



О СТРУКТУРЕ СУБЪЕКТИВНЫХ ШКАЛ ОЦЕНКИ ЧЕЛОВЕКОМ КОРОТКИХ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ

ПОДВИГИНА Д. Н., Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург

ВАРОВИН И. А., Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург

В серии психофизиологических экспериментов исследовались характеристики дискретных субъективных шкал оценки человеком интервалов времени из диапазона 0,03–2,97 с. Определена структура этих шкал. Показано, что количество градаций может варьировать от испытуемого к испытуемому от 3 до 7, т.е. при оценке коротких интервалов времени испытуемые могут выделить из всего диапазона длительностей в среднем 5 градаций.

Ключевые слова: восприятие времени, короткие интервалы, субъективные временные шкалы.

В организме человека и животных не существует специфического органа чувств, который имел бы «рецепторы времени». Кроме того, сам рассматриваемый феномен – время – не обладает специфической энергией, которую рецепторы могли бы трансформировать в энергию нервного импульса. Тем не менее, очевидно, что мы в нашей повседневной деятельности можем учитывать временные параметры событий и оценивать длительность интервалов времени, в том числе коротких – от десятков – сотен миллисекунд. Множество аспектов поведения, особенно в условиях современной жизни, требует от человека способности к адекватной оценке длительностей событий, протекающих именно в диапазоне от десятков миллисекунд до нескольких секунд, и к принятию верных решений в этом временном интервале. Нарушение такой способности ведет к дезадаптивному поведению и является симптомом ряда заболеваний, таких, как болезнь Паркинсона, синдром дефицита внимания с гиперактивностью (ADHD), синдром Хантингтона и других заболеваний центральной нервной системы (ЦНС) (West et al., 2000; Koch et al., 2004 и др.).

Однако механизмы и закономерности процесса восприятия временных интервалов (как больших, так и малых длительностей) изучены далеко не полностью. На сегодняшний день широко распространено (Роеппел, 1997; Eagleman et al., 2005; Сысоева, Варганов, 2005; Портнова и др., 2006 и др.) мнение о том, что ориентировка во времени и оценка интервалов различной длительности осуществляются в результате работы сложной системы отражения времени, в основе которой лежат ритмические процессы, протекающие в различных структурах мозга. Эти ритмические процессы имеют различные периоды и образуют шкалу нервной активности, на которой отображается длительность оцениваемого временного отрезка.

Существование в сенсорных системах шкал нервной активности, отображающих ту или иную мерность сигнала, обсуждалось еще в работах Таннера и Светса (Tanner, Swets, 1954, цит. по: Леушина, 1978). Позднее исследовались характеристики шкал оценки сенсорными системами человека сигналов различных модальностей. В литературе рассматриваются два вида шкал – непрерывные и дискретные. Непрерывные шкалы были получены, например, для оценки высоты, громкости и продолжительности речевого сигнала (Чистович, Кожевников, 1969, цит. по: Павловская, 1977), дискретные – для оценки положения точки на линии (Наке, Garner, 1951, цит. по Павловская, 1977; Зысин, 1970 и др.). Сведения об



экспериментальных работах, в которых был бы определен вид шкалы оценки временных интервалов, в литературе отсутствуют, хотя дискретность процесса восприятия времени обсуждалась во многих работах (Поерпель, 1989; VanRullen and Koch, 2003 и др.).

Ранее в проводимых нами исследованиях (Подвигина, Ляховецкий, 2010) был выявлен тип организации субъективных временных шкал, формирующихся у испытуемых в процессе оценки ими интервалов времени из диапазона до 3 с. Было показано, что эти шкалы дискретны. Было также высказано предположение, что число градаций таких шкал может составлять 8–9. Данная работа является продолжением начатых исследований, и ее цель состоит в определении структуры субъективных шкал оценки коротких (до 3 с) интервалов времени – в выяснении числа градаций, которые они содержат, и степени точности различения интервалов из анализируемого диапазона.

Методика

В психофизиологических экспериментах приняли участие 11 испытуемых в возрасте от 21 года до 33 лет с нормальной остротой зрения.

Стимулами служили незаполненные интервалы времени, начало и конец которых задавались предъявлением на мониторе ПК¹ на темном фоне светлой, четко видимой испытуемыми вертикальной полоски (длина – 1,02 угл. град., время предъявления каждой полоски – 0,01 с). Набор стимулов содержал 50 интервалов длительностью от 0,03 до 2,97 с, различавшихся на 0,06 с. Мы использовали столь большой набор стимулов с малой разницей между ними, поскольку, как было показано ранее (Леушина, 1978; Павловская, 1977 и др.), это является необходимым условием для определения вида шкалы оценки стимулов (в нашем случае – длительностей интервалов времени).

Предъявление стимулов осуществлялось с помощью специализированной компьютерной программы «Time-1», разработанной в Институте физиологии. Эта программа позволяет задавать параметры предъявления стимулов на экране ПК (яркость и размер ограничивающих интервалы полосок, длительность интервалов и порядок их предъявления) и регистрировать ответы испытуемых.

Во время опыта испытуемый находился в светоизолированном помещении на расстоянии 1,85 м от экрана ПК. Голова испытуемого в опыте фиксировалась с помощью подголовника, для того чтобы испытуемые наблюдали предъявляемые стимулы фoveальным зрением. Продолжительность одного опыта составляла в среднем 20–30 мин. Перед началом каждого опыта испытуемых знакомили со всем набором стимулов, которые предъявлялись им сначала в порядке возрастания, а затем в порядке убывания длительности. Каждому стимулу присваивался номер от 1 (самый короткий интервал) до 50 (самый длительный). Затем в опыте предъявлялись те же стимулы, но в случайном порядке.

Задача испытуемого состояла в оценке длительности каждого из предъявляемых интервалов с отнесением его к одной из 2 (3, 4, 5 и т.д.) групп в соответствии с этим параметром; испытуемый сообщал о своем решении экспериментатору, называя номер группы. Задача испытуемого и число групп, на которое испытуемый должен был разделить весь диапазон длительностей, сообщались ему перед началом эксперимента.

В первой серии испытуемые получали инструкцию разбить весь диапазон стимулов на две группы, т. е. разделить его условно пополам: первая половина диапазона – интерва-

¹ Монитор «Piama», пр-во Япония, разрешение 1920x1440, частота обновления экрана – 103 Гц.



лы длительностью примерно до 1,5 с (середина диапазона), вторая половина – интервалы больше 1,5 с. Хотя инструкция не подразумевала разбиение испытуемыми диапазона на две равные части – до 1,5 с и больше 1,5 с, – ретроспективный опрос испытуемых показал, что все участники экспериментов при отнесении каждого оцениваемого интервала к той или иной группе ориентировались на середину диапазона. Когда в следующей серии экспериментов испытуемым было дано задание разбить тот же диапазон длительностей на три группы, они также мысленно делили его на три равные части и при отнесении оцениваемых длительностей к каждой из групп ориентировались на это разделение; то же самое касалось и деления на четыре, пять и т. д. групп.

Разница между средними длительностями в группе менялась от серии к серии; при делении на две группы она составляла 1,5 с и уменьшалась при увеличении количества групп. Чем меньше была разница средних интервалов двух соседних групп, тем точнее испытуемый вынужден был оценивать стимулы. Увеличивая число групп в задании, мы ожидали дойти до такого их количества, когда испытуемый не будет способен различить между собой длительности интервалов соседних групп, т. е. когда эти длительности попадут на одну градацию субъективной временной шкалы испытуемого. Таким образом, максимальное число групп, выделенных испытуемыми, позволяет сделать вывод о количестве градаций субъективных шкал оценки коротких интервалов времени.

Опыты с каждым из испытуемых начинались с серии, где заданием было разделение всего диапазона длительностей на две группы; после пяти опытов переходили к следующей серии – разделению на три группы и так далее, до тех пор пока статистическая обработка результатов очередной серии не показывала, что испытуемый не справился с заданием этой серии.

Для статистической обработки полученных данных использовались метод дискриминантного анализа и *U*-критерий Манна-Уитни (*Mann-Whitney U*) для попарного сравнения групп в структуре значений, полученных в каждом опыте: таким образом мы определяли, насколько пересекаются между собой значения из двух сравниваемых групп. Если это пересечение минимально, то две сравниваемые группы не совпадают, т. е. их значения достоверно отличаются друг от друга. Если в структуре ответов испытуемого, полученных в опыте, хотя бы две группы не различались достоверно, такой опыт считали неудачным. Таким образом, когда в серии из пяти опытов больше половины (т. е. три) из них оказывались неудачными, задание данной серии считалось невыполненным.

Методом дискриминантного анализа определялись границы групп, выделенных испытуемыми во всем диапазоне длительностей в ходе каждого опыта. После обработки данных методом дискриминантного анализа были рассчитаны средние границы групп, а также разница между субъективным, полученным по результатам дискриминантного анализа, и физическим (арифметическим) значением границы групп.

Результаты и их обсуждение

Статистический анализ полученных экспериментальных данных показал, что все испытуемые успешно справились с разделением на две, три и четыре группы. Восемь испытуемых выполнили задание с разделением на пять групп. Из них двое испытуемых продемонстрировали наибольшую точность оценок временных интервалов: один из них разделил весь диапазон длительностей на шесть групп, другой – на семь. Таким образом, среднее число групп, на которые испытуемые оказались способны разделить весь диапазон длительностей, составило $5,1 \pm 0,5$. С одной стороны, это значение укладывается в границы «магическо-



го числа» Миллера 7 ± 2 , что подтверждает выдвинутое нами ранее (Подвигина, Карлссон, 2008) предположение о действии закона Миллера в процессе оценки испытуемыми коротких временных интервалов: человек не может успешно различить более 7 ± 2 градаций одномерной стимульной переменной (Миллер, 1964), в нашем случае – длительности стимула (вне зависимости от диапазона значения оцениваемого параметра). Справедливость этого закона для процессов восприятия сенсорными системами человека параметров стимулов различных модальностей (высота, громкость звука, размер изображения и т.д.) была показана во многих исследованиях (Pollak, 1952; Garner, 1953; Eriksen, Nake, 1955, цит. по: Миллер, 1964 и др.).

С другой стороны, в нашем исследовании значения количества групп, на которые испытуемые были способны разделить весь диапазон длительностей и которые характеризовали точность различения коротких интервалов времени, распределились вокруг среднего значения с разбросом плюс/минус 2 (наименьшее число групп – три, наибольшее – семь), т. е., по-видимому, система восприятия коротких интервалов времени отличается меньшей точностью различения, или «пропускной способностью» (Миллер, 1964), по сравнению с другими сенсорными системами человека.

Для тех опытов, в которых испытуемые не справились с заданием, т.е. где из всех групп хотя бы две не различались достоверно, мы проанализировали характер распределения значений p -уровня, который при используемом методе статистического анализа (Mann-Whitney U) служил показателем успешности разделения на группы. Оказалось, что в большинстве случаев значения p -уровня превышали 0,05 при сравнении между собой групп конца диапазона. Например, для опытов с разделением на шесть групп испытуемые встречали сложности при различении интервалов из 4-й, 5-й и 6-й групп, на семь – из 5-й, 6-й и 7-й и т. д. Данная тенденция отражена на графике рис. 1. Видно, что точность оценки стимулов значительно выше для начала диапазона – для 1-й и 2-й групп. При этом границы 2-й группы при разных вариантах разделения лежат в диапазоне 0,63–2,25 с при разделении на восемь и на три группы соответственно.

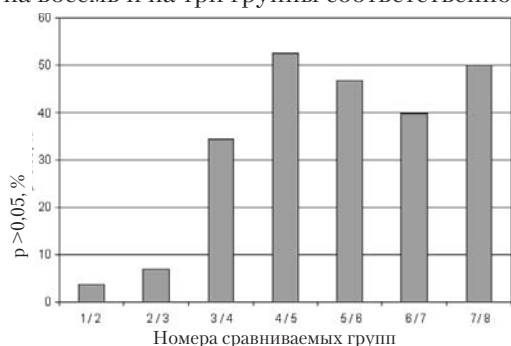


Рис. 1. Точность оценки стимулов для разных групп

Снижение точности различения длительностей от начала к концу диапазона может быть объяснено действием закона Вебера, согласно которому для успешного различения стимулов они должны отличаться на такую величину k , которая равна отношению величины разностного порога (ΔT) к величине стимула (T). Для экспериментального подтверждения справедливости закона Вебера нам следовало бы выбрать иную процедуру проведения эксперимента. В данном случае наши предположения основываются исключительно на наблюдениях. Точность оценки падает к концу диапазона вне зависимости от того, на какое количество групп происходит разделение.

Были проанализированы соотношение между субъективными и физическими значениями границ групп и изменение этого соотношения от опыта к опыту для каждого испытуемого, а также построены графики, отражающие изменения субъективных границ групп от опыта к опыту для каждой серии и для всех испытуемых.

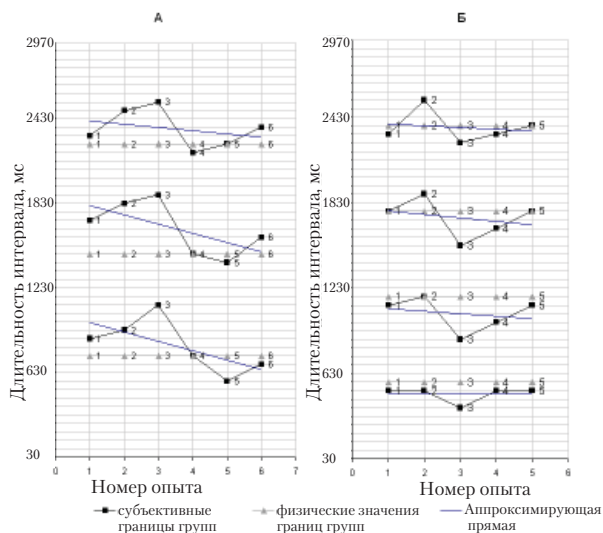


Рис. 2. Пример разделения стимулов на группы

размер градаций субъективной шкалы испытуемого остается постоянным – сама шкала как бы сдвигается вдоль шкалы физических значений, постепенно приближаясь к физическим значениям границ групп по мере обучения испытуемого.

Итак, в исследовании показано, что точность различения испытуемыми коротких (до 3 с) незаполненных интервалов времени может варьировать от 3–4 до 7 градаций стимульной переменной (длительности интервала); среднее значение градаций, которые испытуемые смогли выделить в исследуемом диапазоне, составило $5,1 \pm 0,5$; этим числом, по-видимому, характеризуется среднее количество градаций субъективных шкал оценки коротких временных интервалов.

Литература

- Зысин С. Л. Оценка положения точки на линии. Исследование принципов переработки информации в зрительной системе. Л.: Наука, 1970. С. 129–141.
- Леушина Л. И. Зрительное пространственное восприятие. Л.: Наука, 1978.
- Миллер Дж. А. Магическое число семь плюс или минус два. О некоторых пределах нашей способности перерабатывать информацию. Инженерная психология / Под ред. Д. Ю. Панова, В. П. Зинченко. М.: Прогресс, 1964. С. 192–225.
- Павловская М. Б. О механизмах оценки размера зрительных изображений у человека: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. Л.: Институт физиологии им. И. П. Павлова, 1977.
- Подвигина Д. Н., Карлссон Ю. И. Характеристики субъективных шкал оценки испытуемыми интервалов времени длительностью до 3 секунд // Проблемы регуляции висцеральных функций: Сб. научн. статей. В 2-х кн. / Под ред. В. С. Улащик и др. Минск: РИВШ. 2008. Кн. 2. С. 152–155.
- Подвигина Д. Н., Ляховецкий В. А. Характеристики процесса восприятия коротких интервалов времени // Журнал высшей нервной деятельности. 2010. Т. 60. № 4. С. 420–427.
- Портнова Г. В., Балашова Е. Ю., Вартанов А. В. Феномен «когнитивного захватывания» при оценивании временных интервалов // Психологический журнал. 2006. Т. 27. № 1. С. 67–80.
- Сысоева О. В., Вартанов А. В. Две мозговые подсистемы кодирования длительности стимула. Ч. 2 // Психол. журн. 2005. Т. 26 № 2. С. 81–90.
- Eagleman D. M., Tse P. U., Buonomano D., Janssen P., Nobre A. C., Holcombe A. O. Time and the brain: how

На рис. 2 представлены графики, построенные для одного испытуемого согласно его результатам по разделению длительностей на 4 и на 5 групп соответственно. Видно, что в последних опытах обеих серий субъективные значения границ групп приближаются к физическим, что дополнительно подтверждается ходом аппроксимирующих прямых; т. е. человек постепенно адаптируется к изменяющимся условиям эксперимента при переходе от разделения на меньшее число групп к большему. Интересно, что при изменении субъективных значений границ групп размер этих групп от опыта к опыту в одной серии не меняется, что показано на графиках. Значит, раз-



- subjective time relates to neural time // *J. Neurosci.* 2005. V. 25. № 45. P. 10369–10371.
- Koch G., Brusa L., Caltagirone C., Oliveri M., Peppe A., Tiraboschi P., Stanzione P.* Subthalamic deep brain stimulation improves time perception in Parkinson's disease // *Neuroreport.* 2004. V. 15. № 6. P. 1071–1073.
- Poeppel E.* The measurement of music and the cerebral clock: a new theory // *Leonardo.* 1989. V. 22. № 1. P. 83–89.
- Poeppel E.* A hierarchical model of temporal perception // *Trends of cognitive science.* 1997. V. 1. № 2. P. 56–61.
- VanRullen R. and Koch C.* Is perception discrete or continuous? // *Trends of cognitive science.* 2003. May. V. 7. № 5. P. 207–213.
- West J., Douglas G., Houghton S., Lawrence V., Whiting K., Glasgow K.* Time perception in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder according to time duration, distraction and mode of presentation // *Child Neuropsychol.* 2000. V. 6. № 4. P. 241–250.

ON THE STRUCTURE OF SUBJECTIVE SCALES FOR HUMAN ESTIMATION OF SHORT TIME INTERVALS

PODVIGINA D. N., I. P. Pavlov Institute of Physiology, RAS, St. Petersburg

VAROVIN I. A., I. P. Pavlov Institute of Physiology, RAS, St. Petersburg

We conducted a series of psychophysiological experiments to study the characteristics of discrete subjective scales for human estimation of time intervals from 0,03–2,97 sec range. The structure of these scales was determined. We found that the number of the scale gradations could vary from one subject to another within the range of 3–7. That is, the subjects are able to distinguish about 5 gradations from the whole range of estimated durations.

Keywords: time perception, short time intervals, subjective time scales.

Transliteration of the Russian references

- Zysin S. L.* Ocenka polozhenija točki na linii. Issledovanie principov pererabotki informacii v zritel'noj sisteme. L.: Nauka, 1970. S. 129–141.
- Leushina L. I.* Zritel'noe prostranstvennoe vosprijatie. L.: Nauka, 1978.
- Miller Dzh. A.* Magicheskoe chislo sem' plus ili minus dva. O nekotoryh predelah nashej sposobnosti pererabatyvat' informaciju. Inzhenernaja psihologija / Pod red. D. Ju. Panova, V. P. Zinchenko. M.: Progress, 1964. S. 192–225.
- Pavlovskaja M. B.* O mehanizmah ocenki razmera zritel'nyh izobrazhenij u cheloveka: Avtoref. ... dis. kand. biol. nauk. L.: Institut fiziologii im. I. P. Pavlova, 1977.
- Podvigina D. N., Karlsson Ju. I.* Harakteristiki sub'ektivnyh shkal ocenki ispytuemymi intervalov vremeni dlitel'nost'ju do 3 sekund // Problemy reguljarii visceral'nyh funkcij: Sobr. nauchn. statej. V 2-h kn. / Pod red. V. S. Ulashik i dr. Minsk: RIVSh. 2008. Kn. 2. S. 152–155.
- Podvigina D. N., Ljahoveckij V. A.* Harakteristiki processa vosprijatija korotkih intervalov vremeni // Zhurnal vysshej nervnoj dejatel'nosti. 2010. T. 60. № 4. S. 420–427.
- Portnova G. V., Balashova E. Ju., Vartanov A. V.* Fenomen «kognitivnogo zahvatyvaniya» pri ocenivanii vremennyh intervalov // Psihologicheskij zhurnal. 2006. T. 27. № 1. S. 67–80.
- Sysoeva O. V., Vartanov A. V.* Dve mozgovye podsistemy kodirovanija dlitel'nosti stimula. Ch. 2 // Psihol. zhurn. 2005. T. 26 № 2. S. 81–90.