

Джордж Миллер

МАГИЧЕСКОЕ ЧИСЛО СЕМЬ ПЛЮС-МИНУС ДВА



Повсюду меня преследует один знак. В течение семи лет это число буквально следует за мною по пятам, я непрерывно сталкиваюсь с ним в своих частных делах, оно встает передо мной со страниц самых распространенных наших журналов. Это число принимает множество обликов, иногда оно несколько больше, а иногда — несколько меньше, чем бывает обычно, но никогда не изменяется настолько, чтобы его нельзя было узнать. Та настойчивость, с которой это число преследует меня, объясняется чем-то большим, нежели простым совпадением. Здесь чувствуется какая-то преднамеренность, все это подчинено какой-то определенной закономерности. Или в этом числе действительно есть что-то необычное, или я страдаю манией преследования.

Я начну свой рассказ с того, что опишу вам некоторые эксперименты, в которых проверялось, с какой точностью люди могут обозначать числами величины различных параметров стимулов. Выражаясь традиционным языком психологии, эти эксперименты следовало бы назвать экспериментами по абсолютной оценке. Однако в силу исторической случайности им присвоили другое название, и теперь мы называем их экспериментами по определению способности людей передавать информацию. Поскольку эти эксперименты никогда не были поставлены, не появившись на психологической арене теория информации, и поскольку для анализа результатов экспериментов привлекают понятия теории информации, мне придется, прежде чем я приступлю к обсуждению темы, сделать несколько замечаний, касающихся этой теории.

Измерение информации

Термин «количество информации» обозначает то же самое понятие, которое мы имели в виду, употребляя в течение мно-

гих лет термин «изменение» (variance). Эти выражения неодинаковы, но если твердо придерживаться той идеи, что всякое увеличение изменений влечет за собой увеличение количества информации, то мы не сильно погрешим против истины.

Преимущества этого нового подхода к трактовке изменений вполне очевидны. Изменения всегда выражаются различными единицами измерений — метрами, килограммами, вольтами и т. д., — в то время как количество информации есть безразмерная величина. Поскольку информация в дискретном статистическом распределении не зависит от единицы измерения, мы можем распространить эту концепцию на те ситуации, где мы можем установить метрики и где мы обычно и не подумали бы об использовании понятия изменения. Кроме того, такой подход дает нам возможность сравнивать результаты, получаемые в совершенно различных экспериментальных условиях, когда было бы трудно сравнивать изменения, выраженные в различных единицах измерения. Таким образом, весьма убедительные причины заставляют нас принять эту более новую концепцию.

Сходство между изменением и количеством информации можно объяснить следующим образом: когда мы сталкиваемся со значительным изменением, мы почти ничего не знаем о том, что должно произойти в дальнейшем; если мы в таком случае (когда нам мало что известно) проводим наблюдение, то оно дает нам огромное количество информации. С другой стороны, если изменение очень невелико, то мы заранее знаем, что нам даст наше наблюдение, поэтому мы получим в результате нашего наблюдения очень мало информации.

Если представить себе систему связи, то легко понять, что для нее характерна большая изменчивость как того, что поступает в систему, так и того, что из нее выходит. Следовательно, вход и выход системы можно описать посредством их изменений (или их информации). В хорошей системе связи должна

существовать определенная систематическая зависимость между тем, что поступает на вход системы, и тем, что получается на ее выходе. Иначе говоря, выход системы зависит от входа или соответствует ему. Если мы найдем эту зависимость, то сможем определить, какая часть выходных изменений определяется входом и какая часть возникает из-за случайных флуктуации или «шума», вносимого системой при передаче. Таким образом, мы видим, что мера передаваемой информации есть просто мера связи между входом и выходом.

Надо следовать в дальнейшем двум простым правилам: когда бы я ни упомянул о «количестве информации», вы должны понимать под этим «изменение»; когда я буду говорить о «количестве переданной информации», вы должны будете понимать под этим «совместное изменение», или «взаимозависимость».

Эту ситуацию можно отобразить графически посредством двух частично перекрывающихся окружностей. Тогда левая окружность может представлять собой изменение на входе, правая окружность — изменение на выходе, а перекрывающаяся часть — взаимозависимые изменения входа и выхода. Под левой окружностью следует иметь в виду количество информации на входе, под правой — количество информации на выходе, а перекрывающаяся часть есть количество переданной информации.

В экспериментах по абсолютной оценке испытуемый рассматривается как канал связи. Тогда на нашем графике левая окружность будет представлять собой количество информации, заключенной в стимулах, правая окружность — количество информации, заключенное в ответных реакциях испытуемого, а перекрывающаяся часть — взаимоотношение между стимулами и ответными реакциями, измеренное количеством переданной информации. Задача эксперимента состоит в том, чтобы, увеличивая количество информации на входе, измерить

количество переданной информации. Если абсолютные суждения испытуемого при этих условиях совершенно точны, то будет передана почти вся входная информация и она может быть затем восстановлена из ответных реакций испытуемого. Если же он делает ошибки, то количество переданной информации будет значительно меньше входной. Можно ожидать, что по мере увеличения количества входной информации на входе испытуемый будет допускать все больше и больше ошибок, в таком случае мы можем попытаться выявить пределы точности его абсолютных оценок.

Если человек-наблюдатель представляет собой разумно устроенную систему связи, то по мере роста количества информации, поступающей на вход, количество передаваемой информации вначале будет возрастать и с дальнейшим ростом входной информации асимптотически приближаться к некоторой предельной величине. Это асимптотическое значение мы примем за пропускную способность¹ (channel capacity) наблюдателя, она представляет собой максимальное количество информации, которое может дать нам наблюдатель относительно стимулов посредством абсолютных оценок. Пропускная способность есть верхняя граница области, в пределах которой наблюдатель может согласовывать свои реакции с предъявляемыми ему стимулами.

Теперь осталось сказать всего несколько слов о двоичной единице² (bit), и мы перейдем затем к анализу некоторых дан-

¹ Термин «channel capacity» имеет в английской математической литературе по теории информации несколько отличный смысл от того, что имеет в виду автор. Однако мы сохраняем принятый в нашей технической литературе перевод этого выражения, хотя в данном случае под пропускной способностью следует понимать не максимальное количество информации, которое может быть передано в единицу времени, а логарифм максимально возможного числа различимых стимулов безотносительно ко времени. Впрочем, это ясно из контекста. — Прим. перев.

² Мы придерживаемся принятого в русской математической литера-

ных. Одна двоичная единица информации есть то количество информации, которое необходимо нам для принятия решения при выборе из двух одинаково вероятных возможностей. Если мы должны решить, превышает ли рост данного человека шесть футов или нет, и если мы знаем, что обе эти возможности равновероятны, т. е. шансы между ними распределены поровну, то в таком случае нам необходима одна двоичная единица информации. Заметьте, что эта единица информации, использованная нами, никак не связана с мерами длины — футами, дюймами или сантиметрами. Как бы вы ни измеряли рост человека, вам все равно (при данной задаче) будет нужна точно одна двоичная единица информации.

2 дв. ед. информации позволяют нам произвести выбор из четырех равновероятных возможностей, 3 дв. ед. информации — из восьми равновероятных возможностей, 4 дв. ед. — из 16, 5 — из 32 и т. д. Иначе говоря, если заданы 32 равновероятные возможности, то, прежде чем узнать, какая из них является правильной, мы должны осуществить пять последовательных бинарных решений, каждое из которых связано с 1 дв. ед. Итак, существует довольно простое правило: каждый раз, когда число возможностей для выбора увеличивается в два раза, прибавляется 1 дв. ед. информации.

Существует два способа увеличения количества входной информации. Мы могли бы увеличить скорость, с которой мы предъявляем информацию наблюдателю; при этом будет возрастать количество информации, приходящейся на единицу времени. В другом случае мы могли бы полностью игнорировать временную переменную и увеличить количество входной информации, увеличив число альтернативных стимулов. В экспериментах по абсолютным оценкам мы интересуемся именно вторым способом. Мы предоставляем наблюдателю столько

времени, сколько ему требуется для того, чтобы дать ответ, при этом мы просто увеличиваем число альтернативных стимулов, среди которых он должен произвести свой выбор, и следим за тем, когда появятся ошибки. Ошибки начинают появляться при достижении того уровня, который мы называем «пропускной способностью».

Абсолютные оценки одномерных стимулов

Посмотрим теперь, что получается при выработке абсолютных суждений о звуковых тонах. Поллак [17] давал испытуемым задание опознавать тона, причем каждому тону они должны были поставить в соответствие определенное число. Тона различались по частотам и выбирались в диапазоне от 100 до 8000 Гц через равные логарифмические интервалы. После того как прозвучит определенный тон, испытуемый должен был назвать соответствующее ему число. После ответа испытуемому сообщали, правильно он произвел идентификацию тона или нет.

На рис. 1 представлены данные эксперимента. По оси абсцисс отложено количество информации в двоичных единицах на стимул. По мере увеличения числа альтернативных тонов от 2 до 14 входная информация увеличивалась от 1 до 3,8 дв. ед. По оси ординат отложено количество переданной информации. Как и следовало ожидать, полученная зависимость переданной информации от входной информации в данном случае имеет такой же характер, как и для канала связи: передаваемая информация вначале линейно растет примерно до 2 дв. ед.; затем ее рост замедляется и она стремится к асимптотическому значению, равному примерно 2,5 дв. ед. Это значение 2,5 дв. ед. и есть то, что мы называем пропускной способностью слушателя,

выносящего абсолютные оценки высоты тонов.

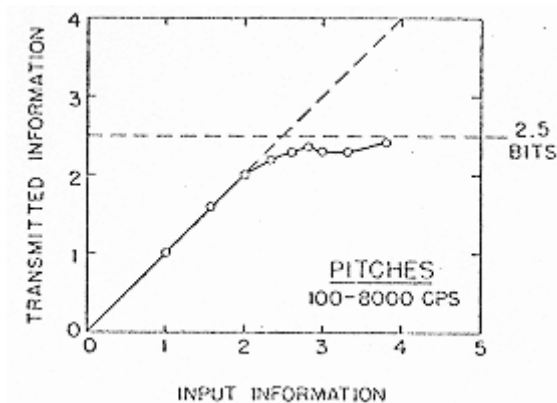


Рис. 1. Данные, приводимые Поллаком [17, 18] и относящиеся к количеству информации, которое передается слушателем, выносящим абсолютную оценку о высоте тона. В то время как количество входной информации возрастает с увеличением числа различных тонов (от 2 до 14), которые нужно оценить, количество переданной информации увеличивается и достигает верхнего предела пропускной способности, равного примерно 2,5 дв. ед. на одну оценку. В том случае, когда использовались только 2 или 3 тона, испытуемые никогда не смешивали их. При 4 различных тонах ошибки были чрезвычайно редки, а при 5 и более тонах ошибки отмечались довольно часто. При 14 тонах испытуемые допускали очень много ошибок.

Итак, мы получили число, равное 2,5 дв. ед. Что же оно означает? Прежде всего заметьте, что 2,5 дв. ед. примерно соответствуют 6 равновероятным возможностям. Полученный результат означает, что нельзя выбирать более 6 тонов, если мы хотим, чтобы испытуемый никогда не ошибался. И, выражаясь несколько иначе, как бы много альтернативных тонов мы ни предъявили испытуемому, самое большее, что мы можем ожидать от него, это то, что он безошибочно отнесет их к 6 различным классам.

Многие, вероятно, будут удивлены, узнав, что это число

столь мало — только 6. Конечно, известно, что музыкально одаренный человек способен различать по абсолютной высоте от 50 до 60 тонов. К счастью, у меня нет времени для обсуждения этого удивительного исключения. Я говорю «к счастью», потому что не знаю, чем объяснить это достижение ими таких высоких характеристик. Поэтому будем иметь дело с более обыкновенными фактами, которые говорят, что каждый из нас способен различить любой из 5 или 6 тонов, а затем начинает делать ошибки.

Здесь уместно напомнить, что психологи уже давно пользуются семизначной оценочной шкалой по той интуитивно осознанной причине, что бесполезно пытаться разделить шкалу на более мелкие категории просто потому, что это ничего не прибавит к окончательной оценке. Полученные Поллаком результаты, по крайней мере для экспериментов с высотой тона, хорошо подтверждают эту интуитивную позицию.

Возникает вопрос о том, насколько широко может быть распространен этот результат? Зависит ли он только от разнесения тонов или еще и от иных условий эксперимента? Поллак изменял эти условия различным образом. Диапазон частот изменялся примерно в 20 раз, но при этом количество передаваемой информации изменялось не более чем на несколько процентов. Различия перегруппировки тонов уменьшали информацию, но потеря была совсем небольшая. Например, если испытуемые могут различить 5 высоких тонов в одной группе и 5 низких тонов в другой группе, то следовало бы ожидать, что при объединении всех 10 тонов в одну группу испытуемые продолжали бы безошибочно различать эти тона. Тем не менее им это не удается сделать. Оказывается, что пропускная способность при различении тонов по высоте равна примерно 6 и это лучшее, чего удается достичь.

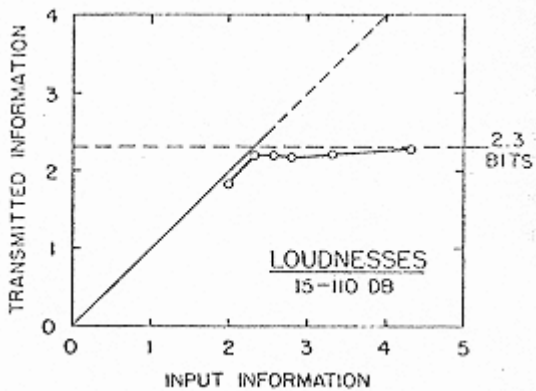


Рис. 2. Данные Гарнера [7] о пропускной способности при абсолютных оценках уровней громкости стимулов.

Перейдем теперь к работе Гарнера [7], в которой исследовалось различие тонов по громкости. На рис. 2 представлены полученные Гарнером результаты. Гарнер затратил немало усилий для наилучшего возможного размещения тонов в диапазоне интенсивностей от 15 до 110 Дб. Он использовал 4, 5, 6, 7, 10 и 20 различных по интенсивности тонов. Представленная на рис. 2 зависимость построена с учетом различий между испытуемыми и влияния на данную оценку непосредственно предшествовавшей оценки. И в данном случае мы снова обнаруживаем наличие определенного предела. Пропускная способность при выработке абсолютных оценок относительно высоты тонов равна 2,3 дв.ед., или примерно 5 отчетливо различаемым альтернативам.

Поскольку эти два исследования были проведены в разных лабораториях с совершенно различным оборудованием и методами анализа, мы не можем с полной достоверностью сказать, являются ли полученные результаты — 5 допустимых уровней громкости и 6 различных тонов — существенно различными. По-видимому, это различие все же отражает действительное положение вещей, и абсолютные оценки высоты

тонов просто несколько более точны, чем суждения об уровнях громкости. Важно, однако, что оба ответа представляют собой величины одного порядка.

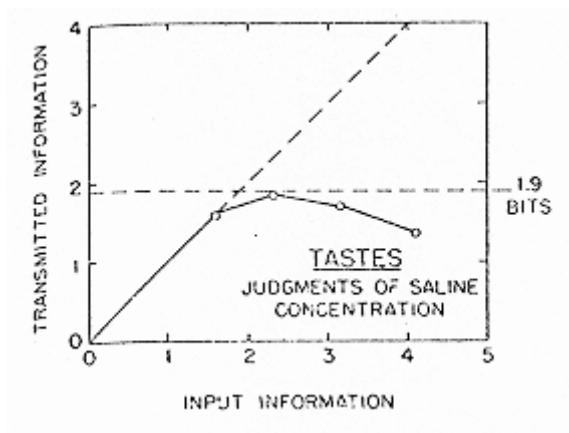


Рис. 3. Данные Биб-Сеятера, Роджерса и О'Коннели [1] о пропускной способности при абсолютных оценках степени солёности растворов.

Были проведены также эксперименты со вкусовыми раздражителями. На рис. 3 представлены полученные Биб-Сентером, Роджерсом и О'Коннели [1] результаты экспериментов по абсолютным оценкам концентраций солевых растворов. Концентрации брались в пределах от 0,3 до 34,7 г поваренной соли на 100 см³ питьевой воды, причем значения концентрации выбирались через равные субъективно интервалы. Пропускная способность оказалась равной 1,9 дв. ед., что соответствует примерно четырем различным концентрациям. Таким образом, кажется, что вкусовые концентрации различаются в несколько меньшей степени, чем звуковые стимулы, но величины снова получились примерно те же.

С другой стороны, пропускная способность в случае оценок положений в пространстве зрительных стимулов оказывается значительно большей. Хейк и Гарнер [8] проводили экспе-

рименты, в которых наблюдатели должны были интерполировать положение указателя между двумя отметками шкалы. Результаты экспериментов представлены на рис. 4. Эксперименты велись в двух направлениях. В первом варианте наблюдатели могли использовать любое число от 0 до 100, чтобы описать положение. Во втором испытуемые были ограничены в своих ответах только теми значениями, которые были возможны. Но результаты настолько сходны, что мы вправе заключить, что число доступных испытуемому ответов никак не сказывается на пропускной способности, которая в данном случае равна 3,25 дв. ед.

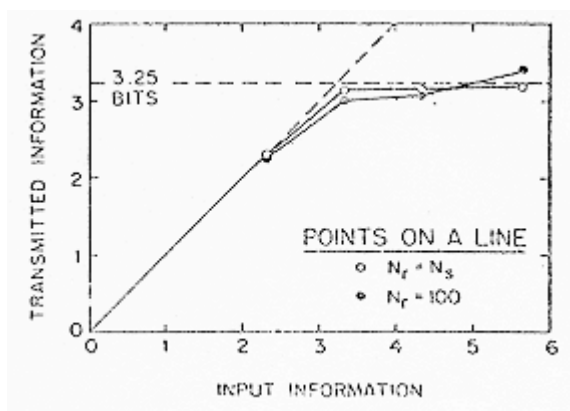


Рис. 4

Коонэн и Клеммер повторили эксперимент Хейка и Гарнера. И хотя они еще не опубликовали своих результатов, я получил разрешение заявить, что достигнутая в их опытах пропускная способность лежит в пределах от 3,2 дв. ед. для очень коротких периодов предъявления позиции указателя на шкале и до 3,9 дв. ед. для более длительных предъявлений. Эти оценки несколько выше полученных Хейком и Гарнером, и поэтому мы должны сделать вывод о том, что на линейном интервале можно отчетливо различить от 10 до 15 позиций. Это самое

большое значение пропускной способности для любой из одномерных переменных величин.

В настоящее время эти четыре эксперимента по абсолютным оценкам простых одномерных стимулов представляют собой все, что появилось в психологических журналах по данному вопросу. Однако большое количество работ, в которых исследовались другие стимульные переменные, еще не опубликовано. Например, Эриксен и Хейк [6] определили, что пропускная способность, связанная с оценками размеров квадратов, составляет 2.2 дв. ед., или около 5 категорий, при широком разнообразии экспериментальных условий. В своем отдельном эксперименте Эриксен [5] получил следующие данные: 2,8 дв. ед. для размеров, 3,1 дв. ед. для оттенков и 2.3 дв. ед. для яркости. Геллард измерил пропускную способность тактильного анализатора, прикладывая вибраторы к грудной области. Хороший испытуемый мог различить примерно 4 степени интенсивности, 5 длительностей колебаний и около 7 местоположений.

Одной из наиболее активных групп, работающих в этой области, является Лаборатория операционных исследований военно-воздушных сил. Поллак был настолько любезен, что предложил мне в полное распоряжение результаты измерений, касающихся пропускной способности оператора при работе за устройствами отображения зрительной информации. Эта группа произвела измерения пропускной способности при восприятии площадей, кривизны, длин линий и их направлений. В одной серии экспериментов они прибегали к очень короткой экспозиции стимулов — $1/40$ с/с, а затем повторили измерения при 5-секундной экспозиции. При короткой экспозиции они получили величину пропускной способности для площадей 2,6 дв. ед., а при длительной экспозиции — 2,7 дв. ед. Для длины линий они получили около 2,6 дв. ед. при короткой экспозиции и 3,0 дв. ед. при длительной экспозиции. Пропускная способ-

ность при оценке направлений или углов наклона оказалась равной 2,8 дв. ед. для короткой и 3,3 дв. ед. для длительной экспозиции. Оказалось, что оценка кривизны сопряжена со значительными трудностями. Результаты при постоянной длине дуги и при короткой экспозиции равны 2,2 дв. ед; если же оценивалась длина хорды, то результаты равнялись всего 1,6 дв. ед. Эта последняя величина является самой низкой из всех измеренных кем бы то ни было. Я должен добавить, однако, что полученные результаты слишком занижены, потому что, прежде чем вычислить количество переданной информации, они объединяли данные всех испытуемых.

Разберемся теперь в достигнутых результатах. Во-первых; кажется, что пропускная способность является вполне закономерным понятием для описания поведения человека-наблюдателя. Во-вторых, значения пропускных способностей, измеренные для одномерных стимульных переменных, заключены в пределах от 1,6 до 3,9 дв. ед. для определения позиций точки на интервале. Хотя здесь не ставится вопрос о том, какие различия переменных являются подлинными и значимыми, мне кажется более важным то обстоятельство, что они обнаруживают значительное сходство. Если взять верхние значения оценок, полученных во всех упомянутых экспериментах, то среднее значение по всем стимульным переменным будет равно 2,6 дв. ед., причем стандартное отклонение составит только 0,6 дв. ед. Если выразить эти данные посредством различных альтернатив, то это среднее значение пропускной способности соответствует примерно 6,5 категориям, стандартное отклонение включает от 4 до 10 категорий, а общий диапазон изменений простирается от 3 до 15 категорий. Если иметь в виду широкое разнообразие различных переменных величин, которые мы исследовали, то этот общий диапазон изменений окажется поразительно узким.

По-видимому, наш организм имеет какой-то предел,

ограничивающий наши способности и обусловленный в свою очередь либо процессом научения, либо самим строением нашей нервной системы. Исходя из рассмотренных результатов, можно, вероятно, сделать достоверный вывод о том, что мы обладаем конечной и скорее малой способностью выносить такие одноразмерные оценки и что эта способность изменяется незначительно при переходе от одного простого сенсорного качества к другому.

Абсолютные оценки многомерных стимулов

Читатель, вероятно, заметил, что до сих пор я был достаточно осторожен, когда говорил, что это магическое число 7 относится к одномерным стимулам. Повседневный опыт свидетельствует о том, что мы можем точно идентифицировать любое лицо из нескольких сот лиц, любое слово из нескольких тысяч слов, любой из нескольких тысяч объектов и т. д. Наш рассказ, конечно, не был бы полон, если бы мы остановились в этом месте. Нам следует как-то попытаться понять, почему оценки одномерных стимулов дают в наших лабораториях результаты, так сильно отличающиеся от того, что мы постоянно наблюдаем вне лабораторий.

Возможное объяснение заключено в существовании целого ряда независимых переменных параметров стимулов, на основе которых производится оценка. Предметы, лица, слова и им подобное отличаются друг от друга многими признаками, в то время как простые стимулы, о которых мы говорили до сих пор, отличаются друг от друга только в одном отношении.

К счастью, мы располагаем некоторыми данными относительно абсолютных оценок стимулов, отличающихся друг от друга несколькими признаками. Прежде всего рассмотрим по-

лученные Клеммером и Фриком [13] результаты об абсолютных оценках положения точки в квадрате. Эти результаты можно видеть на рис. 5. Как видно из рис. 5, где представлены полученные ими результаты, значение пропускной способности возросло до 4,6 дв. ед., это означает, что человек способен точно указать любое из 24 положений точки внутри квадрата.

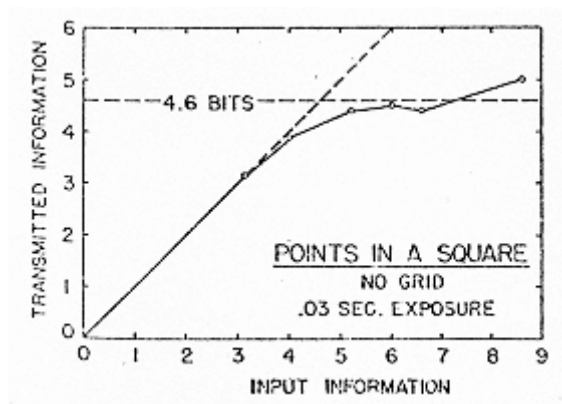


Рис. 5. Данные Клеммера и Фрика [13] о пропускной способности при абсолютных оценках положения точки в квадрате.

Определение положения точки в квадрате является задачей восприятия в двухмерном пространстве. Для ее решения требуется определить положение как по горизонтали, так и по вертикали. Вполне естественно сравнить значение пропускной способности для случая оценки положения точки в квадрате (4,6 дв. ед.) со значением пропускной способности для случая оценки положения точки на линейном интервале (3,25 дв.ед.). Для определения положения точки внутри квадрата требуется произвести две оценки того же типа, что и при определении положения точки па интервале. Пропускная способность при оценке интервалов равнялась 3,25 дв. ед. Для двух таких оценок мы получили бы при определении точки в квадрате величину 6,5 дв. ед. На самом же таеле добавление второй перемен-

ной привело к увеличению значения от 3,25 только до 4,6 дв. ед.

Другой пример дает нам работа Биб-Сентера, Роджерса и О'Коннели. Когда перед испытуемыми ставилась задача различать растворы, содержащие неодинаковые концентрации сахара и соли, как по степени сладости, так и по степени солености, то оказалось, что пропускная способность в данном случае равна только 2,3 дв. ед. Так как при определении солености это значение равно 1,9 дв. ед., в данном случае, когда оценки выносятся в двух признаках сложного стимула, можно было бы ожидать величины пропускной способности около 3,8 дв. ед. Как и при определении пространственного положения стимула, в данной задаче второе измерение лишь незначительно увеличило пропускную способность. В экспериментах Поллака [18] испытуемые должны были определять громкость и высоту чистых тонов. Так как высота тона дает 2,5 дв. ед. и громкость дает 2,3 дв. ед., при сочетании оценок о высоте и уровне громкости можно было бы рассчитывать получить 4,8 дв. ед. Поллак же получил 3,1 дв. ед., что опять-таки указывает на то, что добавление второго измерения увеличивает значение пропускной способности лишь незначительно.

Четвертый пример можно взять из работы Халси и Чапаниса [9], в которой исследовалось смешение цветов одинаковой освещенности. Хотя полученные ими результаты не анализировались в теоретико-информационных понятиях, они считают, что существует примерно от 11 до 15 цветов, что соответствует в нашей терминологии примерно 3,6 дв. ед. Поскольку цвета изменялись как по оттенкам, так и по насыщенности, вероятно, вполне правильно будет рассматривать эти стимулы как двухмерные. Если мы сравним полученный результат с данными Эриксона — 3,1 дв. ед. для оттенков (оставляя в стороне вопрос о допустимости такого сравнения), мы снова получим число — немного меньше простой арифметической суммы,

которую мы ожидали бы получить при добавлении второго измерения.

Однако примеры с двухмерными стимулами далеки от случая различения таких многомерных стимулов, как лица, слова и т. д. У нас есть только данные одного эксперимента со звуковыми стимулами, проведенного Поллаком и Фиксом [19]. Они выбрали 6 различных акустических переменных, значения которых можно было изменять в широких пределах: по частоте, интенсивности, скорости прерывания, отношению интервалов звучания и прерывания, общей продолжительности и пространственному расположению. Как предполагалось, каждая из шести переменных могла принимать любое из 5 различных значений. В результате было получено 5^6 , или 15625, различающихся друг от друга тонов, которые можно было бы предъявить испытуемым. Слушатели производили отдельную оценку по каждому из 6 измерений. При данных условиях количество переданной информации составило 7,2 дв. ед., что соответствует примерно 150 различным категориям, которые можно было бы абсолютно и безошибочно идентифицировать. Здесь мы только начинаем приближаться к тому диапазону изменчивости, с которым постоянно сталкиваемся в повседневной практике.

Представим себе, что мы нанесли все эти данные на график, и попытаемся теперь понять, как с изменением размерности стимула изменяется пропускная способность. В этом нам поможет рис. 6. Я даже нанес на график пунктирную линию, которая в схематическом виде отображает проявляемую этими данными общую тенденцию.

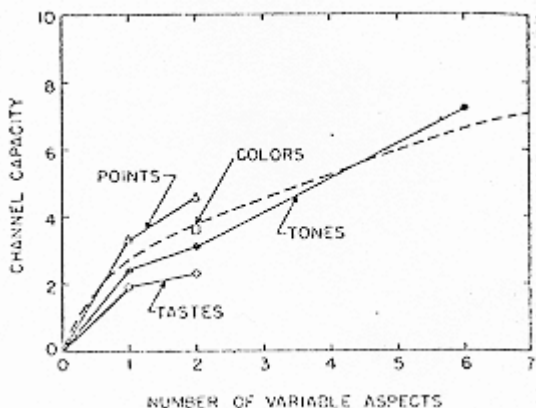


Рис. 6. Общий характер зависимости между пропускной способностью и числом независимых переменных признаков стимула.

Ясно, что добавление к стимулу независимого переменного признака увеличивает пропускную способность, но это увеличение по мере добавления новых признаков происходит во все уменьшающейся пропорции. Интересно отметить, что пропускная способность увеличивается даже в том случае, когда эти переменные не являются независимыми. Эриксен [5] отмечает, что в том случае, когда размеры, яркости и оттенки стимулов изменяются в строгой связи друг с другом, передаваемая информация равна 4,1 дв. ед. по сравнению со своим средним значением в 2,7 дв. ед., — которое достигается в том случае, когда каждый признак изменяется в отдельности по одному за один раз. Соединив три признака, Эриксен увеличил размерность входа, но при этом количество входной информации не увеличилось (так как изменение значений признаков происходит взаимозависимо). В результате этого пропускная способность увеличилась примерно в такой степени, как это можно было ожидать, судя по пунктирной кривой рис. 6.

Дело, как кажется, обстоит таким образом, что при добавлении новых переменных в изображение пропускная способность увеличивается, но при этом падает точность различения

любой отдельной переменной. Другими словами, относительно нескольких предметов одновременно мы можем делать только довольно приблизительные суждения.

Можно утверждать, что в ходе эволюционного процесса выживали лишь те организмы, которые с наибольшим успехом могли реагировать на самый широкий набор стимулов, поступавших из окружающей среды. Для того чтобы выжить в постоянно изменяющемся мире, гораздо лучше иметь небольшое количество информации о многих вещах, чем обладать огромной информацией относительно малой части окружающей среды. Тот компромисс, который был достигнут в результате эволюции, и является наиболее подходящим.

Результаты, полученные Поллаком и Фиксом, очень хорошо согласуются с выдвигаемым в последнее время лингвистами и фонетистами аргументом [11]. Согласно лингвистическому анализу звуков человеческой речи, существует от 8 до 10 мер — лингвисты называют их отличительными признаками, — посредством которых одна фонема отличается от другой. По своей природе эти отличительные признаки обычно являются двоичными или в крайнем случае троичными. Например, бинарный различительный признак лежит в основе отделения гласных от согласных, для различения ротовых согласных от носовых требуется принять также бинарное решение, а для различения переднеязычных, среднеязычных и заднеязычных фонем нужно принять троичное решение и т. д. Такой подход к распознаванию фонем дает нам совершенно иную картину восприятия речи и позволяет иначе подойти к анализу способности человеческого уха определять относительные различия чистых тонов. Лично я очень заинтересовался новым подходом [15] и мне остается только выразить сожаление, что в данной работе я не могу остановиться на этом более подробно.

Вероятно, Поллак и Фикс решили провести свои эксперименты над рядом тональных стимулов именно под воздействи-

ем лингвистической теории. Они изменяли стимулы по 8 измерениям, но по каждому измерению требовалось принять только бинарное решение. В результате измерения передаваемой информации они получили 6,9 дв. ед., или 120 различных типов звуков. В этой связи встает интересный и до сих пор пока еще не решенный вопрос: можно ли таким способом неограниченно, добавлять новые измерения?

В человеческой речи обнаруживается четко выраженный предел для ряда используемых нами измерений. Но в таком случае, однако, не известно, возникает ли этот предел из-за самой природы перцептивного механизма, предназначенного для различения звуков, или из-за особенностей речевого механизма, который производит эти звуки. Видимо, для выяснения этого следует проделать специальные эксперименты. Однако в каждом языке существует хорошо изученный предел, равный 8 или 9 различительным признакам. Следовательно, когда мы говорим, мы прибегаем еще к одному тонкому приему для увеличения нашей пропускной способности. В нашем языке используются целые последовательности фонем. Таким образом при слушании слов и предложений мы выносим последовательно несколько оценок. Иначе говоря, мы прибегаем как к последовательным, так и к одновременным способам различения звуков для того, чтобы расширить довольно жесткие пределы, обусловленные неточностью наших абсолютных оценок простых величин.

Эти многомерные оценки очень напоминают эксперименты по абстрагированию Кюльпе [14]. Как известно, он показал, что установка испытуемых на определенные признаки стимулов приводила к тому, что испытуемые сообщали более точно именно об этих признаках, чем о признаках, не вошедших в их число. Например, Чепмэн [4] использовал 3 различных признака и сравнивал результаты двух серий экспериментов. В первой серии перед тахистоскопическим предъявлением стимулов ис-

пытуемые получали определенные инструкции относительно признаков, во второй серии испытуемым не сообщалось, на какой из признаков им следует обратить внимание. Оказалось, что суждения были более точны а том случае, когда испытуемым заранее давалась инструкция. Когда же инструкция давалась после предъявления стимулов, тогда испытуемые, по видимому, должны были до оценки одного из трех признаков составить предварительно оценки всех признаков, что, конечно, снижало точность ответов. Эти данные полностью соответствуют только что рассмотренным результатам, согласно которым точность суждения относительно каждого признака уменьшается при увеличении числа измерений. Суть дела, конечно, ясна, но мне хотелось бы подчеркнуть, что эксперименты по абстрагированию не подтвердили того положения, что человек за один раз может судить только об одном признаке. Они показали только то, что человек бывает менее точен в своих суждениях в том случае, когда ему приходится выносить их более чем об одном признаке одновременно.

Симультанное восприятие

Я не могу закончить этот обзор, ничего не сказав хотя бы вкратце об экспериментах над различением чисел, проведенных в Маунт-Хоулиоукском колледже Кауфманом, Лордом, Ризом и Фолькманом. Они предъявляли испытуемым на экране беспорядочно составленные из точек изображения на время 5 сек. В любом предъявлении могло появиться от 1 до 200 точек. Задача испытуемых состояла в том, чтобы сообщить, сколько точек содержит изображение.

Прежде всего надо заметить, что, когда изображение содержало до пяти или шести точек, испытуемые просто не делали ошибок. Результаты действий с этими небольшими количе-

ствами точек были настолько отличны от результатов действий с большим числом точек, что этим действиям следует дать специальное наименование. Когда число точек не превышает 7, говорят о «мгновенном схватывании» (subitise)³, при большем числе говорят об оценке (estimate). Как вы заметили, это именно то, что мы однажды метафорически назвали «объемом внимания».

Такое резкое прерывание на числе 7 является, конечно, предположительным. Наблюдаем ли мы и здесь тот же самый процесс, который ограничивает нашу способность к одномерным оценкам примерно семью категориями?

По моему мнению, это обобщение заманчиво, но безосновательно. Эти данные по оценке чисел не были проанализированы посредством теоретико-информационных понятий, но, основываясь на опубликованных результатах, я предполагаю, что испытуемые передавали не многим более 4 дв. ед. информации относительно числа точек. Прибегая к тем же самым аргументам, что и раньше, мы могли бы заключить, что существует всего около 20 или 30 различаемых численных категорий. Это значительно превосходит то количество информации, которое можно было бы ожидать от одномерного изображения. На самом же деле все это очень похоже на двухмерное изображение. И хотя еще не ясно, как определять размерность изображения, составленного из случайно сгруппированных точек, эти результаты приближаются к данным Клеммера и Фрика для двухмерного стимула при нахождении положения точки в квадрате. Вероятно, при оценке числа точек такими двумя измерениями являются занимаемая точками площадь и их плотность. В том случае, когда испытуемый может симультан-

³ По смыслу дела предлагаемый автором термин эквивалентен установившемуся в нашей литературе понятию «симультанное восприятие». — Прим, перев.

но воспринимать, площадь и плотность изображения не являются значимыми переменными, но, когда испытуемый должен оценивать, эти параметры, вероятно, оказываются значимыми. Во всяком случае, это не настолько простое дело, как могло показаться на первый взгляд.

Это одна из тех областей, в которых меня преследует магическое число 7. Здесь мы сталкиваемся с двумя тесно связанными типами экспериментов, каждый из которых указывает на значение числа 7 как предела наших способностей. И все же при более углубленном изучении проблемы остается, как кажется, вполне оправданное подозрение, что все это можно объяснить простым совпадением.

Объем непосредственной памяти

Позвольте мне подвести итог сказанному таким образом: существует определенный четко выраженный предел той точности, с которой мы можем абсолютно (т. е. не прибегая к сравнению с эталоном) различать величину одномерной стимульной переменной. Я предложил бы называть этот предел объемом абсолютной оценки, и я утверждаю, что для одномерных оценок этот объем лежит где-то поблизости от числа 7. Наши способности, однако, не находятся в полной зависимости от этого ограниченного объема, потому что мы обладаем множеством способов выйти за его пределы и увеличить точность наших суждений. Вот три наиболее важные из них: (а) надо прибегнуть к относительным, а не к абсолютным суждениям, и если это невозможно, то (б) следует увеличить число измерений, по которым могли бы различаться стимулы, или (в) перестроить задачу таким образом, чтобы можно было составить ряд из нескольких последовательных оценок.

Исследование относительных оценок является одной из

самых старых проблем экспериментальной психологии, и я не собираюсь здесь приводить обзор этих исследований. Второй способ, заключающийся в увеличении размерности стимулов, мы только что подробно рассматривали. Кажется, что, добавляя новые измерения и требуя только грубых, бинарных оценок типа «да-нет» по каждому из признаков, мы сможем расширить объем абсолютных оценок от 7 по крайней мере до 150. Если исходить из нашего повседневного опыта, то, вероятно, этот предел лежит где-то около нескольких тысяч, если он в действительности существует. По моему мнению, нельзя беспредельно объединять измерения. Я предполагаю, что существует также объем перцептивной размерности и что численное значение этого объема лежит где-то около десяти, но я должен сразу же добавить, что для доказательства этого предположения у меня нет никаких объективных данных. Этот вопрос также нуждается в экспериментальном исследовании.

Что же касается третьего приема — использования последовательных оценок, то на нем мне хотелось остановиться несколько более подробно, потому что здесь прибегают к интересному приему, когда память ставится на службу процесса различения. И поскольку мнемонические процессы не менее сложны, чем перцептивные, можно думать, что разобраться в их взаимодействии будет не так-то легко.

Предположим, что мы начнем просто с небольшого развития той экспериментальной методики, которой мы уже пользовались. До сих пор мы предъявляли наблюдателю один стимул и просили назвать его немедленно после предъявления. Мы можем развить эту методику, если потребуем от испытуемого не спешить с ответом, пока ему не будет предъявлена последовательность нескольких стимулов. Он должен давать ответ в конце последовательности стимулов. Наша экспериментальная ситуация оказывается тон же самой, что и при измерениях передаваемой информации. Но теперь мы перешли от экспери-

ментов по выработке абсолютных суждений к тому, что по традиции называется экспериментами по исследованию непосредственной памяти.

Прежде чем мы начнем рассматривать относящиеся к этому вопросу данные, мне хотелось бы сделать предостережение, чтобы помочь вам избежать некоторых очевидных ассоциаций, которые могут ввести в заблуждение. Всем известно, что существует конечный объем непосредственной памяти и что для большинства типов тестового материала этот объем не превышает 7 единиц. Я только что говорил об объеме абсолютных оценок, который соответствует примерно 7 различным категориям, и об объеме внимания, составляющем примерно 6 предметов, которые можно увидеть одновременно. Что может быть более естественнее предположения о том, что все эти явления есть различные аспекты единого процесса, лежащего в их основе? И именно в этом предположении кроется коренная ошибка. Эта навязчивая вредная идея преследовала меня столь же упорно, что и магическое число 7.

Моя ошибка вела примерно к следующему. Мы уже видели, что количество информации, которое наблюдатель может передать, является инвариантным свойством объема абсолютных суждений. Между экспериментами по абсолютным оценкам и экспериментами по изучению непосредственной памяти существует большое операционное сходство. Если явления, связанные с непосредственным запоминанием, в чем-то сходны с абсолютными оценками, то отсюда следует, что количество информации, которое может запомнить наблюдатель, также является инвариантным свойством объема непосредственной памяти. Если количество информации в объеме непосредственной памяти является постоянной величиной, то тогда этот объем должен быть малым в том случае, когда запоминаемые отдельные единицы содержат много информации, и большим в том случае, когда они несут мало информации.

Например, каждая десятичная цифра несет 3,3 дв. ед. информации, мы обладаем способностью сохранять в памяти примерно семь десятичных цифр, что дает в сумме 23 дв. ед. информации. Изолированное слово английского языка несет примерно 10 дв. ед. каждое. Если общее количество информации остается постоянным и равным 23 дв. ед., то в таком случае мы должны были бы помнить только два или три выбранных наугад слова. Таким путем я пришел к гипотезе, согласно которой объем непосредственной памяти меняется в зависимости от количества информации, приходящейся на единицу тестового материала.

Измерения объема памяти, сведения о которых имеются в литературе, проводились с учетом, но недостаточно определенным, этой зависимости. Поэтому необходимо было поставить дополнительные опыты. Хейес [10] попытался это сделать, используя в своих экспериментах пять различных типов тестовых материалов: бинарные цифры, десятичные цифры, буквы латинского алфавита, эти же буквы плюс десятичные цифры и, кроме того, 1000 односложных слов. Списки символов читались вслух со скоростью один символ в секунду, и испытуемым предоставлялось столько времени на ответные реакции, сколько им было необходимо. Для подсчета реакций использовалась методика, предложенная Вудвортсом [20].

Полученные результаты представлены на рис. 7 черными кружками. Пунктирная линия на этом же рисунке показывает, каким должен был бы быть объем непосредственной памяти в том случае, если бы количество информации оставалось постоянным. Сплошными линиями показаны данные, полученные на самом деле.

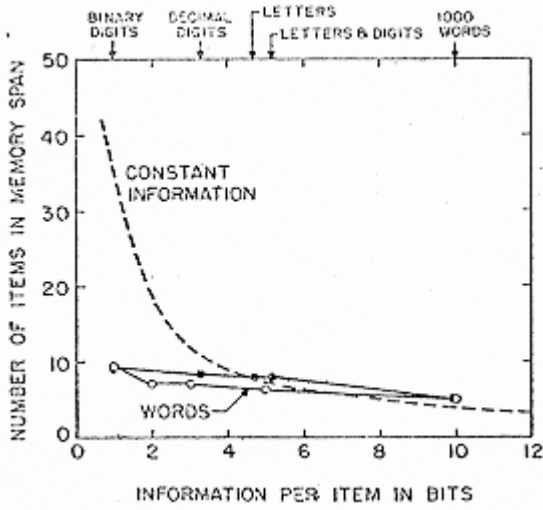


Рис. 7. Данные Хейеса [10], показывающие зависимость объема непосредственной памяти от приходящегося на единицу тестового материала количества информации.

Хейес повторил свой эксперимент, используя различные по объему тестовые словари, содержащие только английские односложные слова. Этот более однородный тестовый материал не изменил значительным образом окончательные результаты. При бинарных символах объем непосредственной памяти равен 9 единицам, и, хотя он и снижается до 5 единиц при односложных английских словах, получаемая разница оказывается гораздо меньшей, чем это можно было бы предположить на основании гипотезы постоянства количества информации в объеме непосредственной памяти.

Не следует думать, что в экспериментах Хейеса могла быть допущена какая-либо ошибка, поскольку Поллак [16] повторил их довольно тщательно и получил те же результаты. Поллак обратил при этом особое внимание на измерение количества передаваемой информации, не надеясь на традиционную методичку подсчетов ответных реакций. Полученные им

результаты представлены на рис. 8. Из рисунка видно, что количество переданной информации не является постоянной величиной, оно почти линейно возрастает с увеличением количества входной информации, приходящейся на один символ.

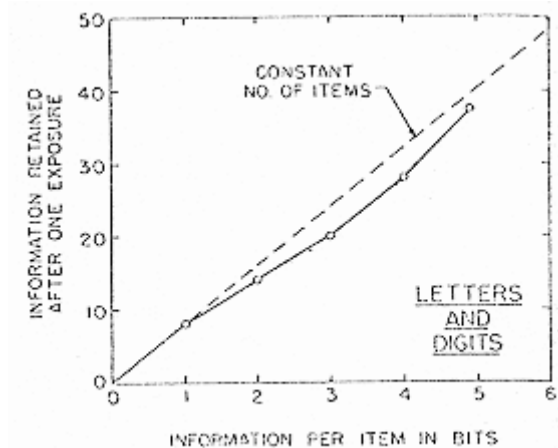


Рис. 8. Данные Поллака (16), показывающие зависимость остающегося после одного предъявления количества информации от приходящегося на единицу тестового материала количества информации.

Итак, окончательный результат совершенно ясен. Несмотря на то, что магическое число 7 в силу случайного совпадения появляется в обоих случаях, объем абсолютных оценок и объем непосредственной памяти характеризуют два совершенно различных типа ограничений, накладываемых на наши возможности по переработке информации. Абсолютные оценки связаны с ограниченным количеством информации, а непосредственная память ограничена числом запоминаемых единиц. Для того чтобы выразить это различие в наглядной форме, я предлагаю проводить различие между дв. ед. информации, с одной стороны, и отрезком информации (chunks) — с другой. В таком случае можно будет говорить, что число двоичных еди-

ниц информации постоянно для абсолютной оценки и что число отрезков информации постоянно для непосредственной памяти. Кажется, что объем непосредственной памяти почти не зависит от числа двоичных единиц, приходящихся на отрезке информации, по крайней мере в тех пределах, которые были исследованы к настоящему времени.

Противопоставление терминов дв.ед. и отрезок информации проливает также свет и на то обстоятельство, что мы не очень точно определяем, из чего именно образуется этот отрезок информации. Например, полученный Хейесом объем непосредственной памяти в 5 выбранных наугад из 1000 английских односложных слов может быть назван объемом памяти в 15 фонем, поскольку каждое слово образовано примерно тремя фонемами, а логическое различие между ними не так уж очевидно. Мы имеем здесь дело с процессом организации или группировки входных стимулов в знакомые единицы или отрезки информации, и значительная часть усилий при обучении должна быть направлена на образование таких знакомых единиц.

Перекодирование

Следовательно, для того чтобы выразаться более точно, мы должны признать важность процессов группирования или организации входных последовательностей в единицы или отрезки информации. Поскольку объем памяти равен ограниченному числу отрезков информации, мы можем увеличить число двоичных единиц, приходящихся на один отрезок информации, путем построения все больших и больших отрезков, причем так, чтобы каждый отрезок содержал больше информации, чем раньше.

Человек, только начинающий изучать радиотелеграфный

код, воспринимает на слух каждую точку и тире отдельно, как отдельный отрезок информации. Но вскоре он обретает способность организовывать эти звуки в буквы, и теперь он уже обращается с буквами как с отрезками информации. Затем буквы организуются в слова, которые в свою очередь становятся еще большими отрезками информации, и оператор начинает целиком воспринимать целые фразы. Я не имею в виду, что каждый описанный шаг есть дискретный процесс или что на кривой обучения должны появляться Ровные участки (плато), потому что, конечно, различным уровням организации соответствуют различные скорости работы и эти уровни перекрывают друг друга в процессе обучения. Я просто указываю на тот очевидный факт, что в ходе обучения точки и тире организуются в слуховые образы и что по мере образования все больших отрезков информации в соответствующей степени возрастает количество сообщений, которые способен запомнить оператор. Пользуясь предлагаемыми мною терминами, можно сказать, что оператор учится увеличивать число двоичных единиц, приходящихся на отрезок информации.

В теории связи такой процесс называется перекодированием. Входные сообщения представляют собой код, который содержит много отрезков информации при небольшом числе двоичных единиц, приходящихся на отрезок. Оператор перекодирует входные сообщения в новый код, который содержит меньше отрезков информации, но при большем числе двоичных единиц, приходящихся на отрезок. Существует много способов выполнить эти операции перекодирования, но, вероятно, наиболее простая заключается в образовании группы входных символов, присвоении нового обозначения группе и запоминании этого нового названия вместо запоминания исходных входных символов.

Поскольку я убежден в том, что этот процесс является очень общим и важным для психологии процессом, я хочу рас-

сказать вам о демонстрационном эксперименте, который с полной ясностью проиллюстрирует все, что я говорил. Этот эксперимент был проведен С. Смитом в 1954 году.

Начнем с того уже отмеченного факта, что человек способен воспроизвести по памяти восемь десятичных цифр и только девять двоичных цифр. Поскольку в данном случае наблюдается такое расхождение в количестве информации, воспроизводимой в этих двух ответах, мы тотчас же предполагаем, что для увеличения объема непосредственной памяти на двоичные цифры необходимо было бы применить методику перекодирования. В таблице приведен метод, предназначенный для группирования и переименования. В верхней графе представлена последовательность из 18 двоичных цифр, которая гораздо больше, чем может воспроизвести по памяти испытуемый после однократного предъявления. В следующей строке эти же самые двоичные цифры сгруппированы в пары. Здесь могут образоваться следующие четыре пары: 00 переименовывается в 0, 01 переименовывается в 1, 10 — в 2 и 11 — в 3. Иначе говоря, мы перешли от двоичной арифметики к четверичной арифметике. В перекодированной последовательности теперь имеется 1 только 9 цифр, которые надо запомнить, и это количество почти не превышает объема непосредственной памяти. В следующей строке таблицы исходная последовательность двоичных цифр перекодирована в отрезки информации по 3 символа в каждом. Имеется всего 8 возможных сочетаний из 3 символа. Мы даем, таким образом, каждому сочетанию новое обозначение от 0 до 7. Теперь мы перешли от последовательности 18 двоичных цифр к последовательности 6 восьмеричных, цифр, и это число вполне укладывается в объем непосредственной памяти. В последних двух строках двоичные цифры сгруппированы по 4 и 5, и им присвоены двоичнодесятичные обозначения от 0 до 15 и от 0 до 31.

TABLE 1
WAYS OF RECODING SEQUENCES OF BINARY DIGITS

Binary Digits (Bits)	1 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 0																			
2:1	Chunks	10	10	00	10	01	11	00	11	10										
	Recoding	2	2	0	2	1	3	0	3	2										
3:1	Chunks	101	000	100	111	001	110													
	Recoding	5	0	4	7	1	6													
4:1	Chunks	1010		0010		0111		0011		10										
	Recoding	10		2		7		3												
5:1	Chunks	10100		01001		11001		110												
	Recoding	20		9		25														

Вполне очевидно, что этот способ перекодирования приводит к увеличению числа двоичных единиц, приходящихся на отрезок информации, он позволяет также преобразовать двоичную последовательность в форму, которая легко может быть удержана в непосредственной памяти.

Смит привлек к опытам 20 испытуемых и измерил объем их непосредственной памяти на двоичные и восьмеричные цифры. Оказалось, что объем непосредственной памяти равен 9 для двоичных и 7 для восьмеричных цифр. Затем каждая из приведенных в таблице схем кодирования была дана 5 испытуемым. Они изучали процесс перекодирования до тех пор, пока не сообщили, что он им понятен, это продолжалось от 5 до 10 мин. Затем он снова проверял объем их памяти на двоичные цифры, в то время как они пытались применить изученные ими схемы перекодирования.

В каждом случае применение схем перекодирования увеличивало объем их непосредственной памяти на двоичные цифры. Но это увеличение не было настолько большим, как следовало бы ожидать исходя из значений объема для восьмеричных цифр. Поскольку отмеченное различие увеличивалось с ростом коэффициента перекодирования, мы можем заключить, что нескольких минут, отведенных на ознакомление со

схемами перекодирования, явно недостаточно. Очевидно, перевод из одного кода в другой должен происходить почти автоматически, иначе испытуемый потеряет часть следующей группы, в то время как он будет пытаться вспомнить перевод последней группы.

Поскольку случаи с коэффициентами 4:1 и 5:1 нуждаются в расширенном изучении, Смит решил последовать примеру Эббингхауза и провести эксперименты на самом себе. С чисто немецкой терпеливостью он тщательно изучил последовательно все схемы перекодировки и получил результаты, представленные на рис. 9. Теперь результаты очень близки к тем, которых можно было бы ожидать исходя из значения объема памяти на восьмеричные цифры. Он смог запомнить 12 восьмеричных единиц. При перекодировке с коэффициентом 2:1 эти 12 отрезков информации соответствуют 24 дв. ед. При коэффициенте перекодирования 3:1 12 отрезков составляют 36 дв. ед., а при коэффициентах 4:1 и 5:1 они составляют почти 40 двоичных цифр.

Когда человек воспринимает 40 двоичных цифр и затем безошибочно их воспроизводит, это производит удивительное впечатление. Однако если вы думаете, что все это можно рассматривать просто как мнемонический прием для расширения объема памяти, то вы упускаете при этом гораздо более важное обстоятельство, которое следует почти из всех таких мнемонических схем. Оно заключается в том, что перекодирование оказывается исключительно мощным инструментом для увеличения количества информации, которое мы можем обработать. В нашей повседневной практике мы постоянно в той или иной форме прибегаем к процессам перекодирования.

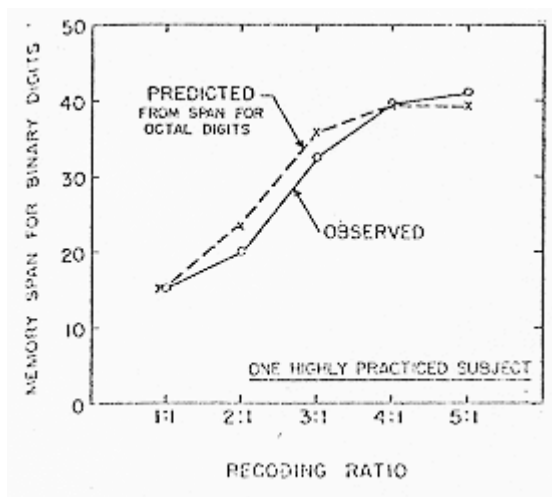


Рис. 9. Зависимость объема непосредственной памяти на двоичные цифры от использованной методики перекодирования. Предсказанная функция получена путем перемножения объема непосредственной памяти на восьмеричные цифры на 2,3 и 3,3 при перекодировании по основаниям 4,8 и 10 соответственно.

По моему мнению, самым привычным типом перекодирования, к которому мы все время прибегаем, является перевод на словесный код. Когда мы хотим вспомнить какую-либо историю, или довод, или идею, мы обычно стараемся пересказать ее своими словами. Когда мы хотим запомнить какое-либо событие, свидетелями которого мы стали, то обычно делаем вербальное описание этого события и затем вспоминаем именно это вербальное описание. Воспроизводя что-либо по памяти, мы восстанавливаем путем вторичной переработки детали, которые кажутся совместимыми с тем частным вербальным перекодированием, которое было сделано нами. Существование этого процесса было подтверждено известным экспериментом Кармайкла, Хогэна и Вальтера [3], где исследовалось влияние названий на воспроизведение по памяти визуальных изображений.

В судебной психологии хорошо известны расхождения в

показаниях очевидцев, но подобные расхождения и искажения не бывают произвольными — они происходят из того обстоятельства, что каждый свидетель пользовался своей системой перекодирования, которая зависела от всего его жизненного опыта. Наш язык исключительно приспособлен для перераспределения данных в немногие богатые информацией отрезки. Я предполагаю, что и воображение также является одной из форм кодирования, но получить представления операционным путем и затем изучить их экспериментально — это гораздо более трудная задача, чем исследование связанных с символами форм перекодирования.

Исследование процесса запоминания событий изложенным способом кажется вполне возможным. Процесс запоминания можно рассматривать как процесс формирования отрезков информации или групп из объединяемых совместно символов до тех пор, пока не образуется достаточно малое число единиц, которое мы сможем в дальнейшем воспроизвести полностью по памяти. Особый интерес в этом отношении представляет работа Боусфилда и Коена [2] по образованию группировок слов при воспроизведении их по памяти.

Краткие выводы

Мне хотелось бы, подойдя к концу изложения своего материала, сделать краткие заключительные замечания.

Во-первых, количество информации, которую мы можем получить, переработать и запомнить, ограничено в некоторых отношениях объемом абсолютных оценок и объемом непосредственной памяти. Путем симультанной организации входных стимулов по нескольким измерениям и последовательного упорядочения их в ряд отрезков информации нам удастся устранить или по крайней мере значительно ослабить эту

ограниченность наших процессов переработки информации.

Во-вторых, процесс перекодирования является очень важным психологическим процессом и заслуживает гораздо большего внимания, чем ему до сих пор уделялось. В частности, тот вид лингвистического перекодирования, которым поминутно пользуются люди, представляется мне жизненной основой мыслительных процессов. Клиницисты, социальные психологи, лингвисты и антропологи постоянно сталкиваются с процессами перекодирования, но тем не менее, вероятно, из-за того, что перекодирование менее доступно экспериментальному исследованию, чем, например, работа с бессмысленными слогами или Т-образными лабиринтами, традиционная экспериментальная психология очень мало или почти ничего не внесла в анализ этой проблемы. Тем не менее и здесь можно разработать экспериментальные методики, найти способы перекодирования и индикаторы поведения. И я надеюсь, что нам удастся обнаружить очень стройную систему отношений, описывающих то, что теперь кажется лишь разрозненным набором не слишком связанных между собой фактов.

В-третьих, предлагаемые теорией информации методики и меры дают возможность количественного подхода к решению некоторых из этих задач. Теория информации дает нам единицу измерения для калибровки стимульного материала и для измерения характеристик испытуемых. Стремясь к ясности изложения, я опускал некоторые технические детали, касающиеся способов измерения информации, и старался выражать свои мысли наиболее простым образом. Надеюсь, что это не заставит вас думать, будто бы они совсем бесполезны в исследовании, теоретико-информационные понятия уже оказались весьма полезными при изучении процессов распознавания и лингвистических проблем, они обещают быть также полезными при исследовании процессов обучения и связанных с памятью явлений, кроме того, предполагалось, что они смогут

найти применение при изучении образования понятий. Теперь могут показаться важными многие казавшиеся бесполезными лет двадцать или тридцать назад вопросы. В самом деле, я чувствую, что должен здесь закончить свой рассказ как раз тогда, когда он действительно становится очень интересным.

И наконец, как же обстоит дело с магическим числом 7? Что можно сказать о 7 чудесах света, о 7 морях, о 7 смертных грехах, о 7 дочерях Атланта — Плеядах, о 7 возрастах человека, 7 уровнях ада, 7 основных цветах, 7 тонах музыкальной шкалы или о 7 днях недели? Что можно сказать о семизначной оценочной шкале, о 7 категориях абсолютной оценки, о 7 объектах в объеме внимания и о 7 единицах в объеме непосредственной памяти? В настоящее время я пока предпочитаю воздержаться от суждения. Вероятно, за всеми этими семерками скрывается нечто очень важное и глубокое, призывающее нас открыть его тайну. Но я подозреваю, что это только злое пифагорейское совпадение.

Литература

(1) Beebe-Center, J. G., Rogers, M. S., & O'Connell, D. N. Transmission of information about sucrose and saline solutions through the sense of taste. *J. Psychol.*, 1955, 39, 157-160.

(2) Bousfield, W. A., & Cohen, B. H. The occurrence of clustering in the recall of randomly arranged words of different frequencies-of-usage. *J. gen. Psychol.*, 1955, 52, 83-95.

(3) Carmichael, L., Hogan, H. P., & Walter, A. A. An experimental study of the effect of language on the reproduction of visually perceived form. *J. exp. Psychol.*, 1932, 15, 73-86.

(4) Chapman, D. W. Relative effects of determinate and indeterminate Aufgaben. *Amer. J. Psychol.*, 1932, 44, 163-174.

(5) Eriksen, C. W. Multidimensional stimulus differences and accuracy of discrimination. USAF, WADC Tech. Rep., 1954, No. 54-165.

- (6) Eriksen, C. W., & Hake, H. W. Absolute judgments as a function of the stimulus range and the number of stimulus and response categories. *J. exp. Psychol.*, 1955, 49, 323-332.
- (7) Garner, W. R. An informational analysis of absolute judgments of loudness. *J. exp. Psychol.*, 1953, 46, 373-380.
- (8) Hake, H. W., & Garner, W. R. The effect of presenting various numbers of discrete steps on scale reading accuracy. *J. exp. Psychol.*, 1951, 42, 358-366.
- (9) Halsey, R. M., & Chapanis, A. Chromaticity-confusion contours in a complex viewing situation. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1954, 44, 442-454.
- (10) Hayes, J. R. M. Memory span for several vocabularies as a function of vocabulary size. In *Quarterly Progress Report*, Cambridge, Mass.: Acoustics Laboratory, Massachusetts Institute of Technology. Jan — June 1952.
- (11) Jakobson, R., Fant, C. G. M., & Halle, M. Preliminaries to speech analysis. Cambridge, Mass.: Acoustics Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, 1952. (Tech. Rep. No. 13.)
- (12) Kaufman, E. L., Lord, M. W., Reese, T. W., & Volkman, J. The discrimination of visual number. *Amer. J. Psychol.*, 1949, 62, 498-525.
- (13) Klemmer, E. T., & Frick, F. C. Assimilation of information from dot and matrix patterns. *J. exp. Psychol.*, 1953, 45, 15-19.
- (14) Külpe, O. Versuche über Abstraktion. *Ber. ü. d. I Kongr. f. exper. Psychol.*, 1904, 56-68.
- (15) Miller, G. A., & Nicely, P. E. An analysis of perceptual confusions among some English consonants. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 1955, 27, 338-352.
- (16) Pollack, I. The assimilation of sequentially encoded information. *Amer. J. Psychol.*, 1953, 66, 421-435.
- (17) Pollack, I. The information of elementary auditory displays. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 1952, 24, 745-749.
- (18) Pollack, I. The information of elementary auditory displays. II. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 1953, 25, 765-769.
- (19) Pollack, I., & Ficks, L. Information of elementary multi-dimensional auditory displays. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 1954, 26, 155-158.
- (20) Woodworth, R. S. *Experimental psychology*. New York: Holt, 1938.