

Ю. П. ШАБАНОВ-КУШНАРЕНКО, д-р техн. наук

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НУЛЬ-ОРГАНА В ПСИХОФИЗИКЕ,

СООБЩЕНИЕ II

Введем в рассмотрение произвольно взятую функцию F с областью определения A и областью значений B и предикат равенства D на B^2 , определяемый условиями:

$$D(u_1, u_2) = \begin{cases} 0, & \text{если } u_1 \neq u_2; \\ 1, & \text{если } u_1 = u_2. \end{cases}$$

Используя суперпозицию этих функций, образуем функцию E с областью определения A^2 и областью значений Σ :

$$E(x_1, x_2) = D(Fx_1, Fx_2).$$

Функция E удовлетворяет следующим трем требованиям: $E(x, x) = 1$ (рефлексивность),

если $E(x_1, x_2) = 1$, то $E(x_2, x_1) = 1$ (симметричность),

если $E(x_1, x_2) = E(x_2, x_3) = 1$, то $E(x_1, x_3) = 1$ (транзитивность)

для любых x, x_1, x_2, x_3 .

Действительно: 1) $E(x, x) = D(Fx, Fx) = 1$; 2) если $E(x_1, x_2) = 1$, то $Fx_1 = Fx_2$, поэтому $E(x_2, x_1) = 1$; 3) если $E(x_1, x_2) = E(x_2, x_3) = 1$, то $Fx_1 = Fx_2 = Fx_3$, поэтому $E(x_1, x_3) = 1$.

Таким образом, отношение $x_1 E x_2$, для которого функция $E(x_1, x_2)$ служит предикатом, есть отношение эквивалентности. Функцию $E(x_1, x_2)$ назовем предикатом эквивалентности. Представление в форме (2) — модель эквивалентности.

Модель эквивалентности используется нами для математического описания психофизических процессов. Представим предикат эквивалентности и его модель в виде схем (рис. 1). Представим соответствующий предикату эквивалентности (рис. 1, а), объект интерпретировать как испытуемого, реализующего своим ответом функцию E . Испытуемый реагирует на физический стимул (x_1, x_2) двоичным ответом y . Представим тот же объект преобразования физического стимула в реакцию испытуемого

в виде двух последовательно соединенных блоков 1 и 2 (рис. 1, б). Блок 1 состоит из двух идентичных параллельно включенных преобразователей сигналов, каждый реализует функцию F . Блок 2 выполняет роль нуля-органа, он сравнивает сигналы u_1 и u_2 и при их равенстве вырабатывает сигнал 1, при неравенстве — сигнал 0. Пару сигналов (u_1, u_2) интерпретируем как ощущение испытуемого, блок 1 — как психофизическую систему испытуемого, преобразующую физический стимул (x_1, x_2) в ощущение (u_1, u_2) , блок 2 — как сознание (точнее, как механизм сознания), с помощью которого испытуемый анализирует компоненты ощущения u_1 и u_2 и устанавливает факт их равенства или неравенства.

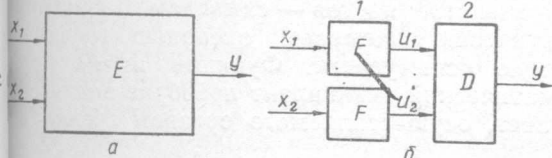


Рис. 1.

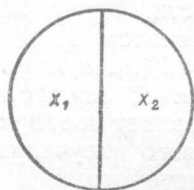


Рис. 2.

Многие психофизические задачи могут быть подведены под данную схему. В качестве примера рассмотрим одну из них. Как известно, в зависимости от спектрального состава светового излучения на сетчатку глаза вызывает в сознании человека тот или иной цвет — голубой, красный, белый, черный, фиолетовый, зеленый и т. д. Обозначим через x спектр светового излучения, действующего на орган зрения испытуемого, через u — цвет, возникающий при этом в сознании испытуемого. Поставим перед собой задачу отыскания вида функции $u = Fx$, реализуемой психофизической системой испытуемого в процессе преобразования излучения в цвет.

Чтобы подойти к решению этой задачи, можно поступить следующим образом. Испытуемому предъявим для одновременного восприятия сразу два световые излучения x_1 и x_2 . Практически это можно сделать с помощью специального прибора, называемого субъективным колориметром. В окуляр колориметра испытуемый увидит на темном фоне небольшой кружок, составленный из двух равных полей сравнения, разграниченных вертикальной линией (рис. 2). Каждое из этих полей испытуемый видит равномерно окрашенным в свой цвет. Цвет каждого поля зависит исключительно от спектра светового излучения, действующего на соответствующий участок сетчатки глаза испытуемого. Пусть x_1 — световое излучение, формирующее цвет u_1 левого поля, x_2 — излучение, формирующее цвет u_2 правого поля. В зависимости от выбора стимулов x_1 и x_2 цвет полей сравнения может быть различным или одинаковым. В случае равенства цветов граница между полями исчезает, и испы-

тупый видит равномерно окрашенный кружок. От испытуемого требуется, чтобы он отреагировал ответом «да», если он наблюдает равенство цветов, или ответом «нет», если цвета на полях сравнения различны.

Своим поведением испытуемый реализует некоторую функцию $y = E(x_1, x_2)$. Аргументами этой функции служат спектры x_1 и x_2 излучений, предъявляемых испытуемому на полях сравнения колориметра. Значением функции E служит двоичный ответ y испытуемого. Если положиться на субъективное свидетельство испытуемого о том, что он действительно формирует свой ответ в результате сравнения цветов, то можно прийти к выводу о применимости в данном случае модели эквивалентности. Ответ испытуемого при равенстве цветов обозначим символом 1, при неравенстве цветов — символом 0. Функция $y = D(u_1, u_2)$ математически описывает операцию сравнения цветов, осуществляемую испытуемым. Функция $u = Fx$ представляет собой математический эквивалент преобразования светового излучения в цвет, осуществляемый органом зрения испытуемого.

Как видим, вывод о применимости модели эквивалентности к математическому описанию поведения испытуемого приходится основывать на субъективном свидетельстве испытуемого. Использование интроспективных данных, принципиально непроверяемых объективными методами, существенно снижает степень надежности постановки научной задачи. Эта степень надежности была бы значительно выше, если бы удалось основать применимость модели эквивалентности исключительно объективными методами. Такое обоснование возможно, оно состоит в следующем.

Любую функцию $y = E(x_1, x_2)$, удовлетворяющую свойствам рефлексивности, симметричности и транзитивности, можно представить в виде модели эквивалентности. Более аккуратно это утверждение может быть сформулировано следующим образом. Для любой функции $E(x_1, x_2)$, имеющей произвольно выбранную область определения A^2 и область значений Σ и удовлетворяющей условиям (3), найдутся множество B и функция $F: A \rightarrow B$ такие, что функция E может быть представлена в виде (2).

Приведем доказательство этого утверждения. Для каждого $x \in A$ найдется множество S_x' всех x_1 таких, что $E(x_1, x) = 1$ и множество S_x'' всех x_1 таких, что $E(x_1, x) = 0$. Вследствие симметричности $S_x' = S_x'' = S_x$. Примем в качестве множества B систему всех S_x . Введем функцию F с областью определения A и областью значений B , полагая $Fx = S_x$. Покажем, что $E(x_1, x_2) = D(Fx_1, Fx_2)$. Пусть $E(x_1, x_2) = 1$. Если $x \in S_{x_1}'$, то $E(x, x_1) = 1$. В силу транзитивности $E(x, x_2) = 1$, а следовательно $x \in S_{x_2}'$. Значит, $S_{x_1}' \subseteq S_{x_2}'$. Если же $x \in S_{x_2}''$, то $E(x_2, x) = 0$ и в силу транзитивности $E(x_1, x) = 0$, поэтому $x \in S_{x_1}''$. Отсюда $S_{x_1}' \subseteq S_{x_2}'$.

$\in S_{x_1}$. Таким образом, $S_{x_1} = S_{x_2}$, а это значит, что $Fx_1 = Fx_2$, следовательно, $D(Fx_1, Fx_2) = 1$. Пусть теперь $E(x_1, x_2) = 0$. Тогда $x_2 \notin S_{x_1}$, вместе с тем в силу рефлексивности $x_2 \in S_{x_2}$. Поэтому $S_{x_1} \neq S_{x_2}$, т. е. $Fx_1 \neq Fx_2$. Следовательно, $D(Fx_1, Fx_2) = 0$. Таким образом, всегда $E(x_1, x_2) = D(Fx_1, Fx_2)$.

Доказанное утверждение дает нам следующий метод объективного решения вопроса о применимости модели эквивалентности для целей математического описания поведения испытуемого. Модель эквивалентности может служить адекватным математическим описанием поведения испытуемого в том и только том случае, если выполнены следующие два условия: 1) реакция испытуемого y однозначно определяется физическими стимулами x_1, x_2 , иными словами, существует функция $y = E(x_1, x_2)$, математически описывающая поведение испытуемого; 2) функция E удовлетворяет требованиям рефлексивности, симметричности и транзитивности.

Применительно к рассматриваемому примеру требование однозначности реакции испытуемого означает, что при повторном предъявлении пары световых излучений x_1, x_2 испытуемый должен сформировать ту же реакцию y , что и при первом предъявлении. Практика колориметрических измерений показывает (см. напр. [1]), что при случайном выборе пар (x_1, x_2) реакция испытуемого почти всегда однозначна: он видит цвета полей либо постоянно различными, либо постоянно одинаковыми. Однако в небольшой части случаев, когда цвета полей сравнения находятся на границе между равенством и неравенством, ответ испытуемого становится случайным, и требование однозначности нарушается. Таким образом, вопреки свидетельству нашего внутреннего зрения, модель эквивалентности не может служить адекватным математическим описанием поведения испытуемого при сравнении цветов. Требование однозначности может быть принято лишь как некоторое приближение к действительности.

Требование рефлексивности означает, что на световые излучения одинакового спектрального состава испытуемый всегда должен реагировать положительным ответом, наблюдая равенство цветов полей сравнения. Требование симметричности означает, что перемена излучений местами не должна повлиять на характер ответа испытуемого: он должен либо оба раза ответить «да», либо оба раза — «нет». Требование транзитивности означает, что если излучения x_1, x_2 и x_2, x_3 испытуемый воспринимает в виде одинаковых цветов, то он должен увидеть одинаковыми по цвету и излучения x_1, x_3 . Названные требования в эксперименте выполняются, однако не вполне строго. Они не точны уже хотя бы потому, что опираются на постулат о существовании функции E , который верен лишь приблизительно. Однако свойства рефлексивности, симметричности и транзитивности выполняются на практике с довольно высокой точно-

стью и могут быть положены в основу построения приближенного математического описания поведения испытуемого.

Таким образом, сведения, полученные при чисто бихевиористическом обследовании испытуемого, позволяют приближенно описывать его с помощью модели эквивалентности. Правда модель эта не имеет еще никакого психологического содержания. Ее переменные u_1, u_2 должны рассматриваться пока не как цвета, а как некоторые чисто служебные промежуточные сигналы модели. Чисто бихевиористическое исследование поведения испытуемого не дает нам права интерпретировать функцию F как математическое описание процесса преобразования светового излучения в цвет, осуществляемого органом зрения испытуемого. Пока эта функция фигурирует как некоторый вспомогательный математический объект, используемый для записи функции E , характеризующей поведение испытуемого. Для психологической интерпретации модели эквивалентности необходимо привлечь данные интроспективного анализа, а именно, нужно постулировать, что цвета действительно существуют и что испытуемый действительно их между собой сравнивает. Тот, кто не хочет пользоваться субъективными данными, должен довольствоваться моделью эквивалентности без психологической интерпретации и рассматривать ее лишь как математическое описание объективно регистрируемого поведения испытуемого.

Из приведенных соображений следует, что если поведение испытуемого с определенной степенью приближения можно описать в виде некоторой функции $y = E(x_1, x_2)$ с областью определения A^2 и областью значений Σ и эта функция удовлетворяет требованиям рефлексивности, симметричности и транзитивности, то с той же степенью точности можно математически описать это поведение в виде модели эквивалентности (2). В этой модели фигурирует функция $u = Fx$ с областью определения A и областью значений B , которую назовем *характеристической функцией* модели эквивалентности.

Если бихевиористические данные дополняют интроспективным свидетельством испытуемого о том, что он формирует свой ответ на основе сравнения двух компонентов ощущения, модель эквивалентности, кроме физической, допускает еще психологическую интерпретацию. В этом случае множество можно проинтерпретировать как совокупность всевозможных интересующих нас физических стимулов, способных воздействовать на органы чувств испытуемого, а элементы x этого множества — как конкретные стимулы, предъявляемые испытуемому. Каждый элемент u множества B интерпретируем как свойство, которое приобретает ощущение испытуемого под действием одного из стимулов x . Множество B должно быть проинтерпретировано как совокупность всевозможных таких свойств ощущения, а функция F — как математическая характеристика деятельности интересующего нас органа чувств испытуемого.

преобразующего физические стимулы x из множества A в соответствующие им свойства u ощущения.

Возникает задача отыскания вида характеристической функции F модели эквивалентности и ее области значений B . Решение этой задачи приведет к математическому описанию интересующего нас аспекта деятельности психофизической системы человека, в данном примере — преобразования зрительной системой светового излучения в цвет. Вместе с этим мы получаем также полную характеристику модели эквивалентности, описывающей соответствующее поведение испытуемого.

Таким образом, пара $\langle B, F \rangle$ определяет единственную функцию E . Но справедливо ли обратное утверждение? Будет ли каждая функция E единственным образом определять пару $\langle B, F \rangle$? Оказывается, нет. Существуют такие различные пары $\langle B', F' \rangle$ и $\langle B'', F'' \rangle$, которые задают одну и ту же функцию E . Сформулируем необходимое и достаточное условие, при котором две пары $\langle B', F' \rangle$ и $\langle B'', F'' \rangle$ определяют одну и ту же функцию E .

Две пары $\langle B', F' \rangle$ и $\langle B'', F'' \rangle$ определяют одну и ту же функцию E в том и только том случае, если существует взаимно однозначная функция T с областью определения B' и областью значений B'' такая, что для всех $x \in A$ $F''x = TF'x$.

Докажем это утверждение. Предположим, что функция T существует, и докажем, что в этом случае функции $E'(x_1, x_2) = D(F'x_1, F'x_2)$ и $E''(x_1, x_2) = D(F''x_1, F''x_2)$ совпадают. Пусть $E'(x_1, x_2) = 1$, тогда $F'x_1 = F'x_2$, $TF'x_2 = TF'x_2$, $F''x_1 = F''x_2$, $E''(x_1, x_2) = 1$. Если же $E'(x_1, x_2) = 0$, то $F'x_1 \neq F'x_2$, $TF'x_1 \neq TF'x_2$, $F''x_1 \neq F''x_2$, $E''(x_1, x_2) = 0$. Следовательно, $E'(x_1, x_2) = E''(x_1, x_2)$.

Предположим теперь, что $E'(x_1, x_2) = E''(x_1, x_2)$, и докажем, что в этом случае существует функция $T: B' \rightarrow B''$ такая, что $F''x = TF'x$. Рассмотрим отношение $T \subseteq B' \times B''$, представляющее собой множество всех пар вида $\langle F'x, F''x \rangle$, где x — любой элемент множества A . Покажем, что T есть взаимно однозначная функция. Действительно, пусть x_1 и x_2 таковы, что $F'x_1 = F'x_2$. Тогда $E'(x_1, x_2) = 1$, $E''(x_1, x_2) = 1$, $F''x_1 = F''x_2$. Если же $F'x_1 \neq F'x_2$, то $E'(x_1, x_2) = 0$, $E''(x_1, x_2) = 0$, $F''x_1 \neq F''x_2$. Таким образом, T есть биекция, причем $F''x = TF'x$. Заметим, что областью определения функции T служит область значений функции F' , т. е. множество B' , областью значений функции T служит область значений функции F'' , т. е. множество B'' .

Из доказанного утверждения непосредственно следует, что если функция $E(x_1, x_2)$ может быть представлена в виде (2), то она может быть представлена также и в виде модели эквивалентности

$$E(x_1, x_2) = D(TF'x_1, TF'x_2) \quad (4)$$

с характеристической функцией TF , где T — произвольно выбранная взаимно однозначная функция.

Из этого утверждения также вытекает, что если функция $E(x_1, x_2)$ может быть описана двумя различными моделями эквивалентности $E(x_1, x_2) = D(F_1x_1, F_1x_2) = D(F_2x_1, F_2x_2)$, то всегда найдется взаимно однозначная функция T , связывающая между собой характеристические функции F_1 и F_2 этих моделей $F_2x = TF_1x$.

Здесь мы сталкиваемся с весьма любопытным обстоятельством. Получается, что мы не можем указать единственно возможную характеристическую функцию F , описывающую, к примеру, процесс преобразования зрительной системой человека светового излучения в цвет. Если для математического описания интересующего нас психофизического процесса подходит функция F , то для этой цели может быть также использована любая функция вида TF , где T — произвольно выбираемая взаимно однозначная функция. Выбор области значений характеристической функции также в значительной степени произволен, иными словами, свойства ощущения человека допускают различные варианты математического описания. Это значит, к примеру, что можно многими, причем совершенно равноправными способами, математически описывать один и тот же, например, красный, цвет зрительного ощущения.

Такая свобода в выборе математического описания поначалу, быть может, несколько обескураживает, она наводит на мысль, что нечто существенное в ощущении ускользнуло от нашего внимания. Казалось бы, должно быть истинным лишь одно математическое описание психофизического процесса, все же другие отличные от него описания должны быть ложными. Некоторые исследователи даже предпринимали попытки найти это «истинное» описание психофизического процесса среди многих возможных описаний (см. напр. [2]).

Между тем, произвол в выборе математического описания процессов имеется не только в психофизике, но и в физике, причем в психофизике он ничуть не больший, чем в физике. Так в физике одну и ту же температуру тела выражают в градусах шкалы Цельсия и в градусах шкалы Кельвина, в некоторых же случаях пользуются логарифмическими и другими видами функциональных шкал. Переход от одной системы обозначения температуры к другой регулируется вполне определенной взаимно однозначной кодирующей функцией, которая ставит в соответствие одним обозначениям другие. Например, температура по шкале Кельвина t_k выражается через температуру по шкале Цельсия t_c с помощью биекции $t_k = t_c + 273^\circ$.

Вводя в модель эквивалентности ту или иную взаимно однозначную функцию T и изменяя тем самым математическое описание психофизического процесса, мы меняем только систему обозначений, в которой ведется это описание. Ставить в психофизике задачу об отыскании истинного вида кодирующей функции T так же бессмысленно, как и в физике, поскольку эт

равносильно желанию найти некоторую «истинную» систему обозначений для математического описания того или иного процесса.

Приведенные соображения могут служить иллюстрацией справедливости критики В. И. Лениным «теории символов» Гельмгольца, «по которой ощущения и представления человека представляют из себя не копии действительных вещей и процессов природы, не изображения их, а условные знаки, символы, иероглифы и т. п.» [3, с. 218]. Согласно ленинской оценке, «Теория символов не мирится с ... материалистическим ... взглядом, ибо она вносит некое недоверие к чувственности, недоверие к показаниям наших органов чувств. Бесспорно, что изображение никогда не может всецело сравняться с моделью, но одно дело изображение, другое дело символ, *условный знак*. Изображение необходимо и неизбежно предполагает объективную реальность того, что «отображается». «Условный знак», символ, иероглиф суть понятия, вносящие совершенно ненужный элемент агностицизма» [3, с. 221].

На примере модели эквивалентности мы видим, что символы, обозначения не входят в математическую характеристику ощущения. Сущность ощущения не сводится к символу, условному знаку. Ощущение — это не иероглиф. Соответствующим выбором кодирующей функции T мы можем полностью изменить символьное представление ощущений, однако их математическое описание по существу останется прежним. Но что же в таком случае представляет собой ощущение? Ощущение — это, действительно, изображение. Оно представляет собой образ и физического стимула x при отображении F . Функция F переносит часть структуры множества A физических объектов, действующих на органы чувств человека, на множество B его ощущений. Структура множества B гомоморфна структуре множества A . Структура эта не зависит от выбора символики, именно она является объективной характеристикой предметов внешнего мира. Ощущения — это копии действительных вещей и процессов природы, поскольку они несут в себе частичку их математической структуры, доносят до нашего сознания часть свойств физических предметов. Благодаря этому человек может черпать из своих ощущений информацию о предметах окружающего его внешнего мира.

Возвратимся к задаче математического описания преобразования светового излучения в цвет. Нас интересует теперь следующий вопрос: всегда ли испытываемый различает по цвету световые излучения различного спектрального состава. Опыт показывает, что далеко не всегда. Существует множество резко различающихся по спектральному составу излучений, которые воспринимаются испытываемым как одинаковые цвета. Такие неразличимые по цвету световые излучения называют метамерными. Существование метамерных излучений доказывает,

что орган зрения доставляет нашему сознанию не всю, а только часть информации о световых излучениях, действующих на сетчатку глаза. Опираясь только лишь на показания своей зрительной системы и не прибегая к помощи специальных приборов для спектрального анализа света, человек бессилён различить метамерные излучения. Таким образом, оказывается, что свет имеет более тонкую структуру, чем та структура, которую доносит до сознания человека его орган зрения.

Зафиксируем некоторое световое излучение x_0 и потребуем, чтобы $E(x_0, x) = 1$, т. е. чтобы излучение x совпадало по цвету с излучением x_0 . Множество всевозможных излучений x , удовлетворяющих этому требованию, образует некоторый класс эквивалентности S_{x_0} . Каждому цвету соответствует свой собственный класс эквивалентности. Вместе взятые эти классы образуют некоторое разбиение S множества A всех световых излучений. В качестве математической характеристики цвета, возбуждаемого в сознании испытуемого световым излучением x , можно взять класс эквивалентности S_x , содержащий данное излучение x . Множеству всех цветов соответствует множество всех классов эквивалентности разбиения S множества A .

Таким образом, если испытуемый сравнивает между собой компоненты u_1, u_2 ощущения $\langle u_1, u_2 \rangle$ и формируемый им в результате этого сравнения ответ y может быть представлен как значение некоторого предиката эквивалентности $y = E(x_1, x_2)$ на множестве A , то эти данные могут служить достаточным основанием для математического описания сигналов u_1, u_2 в виде классов эквивалентности $S_{x_1}, S_{x_2} \in A/E$, причем $x_1 \in S_{x_1}, x_2 \in S_{x_2}$. Имеется в виду, что ощущение $\langle u_1, u_2 \rangle$ возбуждается физическим стимулом $\langle x_1, x_2 \rangle$.

Изложенные соображения дают практический рецепт отыскания характеристической функции $u = Fx$ модели эквивалентности $y = D(Fx_1, Fx_2)$ по известному предикату эквивалентности $y = E(x_1, x_2)$. Нужно, перебирая всевозможные физические стимулы $x \in A$, отыскать для каждого из них класс эквивалентности S_x . С помощью произвольным образом выбираемой кодирующей функции $u = TS_x$ каждому классу S_x ставим во взаимно однозначное соответствие некоторый символ u . В качестве характеристической функции $u = Fx$ берем множество всевозможных пар $\langle x, u \rangle$.

Проиллюстрируем описанный способ построения функции примером. Пусть $A = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ и предикат E задан табл. 1. Проверкой убеждаемся, что предикат E рефлексивен, симметричен и транзитивен, следовательно, он может быть представлен в виде модели эквивалентности. Для каждого x отыскиваем соответствующий ему класс эквивалентности S_x , составленный из таких x_0 , что $E(x, x_0) = 1$ (табл. 2). Как видим, имеется всего три различных класса эквивалентности $\{0, 2\}$, $\{1, 4, 5\}$ и $\{3\}$, объединение которых совпадает с множеством A . Ввод

множество $B = \{\alpha, \beta, \gamma\}$, состоящее из трех символов (по числу классов эквивалентности), и кодирующую функцию $u = TS_x$, присваивающую каждому классу S_x обозначение u (табл. 3).

Исключая из табл. 2, 3 промежуточную переменную S_x , получаем искомую характеристическую функцию модели эквивалентности $u = Fx$ (табл. 4).

Таблица 1

x_2	x_1					
	0	1	2	3	4	5
0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	1	1
2	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0
4	0	1	0	0	1	1
5	0	1	0	0	1	1

$E(x_1, x_2)$

Таблица 3

S_x	{0, 2}	{1, 4, 5}	{3}
u_j	α	β	γ

$T(S_x)$

Таблица 2

x	0	1	2	3	4	5
S_x	{0, 2}	{1, 4, 5}	{0, 2}	{3}	{1, 4, 5}	{1, 4, 5}

Таблица 4

x	0	1	2	3	4	5
u	α	β	α	γ	β	β

$F(x)$

Описанный метод представляет исчерпывающее решение задачи математического описания психофизических процессов, формализуемых с помощью модели эквивалентности, однако область его практического применения ограничена. Дело в том, что здесь используется полный перебор всех физических стимулов, фигурирующих в задаче, который принципиально неосуществим, если множество A бесконечно. Правда, любое множество физических стимулов теоретически можно считать конечным, поскольку средства, с помощью которых мы формируем эти стимулы, всегда имеют конечную разрешающую способность. Однако число стимулов, различаемых физическими приборами, может оказаться настолько большим (например, множество всех световых излучений, видимых глазом), что их полный перебор будет практически невыполним.

Как упоминалось, многие психофизические процессы могут быть с той или иной степенью точности аппроксимированы моделью эквивалентности. К ним относятся процессы формирования цвета, яркости, насыщенности и тона зрительного ощущения, громкости, тембра и высоты слухового ощущения, процессы формирования ощущения давления и ощущения температуры, вкусового и обонятельного ощущения и многие другие психофизические процессы. Некоторые из них могут быть исследованы на базе модели эквивалентности даже несколькими различными приемами. Один из таких приемов основан на сравнении

двух одновременно воспринимаемых компонентов ощущения. Он дает, как правило, наиболее точные результаты, именно он был описан в рассмотренном выше примере преобразования светового излучения в цвет. Другой прием основан на сравнении непосредственно сменяющих друг друга во времени двух компонентов ощущения. Используя этот прием, мы могли бы, к примеру, следующим образом организовать изучение преобразования светового излучения в цвет. Испытуемому предъявляется одно равномерно окрашенное поле, цвет u_1 которого возбуждается световым излучением x_1 . В некоторый момент времени излучение x_1 скачкообразно сменяется излучением x_2 , формирующим на том же поле цвет u_2 . Задача испытуемого состоит в том, чтобы определить, остался ли цвет поля прежним или же изменился. В случае равенства цветов испытуемый, несмотря на смену излучений, не замечает абсолютно никаких перемен цвета на поле. Цвета считаются различными, если испытуемый замечает на поле мелькание в момент смены светового излучения. Третий прием основан на предварительном запоминании некоторого компонента ощущения и последующем сравнении с ним соответствующего компонента ощущения, возбуждаемого интересующим нас физическим стимулом. Сравнение по памяти обычно дает наименее точные результаты, причем точность уменьшается с ростом интервала времени между моментами запоминания и сравнения. При изучении преобразования светового излучения в цвет по памяти испытуемый должен предварительно запомнить некоторый цвет. Затем испытуемому предъявляются различные световые излучения x , которые он делит на два класса: излучения, цвет которых совпадает с заданным цветом, и все остальные излучения. Этим способом выявляются классы S_x метамерных излучений.

Список литературы: 1. Мешков В. В. Основы светотехники. Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961. 416 с. 2. Ньюберг Н. Д. Определение положения в цветовом треугольнике основного синего цвета.—«Докл. АН СССР», 1949, т. XV, № 2. 3. Ленин В. И. Материнизм и эмпириокритицизм. М., Госполитиздат, 1967. 383 с.