

ции для тока или мощности. В работе делается вывод о том, что субъективный электрический удар является показательной функцией стимульного тока и имеет показатель степени, примерно равный 2,26. При этом субъективный удар электро-током является показательной функцией мощности стимула с показателем степени примерно вдвое меньшим. Эта единственное исследование, в котором получен результат, что различные способы измерения воздействия электрического тока результируются в различные функции ощущения.

Таким образом, как показано выше, расчеты показывают, что при обращении к корректным альтернативным физическим мерам в психофизическом эксперименте при шкалировании яркости и воздействия электрическим током могут быть получены результаты, интерпретируемые неклассическим образом.

Литература

- Fechner G. T.* Elemente der Psychophysik. Leipzig: Breitkopf & Hartel, 1860.
- Hawkes G. R.* Cutaneous communication: Absolute identification of electrical intensity // *Journal of Psychology*. 1960. 49. 203–212.
- Kranz D. H., Luce R. D., Suppes P. & Tversky A.* Foundations of measurement. New York: Academic Press, 1971.
- Myers A. K.* Psychological scaling and scales of physical stimulus measurement // *Psychological bulletin*. 1982. V. 92. N 1. 203–214.
- Stevens S. S., Shickman G. M.* The perception of repetition rate // *Journal of Experimental Psychology*. 1959. 433–440.
- Stevens S. S.* Mathematics, measurement, and psychophysics // S. S. Stevens (Ed.). *Handbook of experimental psychology*. New York: Wiley, 1951.
- Stevens S. S.* Decibels of light and sound // *Physics Today*. 1959. V. 10. 1217.
- Stevens S. S.* On the psychophysical law // *Psychological Review*. 1957. 64. 153–181.
- Stevens S. S.* Cross-modality validation of subjective scales for loudness, vibration and electric shock // *Journal of Experimental Psychology*. 1959. 201–245.
- Stevens S. S.* Tactile vibration: Dynamics of sensory intensity *Journal of Experimental Psychology*. 1959. 210.
- Stevens S. S.* The psychophysics of sensory function. Mass.: M. I. T. Press, 1961.

ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА С ТЯЖЕСТЬЮ, ЗАПАХАМИ И ВКУСОМ ОТ ВЫБРАННОЙ МЕРЫ ФИЗИЧЕСКИХ СТИМУЛОВ

А. П. Пахомов, Н. Г. Шпагонова***

* Российский университет дружбы народов (Москва)

** Институт психологии РАН (Москва)

Pakhomoff44@yandex.ru

В статье проверяется предположение о том, что функции, полученные в психофизическом эксперименте с тяжестью, запахом и вкусом, зависят от меры, выбранной для репрезентации величины физического стимула. Показано, что в зависимости от выбранной меры указанных

физических стимулов результаты классических психофизических экспериментов могут иметь неклассическую интерпретацию.

Ключевые слова: психофизическое шкалирование; кривые Фехнера и Стивенса, отношение Вебера, мера физического стимула.

Целью психофизического шкалирования является определение природы функции, связывающей субъективную величину (ψ) с физической величиной (ϕ) в формуле $\psi = f(\phi)$.

Одной из проблем интерпретации результатов психофизического эксперимента является то обстоятельство, что используемые меры физического стимула бывают не всегда конвенциональны, что может приводить к различию в интерпретациях результатов одинаково выстроенных экспериментов.

Если не рассматривать громкость, яркость, электрический удар и тактильную вибрацию, то трудно придумать димензию, которая была бы объектом исследования по психофизическому шкалированию и которая могла бы быть связана в некоторой простой форме с мерами энергии стимула. Необходимо отметить, что только в упомянутых выше 4 модальностях Стивенс измерял стимулы в дБ. Для большинства других димензий трудно представить себе, как психофизическая показательная функция с некоторой величиной показателя степени может быть связана осмысленным образом с показательными функциями и показателями степени для других сенсорных димензий. В качестве примера можно рассмотреть эксперименты с тяжестью. Так, в классических экспериментах по поднятию веса применялся метод продуцирования отношений и был сделан вывод о том, что тяжесть является показательной функцией веса. В работе (Stevens, 1975) сообщается о величине показателя степени, равной 1,45 для большинства исследований такого рода. Тем не менее почему вес должен быть использован как мера стимула при шкалировании тяжести? Является ли вес взвешиваемого объекта сравнимым с единицами измерения стимула, используемого в изучении слуха и зрения?

Процесс преобразования энергии, несомненно, является некоторой функцией веса взвешиваемого объекта, хотя мало что известно о том, чем могла бы быть эта функция. В психофизических исследованиях с подниманием веса проблема становится запутанной, так как в оценку тяжести, видимо, вовлечен более чем один тип рецепторов. Поэтому есть небольшое основание для предположения о том, что психофизическая функция, связывающая тяжесть с весом, является сравнимой с аналогичной функцией, связывающей яркость со светлотой, т. е. не существует особого резона верить в то, что энергия, переносимая на релевантные рецепторы тяжести, прямо пропорциональна оцениваемому весу, и потому шкалу веса в суждениях о тяжести можно рассматривать как эквивалентную шкале светлоты в оценках яркости.

Но, рассматривая другие димензии, можно сказать, что там еще труднее определить какой-либо базис для сравнения результатов шкалирования физических стимулов. Как, например, сравнивать частоту появления стимула в исследованиях зрения и слуха, длину линии, численность точек на карте, силу сжатия, шероховатость поверхности и концентрацию пахучего вещества, хотя это не полный список? Если в этих модальностях продуцируются различные функции «вход–выход», то как узнать, что эти различия большей частью не определяются тем, что величина стимула для каждой модальности была определена некоторым особым способом?

Работа Стивенса, посвященная шкалированию субъективной шероховатости и гладкости, также показывает возможность использования альтернативных мер стимула. Стимулами у Стивенса были различные варианты наждачной бумаги. Измерение проводилось при помощи использования разных номеров ее грубости, и был получен показатель степени, равный 1,5. В работе говорится, что «для настоящих целей номер наждачной бумаги может рассматриваться как пропорциональный соответствующему диаметру зерна». Но предположим, что стимулы измерены по плотности частиц, т. е. по числу частиц на единицу площади. Это будет примерно пропорционально квадрату диаметра соответствующей частицы при предположении, что песчинки различных размеров расположены столь плотно, сколь возможно, на поверхности бумаги. Показатель степени для плотности частиц тогда был бы равен примерно половине того, чем он является для размера песчинки, т. е. 0,75, а не 1,5.

Приведенный выше пример является случаем, в котором одна мера стимула приводит к показателю степени, большему 1, что в работах Стивенса обычно интерпретируется как констатация наличия класса «расширителей» сенсорных преобразований, а другая мера приводит к показателю степени, меньшему 1,0, что интерпретируется как «сенсорная компрессия» (Stevens, 1959, 1970).

Выбор меры физического стимула может быть важным и для ответа на вопрос, является ли психофизическая функция в действительности показательной, логарифмической или какой-либо еще.

Даже такая кажущаяся простой проблема, каким образом была определена концентрация вещества, выступающая как стимул в экспериментах со вкусом, может иметь важные последствия для уравнений шкалирования. В классической работе на эту тему шкалировались субъективные интенсивности вкуса для некоторых растворенных в воде веществ. Авторы исследования придумали новый термин «густ» для единицы субъективной интенсивности вкуса. В работе (Stevens, 1957) эти результаты рассматриваются как показывающие, что интенсивность вкуса является степенной функцией меры стимула, которая описывается как «отношение растворимого к растворителю», т. е. в работе, где растворы были сделаны путем добавления определенного числа граммов растворимого вещества (поваренная соль, сахар, сульфат хинина и т. д.) к 100 кубическим сантиметрам воды, а интенсивность стимула была определена в граммах растворимого вещества (плюс 100 кубических сантиметров воды). Если плотность раствора принять равной 1,0, то стимульная шкала является эквивалентной $100 \times$ (вес растворимого/вес растворителя). При получении показательной функции для вкуса в некоторых работах также используется эта мера.

В то же время в ряде работ сообщается о показательной функции, полученной при работе со стимулами, измеренными в концентрации при помощи веса (т. е. вес растворимого/общий вес раствора). Эта мера концентрации не является мерой, использованной в других классических работах. Поэтому в принципе не представляется возможным, чтобы и для той, и для другой меры существовала бы одинаковая показательная функция интенсивности вкуса.

В большинстве психофизических исследований вкуса стимулы измерялись или в молярной концентрации, или в «проценте» веса растворимого на единицу объема общего раствора. Эти две меры являются просто пропорциональными функциями друг друга, но они не являются показательными функциями двух ранее описанных шкал стимула. В значительном числе исследований сообщалось

о степенной функции интенсивности вкуса для стимулов, измеренных в молярной концентрации или при помощи веса растворимого/объем раствора. И снова, если субъективная интенсивность была показательной функцией этого класса мер, то она не могла быть показательной функцией какого-либо другого класса мер.

Различные вещества дают различные кривые молярной концентрации при разных мерах из-за характеристик молекулярных структур растворяемых веществ и из-за их взаимодействия с молекулами воды при получении общего объема раствора. Связь между концентрацией, определяемой при помощи веса и при помощи веса раствора, +100 кубических сантиметров является одной и той же для любого растворяемого вещества.

На всем диапазоне концентраций различные варианты измерения являются примерно линейными функциями друг друга, и в психофизическом эксперименте по шкалированию может оказаться трудным обнаружить различия между ними при использовании ограниченного диапазона стимулов. В то же время в некоторых работах с использованием сахара и сахарина были использованы концентрации в широком диапазоне от очень большого разбавления до 50% от общего веса. В таких экспериментах было бы интересно попробовать получить данные по всем трем методам измерения для того, чтобы посмотреть, что лучше подходит к показательной функции и не дают ли некоторые другие функции лучшее соответствие определенным мерам. Некоторые из этих мер могут превосходить другие для определенных практических и теоретических целей, и тогда можно было бы получить основательные аргументы для утверждения о том, что одна из них является самой подходящей мерой для психофизического шкалирования.

Сходная ситуация существует в психофизическом шкалировании интенсивности запахов. В исследованиях по загрязнению воздуха обычно определяют загрязнители воздуха в частицах-на-миллион (ppm). Иногда использование этого способа для оценки концентрации пахучих веществ можно найти в работах по шкалированию запахов. В других работах стимулы определяются как масса пахучего вещества на единицу объема смеси с воздухом (мг на литр) или как давление пара внутри бутылки с раствором пахучего вещества в жидком растворителе, из которого осуществляется вдыхание.

Концентрация «частицы на миллион» является по базису относительным индексом концентрации (т. е. молекулы пахучего вещества/молекулы воздуха), а другие индексы концентрации являются мерами пропорции пахучего вещества в данном объеме газовой смеси (т. е. молекулы пахучего вещества/всего молекул в смеси). Это приблизительно эквивалентно различию между мерой «вес растворителя +100 кубических сантиметров воды» и процентом веса (об этом было написано выше для концентраций жидкостей при изучении вкуса). Использование этих двух методов оценки концентрации приводит к шкалам, которые являются в принципе криволинейными функциями друг друга. На практике концентрация газа в работах по шкалированию запахов бывает столь малой, что различия в измерении стимулов не имеют последствий для психофизических функций.

Есть некоторые экспериментальные исследования по шкалированию и запахов, и вкуса, в которых мера концентрации не определяется с точностью, достаточной для того, чтобы получить ясную картину о том, какая шкала стимулов используется. Например, термин «процентная концентрация» сам по себе не является достаточно детализированным для того, чтобы определить различия между несколькими обсужденными выше мерами. С другой стороны, в других работах есть не только

разделы, посвященные единицам концентрации, но также показана важность проблем измерения стимула.

Легко показать, что использование таких методов «прямого» шкалирования, как оценка величины при различных способах измерения физического стимула, приводит к различным формам психофизической функции. Но это замечание также справедливо в отношении получения психофизических шкал с использованием логики Фехнера. Предположим, что было эмпирически найдено, что последовательные ЕЗР на некоторой интенсивной димензии соответствуют росту физического стимула с равными отношениями (т. е. что закон Вебера эмпирически справедлив). Если принять, что ЕЗР является единицей субъективной интенсивности, то тогда психофизическая функция для рассматриваемой димензии должна быть логарифмической.

Когда стимулы перешкалируются, т. е. переводятся из одной шкалы в другую (эти шкалы являются показательными функциями друг друга) логарифмическая психофизическая функция обычно остается логарифмической, но константа k в формуле $\psi = k \log \phi$ изменится, т. е. если $\psi = a \log \phi^*$ и $\psi = b \log(\phi^*)^m$, то тогда $a_n \log \phi = b_m \log \phi^*$ и $a \log \phi = b(m/n) \log \phi^*$. Например, если яркость рассматривать как логарифмическую функцию светлоты в соответствии с законом Фехнера, то тогда, если стимулы измерять в интенсивности электромагнитного поля, а не светлоты, функция стала бы логарифмической с величиной $2k$. Эти рассуждения представляют собой параллель случаю показательной функции, в котором перевод в единицы интенсивности электромагнитного поля с необходимостью удваивал бы показатель степени. Для некоторых случаев нелинейного пересчета стимула функция перестает быть логарифмической. Например, если интенсивность вкуса является логарифмической функцией интенсивности стимула, измеренного с использованием концентрации стимула, то в случае, когда стимул был определен в молярной концентрации, она не будет логарифмической.

Может показаться примечательным, что показательная функция была найдена для очень разных групп мер стимула, как об этом сообщается во многих публикациях, но надо помнить о том, что определение той или иной психофизической функции по данным, которые зашумлены и подвержены ошибкам, часто определяются без необходимой тщательности. На практике уравнение показательной функции должно включать в себя не только константы n и k , но также и оценку величины стимула, соответствующего абсолютному порогу ϕ_0 , что приводит к уравнению вида $\psi = k(\phi - \phi_0)^n$. Это уравнение предполагает три степени свободы для подбора кривой. В некоторых работах высказана критика, связанная с тем, что для лучшего соответствия показательной функции величина ϕ_0 иногда просто подгоняется. В других работах отмечается, что при помощи того или иного степенного уравнения может быть достаточно обоснованно подобрано большое число монотонных функций.

Литература

- Fechner G. T.* Elemente der Psychophysik. Leipzig: Breitkopf & Hartel, 1860.
- Hawkes G. R.* Cutaneous communication: Absolute identification of electrical intensity // *Journal of Psychology*. 1960. 49. 203–212.
- Kranz D. H., Luce R. D., Suppes P. & Tversky A.* Foundations of measurement. New York: Academic Press, 1971.

- Myers A. K. Psychological scaling and scales of physical stimulus measurement // Psychological bulletin. 1982. V. 92. N 1. 203–214.
- Stevens S. S. & Shickman G. M. The perception of repetition rate // Journal of Experimental Psychology. 1959. 433–440.
- Stevens S. S. Mathematics, measurement, and psychophysics // S. S. Stevens (Ed.). Handbook of experimental psychology. New York: Wiley, 1951.
- Stevens S. S. Decibels of light and sound. Physics Toddy. 1959. V. 10. 1217.
- Stevens S. S. On the psychophysical law // Psychological Review. 1957. 64. 153–181.
- Stevens S. S. Cross-modality validation of subjective scales for loudness, vibration and electric shock // Journal of Experimental Psychology. 1959. 201–245.
- Stevens S. S. Tactile vibration: Dynamics of sensory intensity // Journal of Experimental Psychology. 1959. 210.
- Stevens S. S. The psychophysics of sensory function. Mass.: M. I. T. Press, 1961.

ВЕБ-РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОГО МАТРИЧНОГО ТЕСТА ИНТЕЛЛЕКТА БЕРТЛИНГА–ХОЛЛИНГА

Е. С. Перевезенцева, Д. В. Ушаков, А. С. Панфилова

Московский городской психолого-педагогический университет (Москва)
panfilova87@gmail.com

Автоматизация методик тестирования оказывает положительное действие на повышение качества и снижение стоимости психодиагностического эксперимента. В данной работе рассматривается веб-реализация адаптивного матричного теста интеллекта, который основывается на анализе геометрических фигур, разработанном Бертлингом–Холлингом.

Ключевые слова: тестирование интеллекта, адаптивный тест, тест Бертлинга–Холлинга.

Введение

Адаптивное тестирование – это такой подход к тестированию, при котором предъявляемые испытуемому текущие задания зависят от результатов его ответов на предыдущие задания. Использование заданий, соответствующих уровню подготовленности респондента, существенно повышает точность измерений и минимизирует время индивидуального тестирования до 5–10 минут.

Целесообразность адаптивного контроля вытекает из соображений рационализации традиционного тестирования. Подготовленному испытуемому нет необходимости давать легкие задания, потому что высока вероятность их правильного решения. Симметрично, из-за высокой вероятности неправильного решения нет смысла давать трудные задания слабому испытуемому.

Общая характеристика теста

Каждый вопрос теста имеет одинаковую логическую структуру: геометрические фигуры А, В, С, состоящие из нескольких элементов, фигура D под знаком вопроса и 9 вариантов ответа (рисунок 1). Респонденту необходимо выбрать объект, который должен быть вместо вопросительного знака (фигуры D). Для этого ему необходимо