

Сферическая модель восприятия яркости по данным записи вызванных потенциалов на мгновенную замену

Мясниченко А.О.¹, Кисельников А.А.²

1 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Факультет психологии, 2 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

Факультет психологии, Москва, Россия

E-mail: anastasiya.myasnichenko@gmail.com

Введение. Проблема исследования механизмов восприятия яркости очень актуальна для современной психологии и нейронаук. В частности, это связано с тем, что «яркостный» механизм с помощью перепадов интенсивности формирует контуры (а также «заливает» гомогенные области) у воспринимаемых объектов внешнего предметного мира. Это является базой, фундаментом всего дальнейшего восприятия, в то время как «цветовой» механизм гораздо более вторичен и факультативен. Однако до сих пор не сформирована единая психологическая теория восприятия яркости и в крайне недостаточной степени исследованы соответствующие мозговые механизмы.

Продуктивной исследовательской парадигмой для изучения механизмов восприятия яркости является сферическая (векторная) модель Соколова-Измайлова и схема «Человек-Нейрон-Модель». В рамках этой парадигмы была предложена методическая схема субъективной и объективной дискриминации стимулов, позволившая выявить перцептивные каналы, лежащие в основе восприятия яркости. Начиная с 70-х гг. XX века, были проведены комплексные психофизические, нейрофизиологические и поведенческие исследования, показавшие высокую научную эффективность этой парадигмы. Так, векторные механизмы восприятия яркости были комплексно изучены на человеке и животных с помощью как психофизических и поведенческих методов, так и методов записи активности отдельных нейронов, регистрации электроретинограммы и вызванных потенциалов мозга (ВП) [1, 3, 4]. В итоге, в психофизиологической школе Е.Н. Соколова к настоящему времени построена единая сферическая модель дискриминации яркости, объединяющая нейрофизиологический и субъективный уровни и приложимая для человека и животных.

В данной работе была использована принципиально новая методика записи ВП на процесс дискриминации яркости, использующая схему позиционного уравнивания. В предыдущих публикациях психофизиологической школы Е.Н. Соколова [например, 2] использовался метод записи ВП на замену попарно чередующихся стимулов неполной матрицы различий, кроме того, из-за схемы попарного чередования несистематическое смещение снижало валидность эксперимента. Предлагаемая методика устраняет эти недостатки и позволяет записывать полные матрицы ВП на замену достаточного числа стимулов.

Цель. Верификация сферической модели дискриминации яркости на нейрофизиологическом уровне у человека с помощью записи ВП на замену стимулов полной матрицы различий и поиск соответствующих мозговых механизмов.

Методика. Эксперимент на дискриминацию яркости включал два этапа: психофизический этап и запись ВП на замену, которые соответствовали разным уровням когнитивной обработки (более сознательному и более автоматическому, соответственно).

Далее была произведена интеграция разноуровневых результатов по схеме «Человек-Нейрон-Модель».

В качестве стимуляции использовались 9 гомогенных ахроматических паттернов различной яркости, которые предъявлялись на весь экран профессионального 22" монитора Iiyama. Яркость стимулов была подобрана так, чтобы логарифмические расстояния между по фотометрической шкале яркости были одинаковы (от 1 до 80 кд/м²). Регистрация ЭЭГ осуществлялась монополярно от 16 отведений по международной системе 10-20% на электроэнцефалографе фирмы Nihon Kohden с вводом в компьютер. ЭЭГ регистрировалось с частотой оцифровки 500 Гц, т.е. с шагом 2 мс. Обработка и анализ ЭЭГ и ВП проводились с использованием системы программ "BrainSys".

Перед началом работы испытуемые проходили 15-минутную адаптацию к среднему уровню яркости, экспонируемой во время эксперимента, после чего приступали к основной части исследования. 1. На этапе психофизики испытуемый давал балловую оценку различия стимулов (от 1 до 9 с шагом 1), предъявлявшихся друг за другом на экране монитора. После предъявления полной матрицы испытуемый мог сделать перерыв и после этого заново приступал к оцениванию. Эта операция была произведена для 5 матриц стимулов, которые были преобразованы в усредненную матрицу психофизических различий. 2. На этапе регистрации ВП испытуемый сидел в затемненной комнате перед монитором. Ему предъявлялись «мгновенно» (интервал на более 5 мс) заменяющиеся один на другой стимулы, длительность каждого из которых варьировалась случайным образом в диапазоне 800-1200 мс. В ВП на замену регистрировались 200-мс фон и 600-мс запись. Было записано 110 предъявлений каждой замены, которые были усреднены после очистки ЭЭГ от артефактов. В качестве испытуемых выступили 5 учащихся университета с нормальным или со скорректированным до нормального зрением. Из испытуемых один человек прошел не только психофизическую, но и электрофизиологическую серию.

Обработка данных. 1. Полученные в психофизической серии усредненные матрицы различий для каждого испытуемого обрабатывались с помощью процедуры метрического многомерного шкалирования и полученные конфигурации тестировались на сферичность. 2. В результате ЭЭГ-записи были получены 72 ВП (количество пар в полной матрице различий). Были исследованы все 16 отведений, т.е. было проведено 1152 обработок. В затылочных отведениях О1 и О2 были получены классические компоненты «ВП различения» N87, P120, N180. У указанных компонентов высчитывались амплитуды «от нулевой линии», амплитуды «от пика до пика», площади всех компонентов, а также площади их on-set и off-set плечей. Для испытуемого с записью ЭЭГ матрица балловых оценок различия была прокоррелирована со всеми 72 ВП в каждом отведении с шагом 2 мс, полученные корреляции были проранжированы. После этого была проверена сферичность двухмиллисекундных «срезов ВП» в окнах латенции, окружающих максимумы полученных корреляций.

Результаты. 1. Многомерный анализ психофизических матриц балловых оценок дает классическую полуокружность в двумерном пространстве, оси которого репрезентируют В- и D-нейронные каналы восприятия яркости. 2. Максимум корреляции (0.82) между тактами записи ВП (2 мс) и психофизической матрицей балловых оценок различия наблюдается для случая увеличения яркости (инкремент) в отведении О2 с латенцией 102 мс. 3. При исследовании окрестности указанной точки (О2, 102 мс) с

помощью коэффициента отклонения от сферичности (в двумерном пространстве) было получено, что минимальное значение (12%, что маркирует хорошую сферичность) этот коэффициент достигает в точке 106 мс, причем до 106 мс этот коэффициент монотонно возрастает и после 106 мс монотонно убывает. 4. На уровне компонентов ВП методом корреляций с психофизическими оценками было получено, что яркость (инкремент) кодируется площадью on-set плеча компонента P120 (от 100 до 120 мс) в отведении O2.

Вывод. Процесс дискриминации яркости, приводящий к сознательной оценке разности испытуемым, локализуется в окне латенции 100-120 мс в правом затылочном регионе, причем максимальная корреляция субъективных (психофизических) и объективных (ВП) данных и максимальная сферичность данных ВП достигается с одной и той же латенцией в идентичном отведении (102-106 мс, O2).

Таким образом, сферическая модель дискриминации яркости Соколова-Измайлова подтверждается и на уровне методически полной регистрации ВП на замену. Проведенное исследование доказывает правомерность предлагаемой методики для объективного изучения процессов различения стимулов человеком и открывает новые возможности реализации исследовательской парадигмы «Человек-Нейрон-Модель».

Литература

1. 1. Измайлов Ч.А., Черноризов А.М. Язык восприятия и мозг // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2005. Т. 2. № 4. С. 22-52.
2. 2. Соколов Е.Н., Измайлов Ч.А., Исайчев С.А., Коршунова С.Г. Спецификация цветового и яркостного компонентов зрительного вызванного потенциала у человека // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П.Павлова, 1998. N 5. С.777-787.
3. 3. Chernorizov A.M., Sokolov E.N. Mechanisms of achromatic vision in invertebrates and vertebrates: a comparative study // Span. J. Psychol. 2010 May;13(1):18-29.
4. 4. Evtikhin D.V., Polianskii V.B., Alymkulov D.E., Sokolov E.N. Coding of luminance and color differences on neurons in the rabbit's visual system // Span. J. Psychol. 2008 Nov.;11(2):349-62.