числа стимулов. Этот же результат был получен почти 70 лет спустя американцами хиком и хэймсом. Формула Хика:
- $$BP = a + b \cdot \log_2 n$$
- где a — параметр, задаваемый временем передачи информации на входе и выходе канала непосредственной памяти, определяемое по формулам, приведенным в начале этой главы. Это соотношение описывает зависимость времени реакции от количества стимулов. b — параметр, задаваемый временем передачи информации на входе и выходе канала непосредственной памяти, определяемое по формулам, приведенным в начале этой главы. Это соотношение описывает зависимость времени реакции от количества стимулов. n — количество стимулов. $\log_2 n$ — логарифм числа стимулов. BP — время реакции в мс.
- В рамках инженерно-психологических исследований ограничений избирательного внимания в 1954 году статью под названием «механическая модель внимания и непосредственной памяти человека», где впервые описал внимание как фильтр, осуществляющий отбор релевантной с точки зрения задачи сенсорной информации. Этот фильтр расположен на входе в непосредственную память — «центральный информационный канал с ограниченной пропускной способностью» — и осуществляет отбор релевантной информации по принципу «все или ничего». Близкие идеи легли в основу монографии бродбента «восприятие и коммуникация», вышедшей в свет в 1958 году. В этой работе был обобщен гигантский объем данных, полученный в рамках информационного подхода. Это развитие целиком соответствовало неопозитивистским канонам, — как и в необиблиотечном автором проводился формальный анализ наблюдаемых переменных, а человек трактовался как относительно простой механизм. В конце 1950 — начале 1960-х годов. Однако это было время, когда информация появилась в конце 1950 — начале 1960-х годов. Однако это было время, когда информация появилась в конце 1950 — начале 1960-х годов.

Закон хика — зависимость времени реакции выбора от информативности сигнала

а. Первоначальные данные; Б. Данные, собранные за последующие 10 лет.



The background is a gradient from dark purple at the top to deep blue at the bottom, speckled with white dots resembling stars. Overlaid on this are several faint, light-colored circular and semi-circular patterns. Some of these patterns include tick marks and numbers, suggesting a scale or a clock face. For example, one large arc on the left has numbers from 140 to 260. Other smaller arcs and dashed lines with arrows are scattered across the composition, creating a sense of motion and complexity.

КОМПЬЮТЕРНАЯ МЕТАФОРА

2.1 МЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И АНАЛОГИЯ С КОМПЬЮТЕРОМ

Новый подход к анализу психических процессов, возникший в начале 1960-х годов, имел длительную предысторию. В 1894 году ученик гельм-гольца генрих герц писал: «отношение динамической модели к системе, моделью которой она считается, это в точности отношение образов вещей, которые создает наш разум, к самим вещам... Согласованность между разумом и природой может быть, таким образом, приравнена согласованности двух систем, являющихся моделями друг друга; мы даже могли бы объяснить эту согласованность, предположив, что наш разум способен создавать динамические модели вещей и работать с ними». Через полстолетия эту мысль развил сотрудник бартлетта и один из создателей инженерной психологии кеннет крэйк: «если организм несет в голове мелкомасштабную модель внешнего окружения и своих возможных действий, он способен проверять различные альтернативы, определять наилучшие из них, реагировать на будущее развитие ситуации и вообще во всех отношениях вести себя более полноценно, безопасно и компетентно, попадая в сложные условия»

Анализируя «внутренние модели» пространственного окружения, мы сразу же обнаруживаем, что они имеют «матрешечную» организацию, то есть обычно состоят из нескольких рекурсивно вложенных друг в друга элементарных формулировок сути когнитивного подхода в нейрофизиологии (не используя, впрочем, термина «когнитивный») несколько позже предложил Н.А. Бернштейн: «мозговое отражение (или отражения) мира строится по типу моделей мозг не запечатлевает поэлементно и пассивно вещественный инвентарь внешнего мира... Но налагает на него те операторы, которые моделируют этот мир, отливая модель в последовательно уточняемые и углубляемые формы»

Другая репрезентация. Например, мы можем представить себе карту северо-востока России, так что Санкт-Петербург будет при этом представлен чем-то вроде точки, а затем развернуть эту «точку» в полномасштабное пространственное представление и т.д. Рекурсивный характер имеют наши представления о других людях и их знаниях о нас. Наконец, рекурсивность типична для нашего языка, что подчеркивалось в теории порождающей грамматики Хомского). Используя эту теорию, можно было сделать следующий шаг — объявить различия всех этих форм репрезентации поверхностными и постулировать единый абстрактный формат представления знаний на уровне глубинных структур, допускающих алгоритмическое описание. Вот почему в начале 1960-х годов процессы познания стали трактоваться по аналогии с процессами вычислений в компьютере.

Понимание того, что человек активно «перерабатывает информацию», строя внутренние модели (репрезентации) окружения, означало переход от информационного подхода в узком смысле слова к когнитивной психологии.

Эта компьютерная метафора когнитивной психологии открыла принципиально новые теоретические возможности, заменив характерное для психологии 19-го — первой половины 20-го веков представление об энергетическом обмене организма со средой на представление о значительно более быстром и гибком информационном обмене. Так, Вундт и его современники полагали, что только что открытый закон сохранения энергии требует признания строгого психофизического параллелизма, то есть признания — в полном согласии с картезианской философской традицией — полной независимости (в смысле причин и следствий) телесных и ментальных событий. Но вычислительное устройство, потребляя весьма незначительное количество энергии, может управлять огромными механизмами. Поэтому требование психофизического параллелизма перестало вдруг казаться строго обязательным. Далее, хотя трудно сказать, какие процессы лежат в основе некоторой чисто психической работы, например, восприятия картины Рембрандта, можно легко представить компьютер или специализированный электронный прибор, осуществляющий переработку информации, которая заканчивается адекватным ситуацией ответом.

Первыми работами нового направления можно считать исследования процессов образования искусственных понятий Джеромом Брунером и сотрудниками, а также работы Ньюэлла, Саймона и Шоу, создавших ряд машинных моделей мышления, в том числе «логик—теоретик» и «универсальный решатель задач». Общими чертами этих работ являются не только массовое использование формально-логического анализа (например, используемый в монографии Брунера теоретический аппарат совпадает с правилами индукции Дж.С. Милля), но и восстановление авторитета более ранних, «добихевиористских» исследований познания. В случае Ньюэлла и его коллег это были Отто Зельц и Гештальтпсихология, а в случае Брунера — Вюрцбургская школа и диссертационная работа Кларка Халла 1920 года по формированию понятий, выполненная на материале китайских иероглифов. Отдавая должное другим влияниям, Брунер писал позднее, что на него произвело в эти годы глубокое впечатление знакомство с традицией изучения познания в советской психологии. Действительно, в его работах отчетливо выступает интерес к анализу развития познавательных процессов, которые он вслед за Бартлеттом, Леонтьевым, Гальпериным и Пиаже связывает с формированием внешней деятельности. При этом, впрочем, он, как и Выготский, подчеркивает моменты символического взаимодействия ребенка с другими людьми, а не чисто сенсомоторные компоненты.

Использование «менталистской» терминологии в когнитивной психологии было обусловлено вначале эвристическими соображениями; она оказалась необходимой потому, что сложность рассматриваемых феноменов не позволяла дать их осмысленную интерпретацию в других терминах. Переход к неоментализму сопровождался попыткой осмысления философских проблем, которые он за собой влечет. Практически в течение одного 1960 года появилось несколько работ, в которых ставился вопрос о характере объяснения активности познавательных процессов. Эти работы содержат предположение, что проблема бесконечного регресса к гомункулусам, поставленная ранее в споре между толменом и газри (она известна также как проблема юма), может быть обойдена, если предположить, что процессы переработки информации организованы в

НАЙССЕРА

Итоги первого этапа развития когнитивной подхода были подведены в книге улрика найссера «когнитивная психология», вышедшей в свет в 1967 году. Уже во введении он пишет, что конструктивный характер наших познавательных процессов является фундаментальным фактом. Задача когнитивной психологии состоит в том, чтобы понять, каким образом «воспринимаемый, вспоминаемый и осмысляемый мир порождается из такого малообещающего начала, как конфигурация рети-нальной стимуляции или узоры звукового давления в ухе» (neisser, 1967, p.. Заимствуя идею у фрейда (работа «влечения и их превращения»), найссер, пишет, что «эту книгу можно было бы назвать "стимульная информация и ее превращения"». "Познание" — это обобщенное название для всех процессов, посредством которых сенсорная информация трансформируется, редуцируется, усиливается, сохраняется, извлекается и используется. Оно имеет отношение к этим процессам даже тогда, когда они разворачиваются в отсутствие релевантной стимуляции, как это имеет место при воображении или галлюцинациях. Такие термины, как ощущение, восприятие, воображение, запоминание, припоминание, решение задач и мышление... Относятся к гипотетическим стадиям или аспектам процесса познания» (там же).

Найссер с осторожностью подходит к определению ведущей метафоры когнитивной психологии. Отмечая, что компьютерная метафора, по-видимому, уступает по своей эвристичности программной (сравнению психических процессов с машинными программами в духе миллера, галантера и прибрама), он подчеркивает, что речь идет лишь о сходстве, но не об идентичности машинных программ и психических процессов. Значение обеих метафор состоит не только в доказательстве правомерности изучения внутренних психических процессов, но и в том, что они позволяют делать это без учета нейрофизиологических данных. В самом деле, если психика — это нечто вроде компьютерных программ, или «софтвера» (англ. Software), а мозговые механизмы — собственно «хардвера» (англ. Hardware), то очевидно одни и те же программы могут быть запущены на разных, в смысле физической реализации элементов, компьютерах (кремний, пневмоника, фотоника и т.Д.). Найссер отмечает, что конечная задача когнитивной психологии состоит в демонстрации роли знания в детерминации поведения человека.

Особенно подробному анализу подвергается судьба сенсорной информации. Ее «превращения» начинаются с попадания в периферические блоки памяти: «иконическую» для зрения и «эхоическую» для слуха. Затем эта информация поступает в вербальную кратковременную память, где сохраняется с помощью процессов скрытого или явного проговаривания. Подчеркивая конструктивный характер как низших, так и высших познавательных процессов, найссер различает в них две фазы. Первая — фаза пред внимания — связана с относительно грубой и параллельной обработкой информации. Вторая — фаза фокального внимания — имеет характер конструктивного акта, отличающегося «осознанной, внимательной, детальной и последовательной» обработкой. Только на этой второй фазе становится возможным вербальное кодирование информации, служащее предпосылкой для ее длительного сохранения в памяти и последующей реконструкции.

Тезис об активности познавательных процессов развивается на примере психолингвистической модели «анализа через синтез». Согласно этой модели, при восприятии речи мы пытаемся построить внутреннюю репрезентацию предложения, максимально похожую на оригинал. Если слово предъявляется на фоне шума, то превнимательный анализ первоначально может выделить лишь отдельные различительные признаки или слоги, после чего последовательно синтезируются несколько вероятных слов, пока одно из них не совпадет с информацией на входе.

Это встречное моделирование — антиципация — может происходить на разных уровнях описания материала: буквы, слоги, слова, целые предложения. Результатом являются такие известные феномены, как ошибочное восприятие слов, которые отсутствовали в сказанной фразе, но хорошо подходят по контексту, пропуск ошибок в типографском тексте и, наконец, эффект превосходства слова кеттла, то есть более быстрая и вообще более эффективная обработка слов, чем случайных последовательностей тех же самых букв.

Значительное место в книге найссера отводится феноменам памяти, в том числе зрительным образам, вновь возвращенным из бихевиористского изгнания. Найссер интерпретирует эти феномены по аналогии со зрительным восприятием. Последнее означает для него развернутый процесс интеграции получаемых во время отдельных фиксаций «кадров» зрительной информации, или «икон». Речь идет «о постоянно развивающейся схематической модели, к которой каждой фиксацией добавляется дополнительная информация». Для такой развернутой во времени интеграции необходимо, очевидно, некоторое пространство — зрительная память. «Схематические зрительные объекты» могут быть синтезированы повторно. Это и есть образы представлений, которым, следовательно, свойствен такой же конструктивный характер, как и восприятию. «Существует аналогия между ролью хранящейся информации при воспроизведении и ролью стимульной информации в восприятии. В том и в другом случае информация не попадает прямо в сознание... В области психологии памяти... Можно предложить модель работы палеонтолога, которую мы использовали для объяснения восприятия и внимания: по нескольким сохранившимся костям мы восстанавливаем динозавра».

В связи с этим вариантом концепции творческого синтеза перед найссером встают две проблемы. Первая, называемая им «проблемой исполнителя», заключается в необходимости устранения гомункула из объяснительных схем. Вторая проблема, возникающая в теории найссера, это адекватность восприятия. Если восприятие, воображение, галлюцинация, идея, внутреннее конструктивное то как различить, подлинное восприятие, представление или фантазию? То есть, где место событий и где восприятие?

2.3 ПРИНЦИПЫ СИМВОЛЬНОГО ПОДХОДА

С известной долей условности можно выделить четыре принципа традиционной парадигмы ранней когнитивной психологии:

- 1) приоритет знания и рационального мышления над поведением, привычками и аффектом,
- 2) использование компьютерной метафоры,
- 3) предположение о последовательной переработке информации,
- 4) акцент на формальном моделировании вместо изучения мозговых механизмов.

Итак, самым первым принципом, отличающим этот подход от бихевиоризма и, скажем, психоанализа, было подчеркивание роли знаний и рационального мышления: люди — это автономные и рациональные существа, использующие свои знания для того, чтобы в рамках доступных ресурсов оптимизировать взаимодействие с окружением.

Второй принцип заключался в аналогии между психологическими процессами и переработкой символьной информации в универсальном вычислительном устройстве. Предполагалось, что знания могут быть описаны как комбинации символов, которые репрезентируют объекты и события, но не похожи на них. Подобно тому, как слово «стул» фонетически и графически не более похоже на слово «шкаф», чем на слово «шарф», возможное перцептивное сходство самих символов никак не связано со сходством или различием репрезентируемых ими значений. Роль образца при этом, безусловно, выполняла теория хомского, разделявшая два уровня репрезентации — поверхностный и значительно более абстрактный глубинный. Точно так же и в традиционном когнитивном подходе подчеркивался амодальный и условный характер (глубинных) когнитивных репрезентаций, связанных со значением. Задача когнитивной психологии понималась как возможно более детальная спецификация подобных абстрактных репрезентаций и осуществляемых над ними операций.

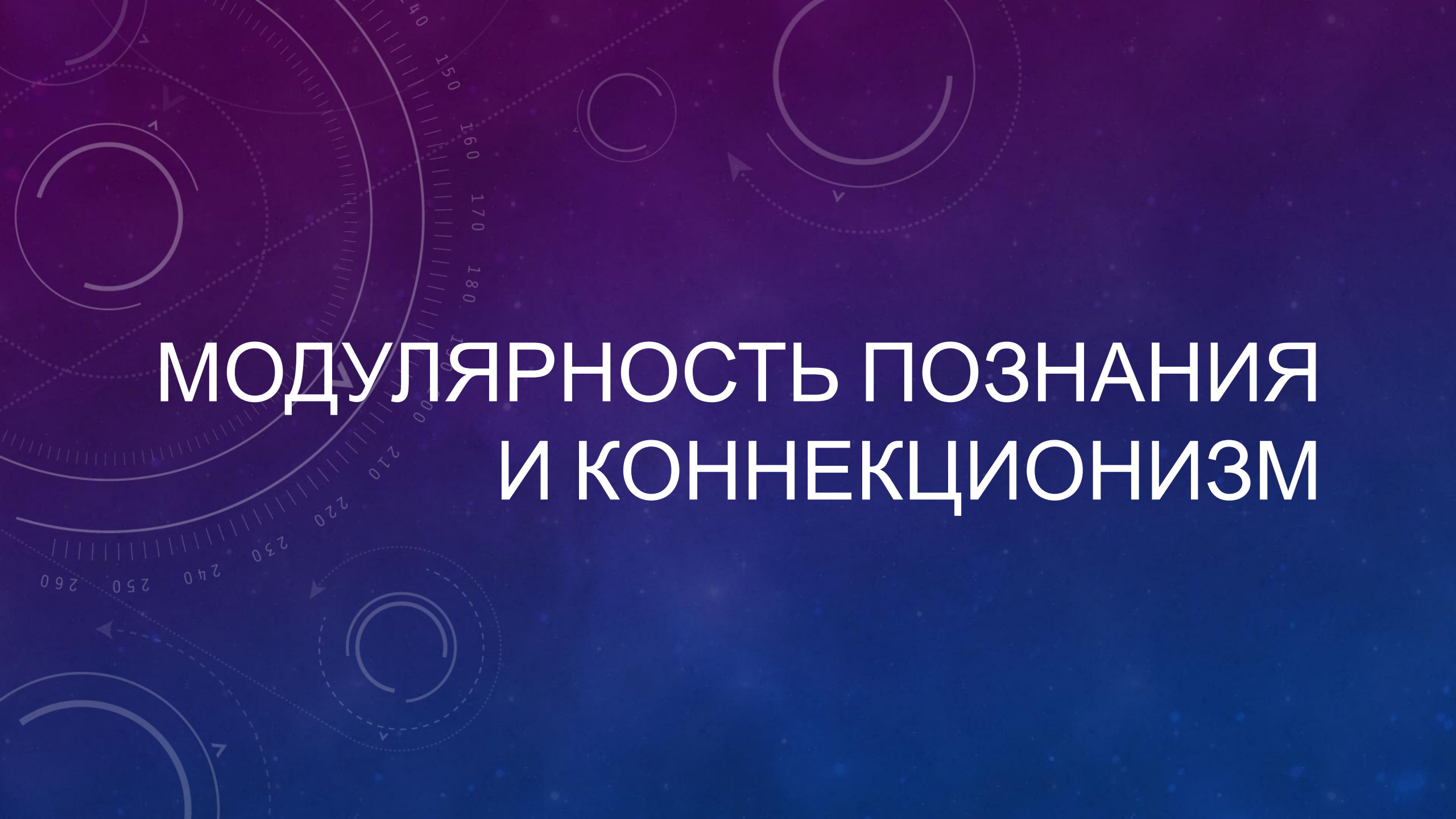
Общим допущением было, что познавательные процессы характеризуются определенными ограничениями, которые имеют структурные и, возможно, другие (например, энергетические) основания. С ограничениями пропускной способности связан третий принцип когнитивного подхода: из-за конечной пропускной способности переработка символьной информации должна осуществляться главным образом последовательно. Вследствие последовательного характера обработки полезным источником сведений о внутренней организации процессов познания является измерение времени реакции в различных задачах. Поскольку измерение времени реакции — ментальная хронометрия — стало одним из основных методических приемов когнитивной психологии, рассмотрим соответствующие методики несколько подробнее.

В ряде случаев речь идет о методе вычитания дондерса. Логика этого метода использовалась, например, американским инженерным психологом, впоследствии специалистом по когнитивной нейронауке майклом познером. В работах, направленных на анализ стадий переработки информации в задаче абстрагирования свойств буквенно-цифрового материала, он предъявлял испытуемым пары букв, предлагая быстро оценивать совпадение/несовпадение визуальных характеристик, «имен» букв или же их принадлежности к классам согласных и гласных звуков. В результате были измерены времена, необходимые для выделения информации все более высоких уровней абстракции. Как и в работах дондерса, основной недостаток таких исследований состоит в предположении, что новые задачи в чистом виде добавляют или отнимают некоторые стадии переработки, не меня остальных. Общим приемом выделения стадий, свободным от этих недостатков, стал предложенный в 1969 году сотрудником белловских лабораторий солом стернбергом (sternberg, 1969) метод аддитивных факторов. Идея этого методического приема связана с использованием факторного планирования эксперимента и дисперсионного анализа (они были разработаны в 1920-х годах рональдом фишером, 1890—1962).

Допустим, что решение некоторой хронометрической задачи включает несколько последовательных этапов переработки информации, например, тех трех этапов, которые описал еще дондерс: детекция стимула, его различение и выбор ответа тогда в случае наиболее сложной задачи времени реакции выбора (п стимулов - » и реакций) можно было бы попытаться найти такие независимые переменные, или факторы, которые, селективно влияя на продолжительность каждого из этих этапов, не вызывают изменения времени переработки информации на других этапах. Наличие отдельных этапов выразилось бы в аддитивном влиянии этих факторов на общее время реакции выбора. Аддитивность двух факторов А и В означает, что при всех значениях одного фактора влияние другого постоянно. Формальным критерием аддитивности служит ситуация, при которой величина взаимодействия факторов (ахв) в дисперсионном анализе не достигает уровня значимости. При графическом представлении результатов аддитивность выражается в появлении параллельных зависимостей. Действительно, многочисленные данные демонстрируют существование переменных, которые, влияя на время решения тех или иных задач, не взаимодействуют между собой (sternberg, 1969; 1999). Как показано на рисунке А, к их числу в простейшем случае относятся оптическая зашумленность («читабельность») предъявляемых зрительно цифр и естественность соответствия стимулов и ответов: в соответствующих экспериментах испытуемый должен был либо просто называть показанную цифру, либо называть цифру, на единицу большую. Аддитивность (независимость) влияния этих двух факторов на время реакции свидетельствует о существовании, по крайней мере, двух независимых этапов в процессах решения данной задачи. Содержательные выводы можно было бы сделать, зная, что время перцептивного кодирования избирательно зависит от читабельности цифр, а время организации ответа — от его естественности. С другой стороны, время реакции выбора зависит от естественности соответствия стимулов и ответов, так и с естественностью ответов. Можно сделать вывод, что этот фактор влияет на продолжительность каждого из выделенных этапов. Таким образом, метод аддитивных факторов заключается в поиске пар не взаимодействующих между собой факторов с целью выделения этапов переработки информации, оказываемых возможным чисто психологическими методами, без использования физиологических методов. Этот метод применим только в хронометрических экспериментах, причем в режиме относительно безошибочной работы. Следует подчеркнуть, что в хронометрических исследованиях, за исключением специальных случаев, должно оставаться на очень низком и постоянном уровне количество ошибок. Прежде всего для систематического анализа закономерностей поиска информации в памяти.

Четвертый принцип традиционного когнитивного подхода состоял в нарочито нечетком определении связи психологических процессов с мозговым субстратом, эта зависимость не является жесткой. Скорее всего, работающий мозг — необходимое, но не достаточное условие для когнитивных процессов. Искусственный интеллект, кстати, мозговой субстрат не был даже необходимым условием — предполагалось, что полноценно



The background is a dark blue gradient with faint, light blue geometric patterns. These patterns include several concentric circles of varying sizes, some with dashed lines, and circular arcs with tick marks and degree labels (40, 150, 160, 170, 180, 210, 220, 230, 240, 250, 260). Some of these arcs have arrows indicating a direction of movement or rotation. The overall aesthetic is technical and scientific.

МОДУЛЯРНОСТЬ ПОЗНАНИЯ И КОННЕКЦИОНИЗМ

3.1 ИДЕЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ

ВПЛОТЬ ДО начала 1980-х годов единственной претеоретической метафорой когнитивной психологии оставалась компьютерная метафора, с характерной для нее аналогией между психологическими процессами и переработкой информации в универсальном вычислительном устройстве. Такие компьютеры, во-первых, имеют однопроцессорную архитектуру. Во-вторых, для них характерно разделение пассивных данных и активных операций над ними, причем последние объединены в более или менее сложные, заранее написанные программы. В вычислительной технике и информатике эти вычислительные устройства иногда называются «фон-неймановскими», по имени венгеро-американского математика и логика Джона фон Неймана, предложившего в 1947 году, на пороге масштабной компьютерной революции, соответствующую схему физического воплощения машины Тьюринга. Изобретение и распространение микропроцессоров в самых разных областях техники привело к созданию и повсеместному внедрению множества специализированных вычислительных устройств, значительно более простых, чем фон-неймановские компьютеры, но зато более эффективных в решении своих частных задач — балансировании тяги ракетных двигателей, регуляции температуры и влажности воздуха в помещении, определении времени суток и дня недели для любой даты в течение ближайшего тысячелетия и т.д. Стремление увеличить скорость обработки информации, а равно надежность получаемых результатов, в свою очередь, обусловило создание компьютеров с несколькими одновременно задействованными процессорами (один из первых прототипов даже получил характерное имя «нон-фон» — «не фон-неймановский компьютер»!). Число таких параллельных процессоров может достигать в современных суперкомпьютерах десятков тысяч, так что главной проблемой здесь становится разбиение общего массива вычислений на подзадачи и коммутирование (англ. Connection) работы отдельных микропроцессоров между собой.

Первым автором, в явном виде использовавшим термин «модулярность» для описания организации психологических процессов, был американский нейроинформатик Дэвид Марр (Marr, 1976; 1982). Его интересовали частные, с точки зрения когнитивного сообщества, аспекты моделирования процессов зрительного восприятия) и работы С еще большим основанием, впрочем, такую схему можно было бы назвать «фон-цузевской», по имени создателя первых программно управляемых вычислительных машин, немецкого инженера и математика Конрада фон Цузе. В период с 1938 по 1944 годы он спроектировал и построил целую серию вычислительных машин, длительное время оставшихся неизвестными научной общественности из-за секретного характера этих, проводившихся в Германии во время войны, работ. Нейронных сетей мозжечка. В своем «принципе модулярной организации» Марр предположил, что «любой большой массив вычислений должен быть реализован как коллекция частей, настолько независимых друг от друга, насколько это допускает общая задача. Если процесс не организован подобным образом, то небольшое изменение в одном месте будет иметь последствия во многих других местах. Это означает, что процесс в целом будет очень трудно извлечь от ошибок или улучшить, как путем вмешательства человека, так и посредством естественной эволюции — ведь любое изменение, улучшающее один из фрагментов, будет сопровождаться множеством компенсаторных изменений в других местах».

Идея разбиения большого массива вычислений на относительно независимые автономные задачи, решаемые специализированными механизмами (подпрограммами или модулями) была очевидной для биологов и информатиков, но первоначально оставалась скорее малоубедительной для специалистов по когнитивной психологии, вполне удовлетворенных возможностями классической компьютерной метафоры. Кроме того, научная психология в целом, как мы видели в предыдущей главе, ориентируясь на опыт «больших сестер» — физики и химии, постоянно стремилась дать возможно более единообразное, или «гомогенное», объяснение частным феноменам и процессам. Модулярный подход, напротив, постулирует нечто принципиально иное, а именно существование множества качественно различных механизмов, обеспечивающих специализированные способы решения для разных групп задач. Возможно, что именно из-за методологической установки на гомогенизацию длительное время оставались незамеченными и данные психодиагностических исследований интеллекта.

Эти исследования, по крайней мере, с начала 1930-х годов, сигнализировали об относительно низкой корреляции способностей в таких областях, как, напри мер, вербальный и практический). Последовательное применение процедур факторного анализа по отношению к индивидуальным результатам выполнения разнообразных когнитивных задач (тестов) привело уже в наше время к дальнейшему расщеплению списка способностей. Так, в одной из современных работ было выделено в общей сложности 52 способности, что отдаленно напоминает список из 37 способностей, выделенных на основании сугубо спекулятивных соображений френологами еще в первой половине 19-го века. Другим важным различием в психометрических исследованиях интеллекта стала идея о различии «кристаллизованного» (основанного на знаниях и устоявшихся навыках) и «текучего» (основанного на абстрактных мыслительных способностях) интеллекта. Это различие также в какой-то степени предвосхитило современные попытки разделить когнитивные процессы на специализированные (или модулярные) и более универсальные (центральные) системы. В порядке ретроспективного отступления можно отметить также, что представление об относительно узкой специализации различных когнитивных механизмов периодически возникало в истории психологии, в частности, оно было широко распространено в американской функционалистской психологии. Торндайк и Вудвортс еще в 1901 году подчеркивали: «психика (mind) — это машина для осуществления специализированных реакций на конкретные ситуации. Она работает очень детально, адаптируясь к доступному ей опыту.. Улучшение одной из ментальных функций редко сопровождается сопоставимым улучшением других, независимо от того, насколько они между собой похожи, ибо функционирование каждой ментальной функции обусловлено специфическими особенностями конкретной ситуации» (Thorndike & Woodworth, При желании, в этом описании можно легко усмотреть сходство с современными модулярными представлениями и даже с идеей функциональных систем («функциональных органов») отечественной психофизиологии. К середине 1980-х годов общая ситуация в когнитивных исследованиях восприятия и высших форм познания существенно изменилась. На смену эйфории, вызванной первыми успехами в создании компьютерных моделей человеческого интеллекта (типа «универсального решателя задач» Ньюэлла и Саймона) или в выявлении очертаний архитектуры хранения информации в памяти человека (разделение кратковременной и долговременной памяти), пришло более или менее отчетливое понимание сложности исследуемых задач и разнообразия участвующих в их реализации психологических и нейрофизиологических механизмов. Стали отчетливо раздаваться голоса о новом (то есть третьем по счету) полномасштабном кризисе психологии. Один из ведущих специалистов в области психолингвистики и мышления Филипп Джонсон-Лэйрд писал в эти годы: «двадцать лет интенсивных исследований процессов переработки информации у человека еще не привели к формулированию их общих принципов. Более того, кажется, что эта задача вообще неразрешима. Что делать дальше?» Johnson-Laird, На этом фоне неожиданно актуальной стала точка зрения самого инициатора когнитивного переворота в психологии и лингвистике Хомского. Согласно его мнению, таких «общих принципов», может быть, и не существует. Например, речевые процессы являются не только врожденными, но и «специальными» (или домено-специфическими — domain-specific), в смысле их независимости как от когнитивных способностей в других столь же специальных областях, так и от интеллекта в целом. Аналогично, в исследованиях памяти было высказано сходное предположение, что долговременная память на самом деле не едина, а разделена, как минимум, на две автономные подсистемы — вербальную и образную. Множество предположительно параллельных подсистем обработки сенсорной информации было обнаружено при психофизических и нейрофизиологических исследованиях восприятия, причем как в случае отдельных модальностей (зрение, слух и т.д.), Так и субмодальностей, например, восприятия формы, пространственного положения или цвета объектов). Все эти данные требовали совершенно других объяснительных схем.

3.2 ТИПОТЕЗА МОДУЛЯРНОСТИ. ВКЛАД ДЖЕРРИ ФОДОРА

Последователь хомского, видный американский лингвист и философ джерри фодор выступил в 1983 году с манифестом нового подхода к пониманию когнитивной архитектуры, названным им *концепцией модулярности* (fodor, 1983). Фодор предположил, что «специальность» речи, о которой говорил хомский, представляет собой не частный, а общий случай. Архитектура познания представляет собой, с этой точки зрения, скорее мозаику множества параллельных и относительно автономных в функциональном отношении процессов, а совсем не организованное в единый механизм целое. Как образно пишут в наши дни последователи этого подхода: «по-видимому, психика больше напоминает швейцарский офицерский нож, чем некий универсальный инструмент. Швейцарский нож "компетентен" в таком обилии ситуаций благодаря большому числу специализированных компонентов: штопор, ножик, открывалка, пинцет, ножницы — каждый из этих компонентов прекрасно приспособлен, но только для решения своих собственных задач» (cosmidis & tooby, 1994). Базовая таксономия механизмов включает в себя, по фодору, три уровня: так называемые «проводники» (transducers), системы входа и центральные системы. Под *проводниками* имеются в виду органы чувств, обеспечивающие преобразование физической информации на рецепторных поверхностях в некоторую первичную форму представления проксимальной стимуляции, с которой могут работать модулярно организованные перцептивные системы — *системы входа*. Функция систем входа заключается в вычислении параметров предметного окружения. С этими репрезентациями, в свою очередь, работают *центральные системы*, обеспечивающие функционирование высших когнитивных процессов, а именно формирование мнений и убеждений, принятие решений и планирование разумных действий. Таким образом, психика имеет смешанную архитектуру. Если вынести за скобки относящиеся к сфере интересов сенсорной физиологии проводники, то остаются лишь два уровня элементов. Системы входа (и, по-видимому, просто упущенные фодором из вида «*системы выхода*» — механизмы контроля моторики, речевых артикуляций и т.П.) Специализированы на эффективном решении ограниченного класса задач. Центральные системы, напротив, универсальны и «изотропны»: они допускают возможность использования и интеграции любого источника информации, построения любой мыслимой и, можно сказать, «немыслимой мысли». Важное значение имеет тезис о том, что научная психология и, шире, когнитивная наука могут успешно заниматься исследованием исключительно модулярных компонентов познания. Препятствием для научного анализа центральных систем служит классическая *проблема фрейма* — невозможность фиксации какого-либо определенного контекста или конечного объема знаний, отслеживанием которых можно было бы ограничиться при анализе исследуемых феноменов¹². В самом деле, такие центральные процессы, как формирование мнений и принятие решений, предполагают взвешенный, подчас многократный просмотр и пересмотр существующих сведений и возможных последствий предпринимаемых действий. Эти процессы принципиально отличаются от дедуктивного вывода, поскольку их результаты не следуют с необходимостью из посылок. Отсутствие ограничений на ассоциации, аналогии и субъективные предпочтения делает научное отслеживание и оценку функционирования центральных систем практически безнадежной задачей. Тем большее внимание уделяется фодором модулярным системам. Он сформулировал в общей сложности 8 критериев, или признаков, которые в совокупности позволяют идентифицировать когнитивные модули. К ним относятся:

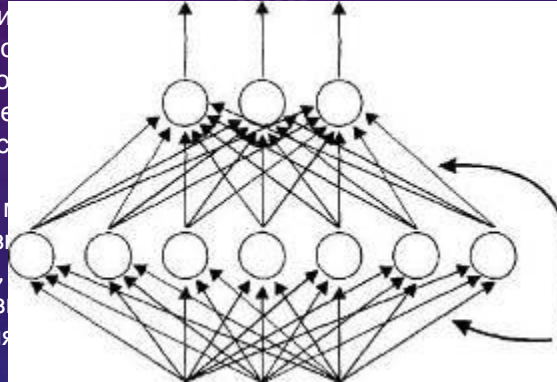
- Узкая специализация,
- Информационная закрытость,
- Обязательность,
- Высокая скорость,
- Поверхностная обработка,
- Биологическое происхождение,
- Селективность выпадений,

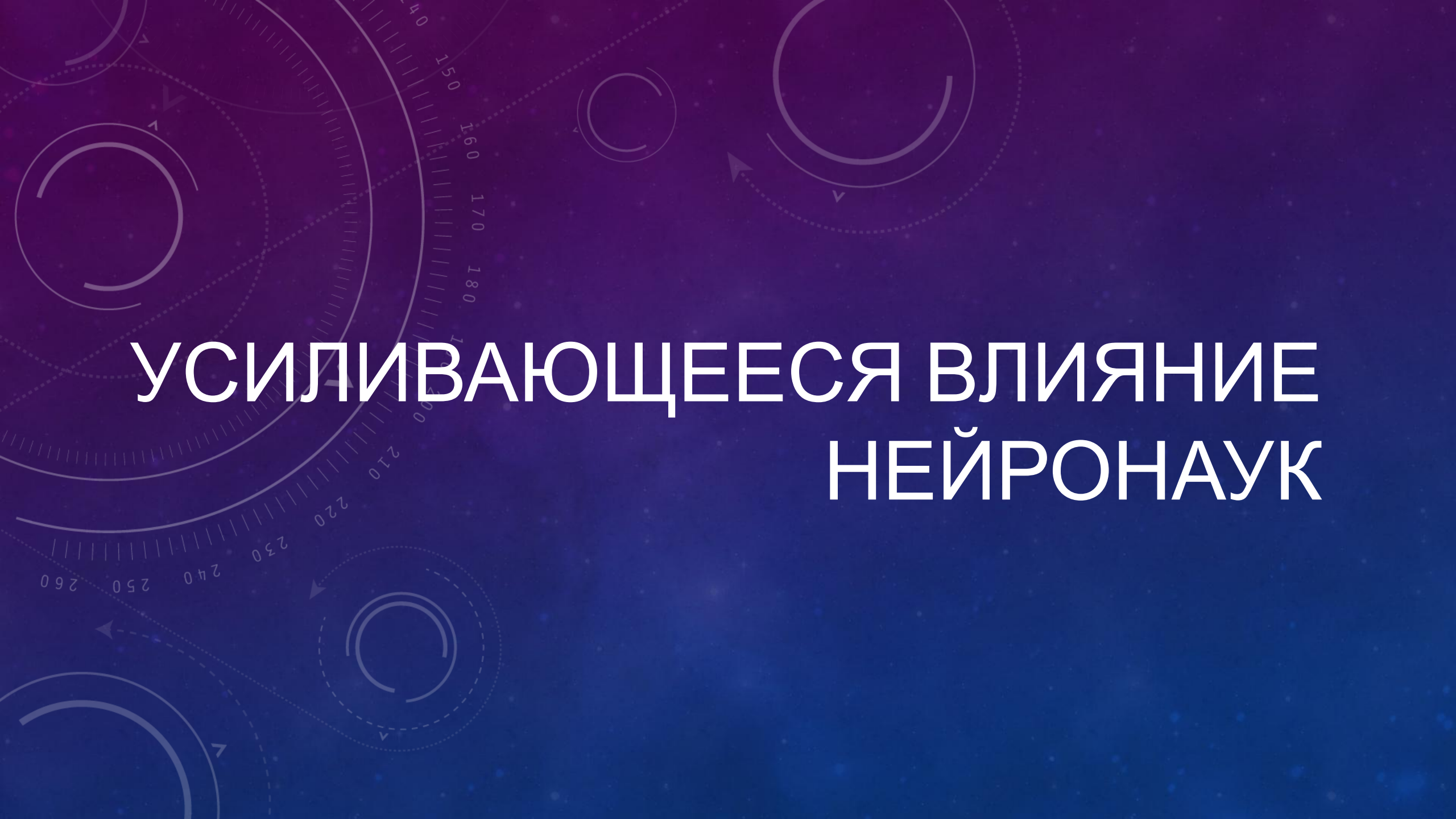
ПСИХОЛОГИИ

Другим влиятельным подходом в течение последних 20 лет стал так называемый pdp-подход (от parallel distributed processing = параллельная распределенная обработка), широко известный также как коннекцио-низм. И в этом случае речь идет об отказе от компьютерной метафоры в ее символическом варианте, связанном первоначально с логико-математическими работами алана тьюринга и джона фон неймана. Однако, если концепция когнитивных модулей фодора и его последователей лишь допускает определенную параллельность обработки в каких-то звеньях когнитивной архитектуры, в коннекционизме параллельность обработки становится уже всеобщим принципом. Речь идет о массивной параллельности обработки — все элементы системы, интерпретируемой как обширная нейронная сеть, рассматриваются как потенциально связанные между собой и одновременно участвующие в формировании ответа на стимульную конфигурацию.

Попытки демонстрации вычислительных возможностей сетей формальных нейронов предпринимались американскими нейрофизиологами мак-кал-локом и питтсом еще в 1940-е годы. В последующие два десятилетия простые (один входной и один выходной слой) сети под названием «персептроны» использовались для машинного распознавания изображений, однако без особого успеха, так как оказалось, что они неспособны к строгой дизъюнкции («либо А» — «либо В») — логической операции. Лишь в начале распространения сегодня в психологии и за ее пределами термин «коннекционизм» в историческом контексте впервые был использован (Rumelhart & McClelland, 1986). В 1980-х годах было предложено снимать эту проблему, позволяя осуществлять на базе параллельных архитектур весь спектр логических операций. Румелхарт и МакКелланд опубликовали двухтомную «библию» коннекционизма (McClelland & Rumelhart, 1986; Rumelhart & McClelland, 1986), содержащую, наряду с описанием нейробиологических применений этого подхода, многочисленные примеры психологических и

Главное преимущество коннекционистских моделей по сравнению с традиционными когнитивными моделями — отсутствие необходимости в хранении информации, а также, что особенно важно, адаптивного обучения. Первая особенность означает, что информация хранится в распределенном виде. «Распределенным» хранение является потому, что информация не хранится в каком-то одном месте, а распределена по всей сети. Второе преимущество — способность ассоциативно поддерживать припоминание. «Распределенным» хранение является потому, что информация не хранится в каком-то одном месте, а распределена по всей сети. Наконец, коннекционизм позволяет моделировать процессы обучения в искусственных нейронных сетях, имеющие известную специфику, которая должна стать понятной для психологов. Процессы обучения в искусственных нейронных сетях имеют известную специфику, которая должна стать понятной для психологов. Процессы обучения в искусственных нейронных сетях имеют известную специфику, которая должна стать понятной для психологов.



The background is a gradient from dark purple at the top to deep blue at the bottom, speckled with white dots representing stars. Overlaid on this are several faint, light-colored circular and semi-circular patterns. Some of these patterns include tick marks and numbers, resembling a protractor or a circular scale. For example, one large arc on the left has numbers 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, and 260. Other smaller arcs and dashed lines with arrows are scattered across the composition, creating a sense of motion and technical precision.

УСИЛИВАЮЩЕЕСЯ ВЛИЯНИЕ НЕЙРОНАУК

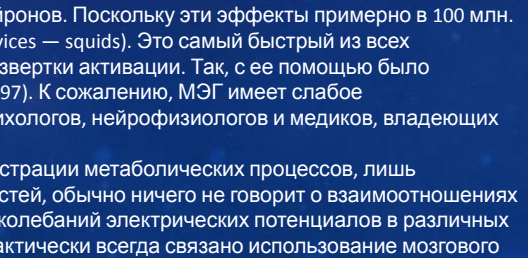
Вплоть до самого последнего времени существовали две основные группы методов изучения нейрофизиологических механизмов *in vivo*: анализ ЭЭГ и микроэлектродное отведение активности отдельных нейронных структур. Первая группа методов использует регистрацию интегральных электрических ритмов мозга, или электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Это делается с помощью внешних, наложенных на кожу головы испытуемых электродов и не требует при использовании соответствующих усилителей сигнала создания особых условий, выходящих за рамки обычного лабораторного окружения. Вместе с тем, как правило, картина регистрируемых колебаний столь зашумлена, что по ней невозможно прямо судить о влиянии отдельных экспериментальных переменных, а лишь о глобальных стадиях изменения функциональных состояний, таких как бодрствование или сон. Поэтому в когнитивных исследованиях получила распространение модификация, известная как метод регистрации вызванных потенциалов мозга (erps — event-related potentials).

0,0, 0,2 0,4 типичная картина вызванных потенциалов мозга (А) и подготовка эксперимента по регистрации электрической активности мозга в процессах социального взаимодействия (Б).

Et al., 1993). Очевидно, это важный аргумент в пользу гипотезы так называемой ранней селекции в спорах сторонников различных моделей селективного внимания недостатком, ограничивающим применение ЭЭГ в ее различных вариантах, является низкое пространственное разрешение, а также то обстоятельство, что при этом методе регистрируются электрические изменения на поверхности, а не в глубине мозга. Метод микроэлектродного отведения активности — второй классический метод нейрофизиологического анализа — чрезвычайно точен, позволяет работать с отдельными нейронами или группами нейронов, которые расположены в любых, в том числе глубинных отделах мозга, но его применение трудоемко и, по понятным причинам, ограничено почти исключительно экспериментами на животных. Несмотря на выдающиеся результаты, полученные, например, в исследованиях зрительной сенсорной обработки) и памяти, значение этого метода непосредственно для когнитивных исследований относительно невелико.

Во многих отношениях значительно более совершенным методом картирования является ядерная магниторезонансная томография (МРТ). Этот метод делает возможной очень точную (до 1 мм) и довольно быструю, по сравнению с ПЭТ, регистрацию. Кроме того, он неинвазивен, то есть не связан с нарушением целостности тканей организма, например, введением в кровь каких-либо субстанций. Его физическая основа является эффектом излучения радиоволн определенной частоты отдельными атомами, находящимися в переменном магнитном поле, которое создается расположенным вокруг испытуемого магнитом весом более 10 тонн. В экспериментальной психологии данный метод используется в варианте функциональной МРТ (фмрт), когда определяется количество кислорода в крови (а именно в молекуле гемоглобина)¹⁸. Этот показатель интенсивности метаболических процессов коррелирует с активностью нейронов в соответствующих областях мозга. Недостатком фмрт является все-таки слишком низкая временная разрешающая способность, позволяющая, в лучшем случае, различать события продолжительностью не менее одной секунды¹⁹. Тем не менее это, несомненно, самая лучшая на сегодняшний день методика мозгового картирования. Насколько можно судить по стремительно накапливающимся данным, фмрт часто подтверждает и значительно уточняет результаты пэт-сканирования.

Одним из самых мощных методов современной когнитивной нейронауки является магнитоэнцефалография (мэг)В ней применяе Раз слабее фонового магнитного поля земли, их регистрация чрезвычайно трудоемка и требует использования специальных све неинвазивных методов, конкурирующей даже с микроэлектродным отведением. МЭГ с успехом используется для уточнения фунг установлено, что зрительные поля V5, участвующие в переработке информации о движении, включаются в работу через 20—30 м пространственное разрешение, поэтому обычно ее применяют в сочетании с фмрт. Для проведения подобных исследований нуж навыками работы с дорогостоящей физической аппаратурой, способных интерпретировать получаемые данные и объяснять их д Стоимость необходимой технической инфраструктуры и уникальная квалификация сотрудников — не единственная проблема м сопутствующих собственно нейрофизиологической активности. Характер этой связи не всегда понятен в деталях. Далее, получа между этими областями в процессе решения задачи. В этом смысле известные преимущества имеет классический метод ЭЭГ, та областях поверхности коры и, таким образом, судить о типе взаимоотношений этих областей. Наконец, серьезные сомнения начи картирования



ПОЗНАНИЯ

В связи с данными о локализации зеркальных нейронов в нижних премоторных областях, следует также отметить два дополнительных обстоятельства. Во-первых, эти области граничат с нижними структурами префронтальной коры, которые участвуют у человека в эмоциональной саморегуляции и контроле социального поведения. Во-вторых, они отчасти совпадают с областями, гомологичными так называемой зоне брока, которая ответственна у человека за экспрессивное речевое поведение и грамматику речи (см.). Речь является функцией, которая наиболее сильно зависит от социальной имитации, а также от ситуативной настройки процессов понимания на параметры речи и мимики партнера. с помощью фмрт функции зеркальных нейронов начинают исследоваться и у человека. Фундаментальное значение этих данных для когнитивной науки состоит в том, что они объясняют механизмы развития речи и языка в филогенетической перспективе, демонстрируя их связь не столько с ранними вокализациями (у других приматов эти вокализации связаны с базальными ганглиями и структурами древней, лимбической коры), сколько с жестикуляцией и кооперативными, осуществляемыми совместно с другими особями действиями. Конечно, эта перспектива весьма сильно отличается от сугубо формального анализа языка в работах хомского и его последователей. Целый каскад аналогичных открытий подтверждает более ранние теоретические представления отечественных физиологов и нейропсихо-логов о социальной основе высших мозговых процессов. Среди пионеров исследования социального мозга следует, наряду с А.Р. Лурия, отметить выдающегося физиолога и философа алексея алексеевича ухтомского (1889—1942), который ввел понятие «доминанта на другого человека». Некоторые новые результаты исследования этого социального по сути дела комплекса поведенческих, психологических и физиологических реакций будут рассмотрена нами в последней главе книги . работу ведущих исследовательских коллективов, таким образом, начинает определять романтическая задача создания культурно-исторической нейропсихологии развития. В то же время понятно, что эта общая задача не может быть решена без анализа моторики, сложных форм социального взаимодействия, а также эмоционально-аффективной жизни. При этом все чаще выявляется недостаточность распространенной в когнитивной науке методологии анализа локальных (модулярных) механизмов обработки. На первый план выдвигается бернштейновское понятие «координация» (velichkovsky, 2005). Кроме того, при всем внимании, уделяемом в последние годы трехмерному картированию мозга, для когнитивной науки до сих пор во многом неизведанным континентом остаются функции нейротрансмиттеров. В современной нейрокогнитивной литературе в особенности обсуждается роль селективной гибели рецепторов, чувствительных к нейромедиатору ацетилхолину, в нарушениях внимания и в возникновении болезни альцгеймера (а также влияние выделяемого при положительных эмоциях дофамина на функции самоконтроля и особенности процессов принятия решений. Нарушение баланса дофаминэргической и глутаматэргической систем, возможно, лежит в основе патогенеза такого заболевания, как шизофрения. Исследования физиологических механизмов действия дофамина были удостоены в 2002 году нобелевской премии. Для понимания действия нейротрансмиттеров необходимы более молекулярные подходы, развиваемые в так называемой «мокрой» физиологии, биохимии и молекулярной генетике. В связи с недавней расшифровкой генома человека, в частности, стали быстро развиваться работы по когнитивной геномике (так, ген APOE (от apolipoproteine), участвующий в работе холинэргической системы, оказывает широкое влияние на формирование памяти и пространственного внимания. Близкую роль играют некоторые генетические маркеры иммунной системы человека (nilsson, 2005). Функции имеющей автобиографический оттенок эпизодической памяти более специфично связаны с генами DRD4 и COMT, регулируемыми дофаминэргические процессы. Эти же гены, вместе с рядом других, оказывают существенное влияние на формирование высших форм внимательного контроля поведения и познания (posner, 2004). Работы по когнитивной геномике ставят на более прочную основу анализ психогенетических вопросов развития интеллекта. В этих относительно новых для психологии областях можно искать дополнительные объяснения особенностей аффективно-эмоциональных состояний, стресса или утомления, механизмов возникновения психосоматических и психиатрических нарушений, а также многих, в том числе уровневых аспектов развития, функционирования и распада когнитивных процессов.