



РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ПСИХОФИЗИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИОБРЕТЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАВЫКА

АПАНОВИЧ В.В.

*Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН); Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ); Государственный академический университет гуманитарных наук (ФГБОУ ВО ГАУГН), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3407-6049>, e-mail: apanovitschvv@yandex.ru*

АРАМЯН Э.А.

*Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3562-8378>, e-mail: aramyan.eric@gmail.com*

ГЛАДИЛИН Д.Л.

*Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ);
Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5352-4866>, e-mail: dima.gladilin.psy@gmail.com*

ЮДАКОВ К.С.

*Государственный академический университет гуманитарных наук (ФГБОУ ВО ГАУГН),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5132-4054>, e-mail: kost05062000@mail.ru*

КАРПОВ С.А.

*ООО «Цифровизация транспорта», г. Набережные Челны, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2227-980X>, e-mail: karpov.s2@gmail.com*

ГОРКИН А.Г.

*Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5493-945X>, e-mail: agorkin@yandex.ru*

АЛЕКСАНДРОВ Ю.И.

*Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН); Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ); Государственный академический университет гуманитарных наук (ФГБОУ ВО ГАУГН), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru*

Разработана и апробирована методика для исследования процессов приобретения/совершенствования навыка. Методика базируется на теории обнаружения сигнала и методе «Да—Нет» и предполагает оценку коротких интервалов времени. Дано теоретическое обоснование использования данной методики для изучения приобретения/совершенствования навыка с позиции системно-эволюционного подхода. Были учтены и нивелированы основные факторы, которые могут выступать в качестве побочных переменных в ходе использования этой методики, в особенности так называемая «сенсорная» адаптация и имеющийся опыт. Были проведены две экспериментальные серии, каждая из которых направлена на проверку факторов, искажающих результаты. В первой серии в фокусе внимания



был фактор «сенсбилизации». Описан феномен сенсбилизации для задачи различения коротких интервалов времени и способ учета данного фактора. Во второй серии была исследована дискримина- тивность методики и подобраны параметры сложности задачи для дальнейшего проведения эмпири- ческого исследования приобретения/совершенствования навыка.

Ключевые слова: системно-эволюционный подход, приобретение навыка, совершенствование на- выка, апробация методики, психофизика, психометрика.

Финансирование. Исследование поддержано грантом РФФ №22-18-00435 (Институт психо- логии РАН).

Для цитаты: Апанович В.В., Арамян Э.А., Гладилин Д.Л., Юдаков К.С., Карпов С.А., Горкин А.Г., Алексан- дров Ю.И. Разработка и апробация психофизической методики исследования приобретения и совершен- ствования навыка // Экспериментальная психология. 2022. Том 15. № 3. С. 222–238. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2022150315>

DEVELOPMENT AND APPROBATION OF A PSYCHOPHYSICAL METHOD FOR THE STUDY OF SKILL ACQUISITION AND IMPROVEMENT

VLADIMIR V. APANOVICH

Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences; Moscow State University of Psychology and Education; State Academic University for the Humanities, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3407-6049>, e-mail: apanovitschvv@yandex.ru

ERIC A. ARAMYAN

Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3562-8378>, e-mail: aramyan.eric@gmail.com

DMITRY L. GLADILIN

Moscow State University of Psychology and Education; Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5352-4866>, e-mail: dima.gladilin.psy@gmail.com

KONSTANTIN S. YUDAKOV

State Academic University for the Humanities, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5132-4054>, e-mail: kost05062000@mail.ru

SERGEY A. KARPOV

Cifrovizaciya transporta, Naberezhnye Chelny, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2227-980X>, e-mail: karpov.s2@gmail.com

ALEXANDER G. GORKIN

Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5493-945X>, e-mail: agorkin@yandex.ru

YURI I. ALEXANDROV

Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences; Moscow State University of Psychology and Education; State Academic University for the Humanities, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru



A method has been developed and tested to study the processes of acquisition/improvement of a skill. The method is based on the Signal Detection Theory and the “Yes-No” task and involves the evaluation of short time intervals. The theoretical justification of the use of this technique for studying the acquisition/improvement of a skill was given from the standpoint of the system-evolutionary approach. The main factors that can act as side variables during the use of this technique were taken into account and leveled, especially the so-called «sensory» adaptation and existing experience. Two experimental series was conducted, each of which was aimed at checking the factors that distorted the results. In the first series, the focus was on the «sensitization” factor. The phenomenon of sensitization for the task of distinguishing short time intervals and the method of accounting for this factor was described. In the second series, the discriminativity of the method was investigated, and the parameters of the complexity of the task were selected for further empirical research of skill acquisition/improvement.

Keywords: system-evolutionary approach, skill acquisition, skill improvement, method approbation, psychophysics, psychometrics.

Funding. The research is supported by the Russian Science Foundation grant # 22-18-00435 (Institute of Psychology RAS).

For citation: Apanovich V.V., Aramyan E.A., Gladilin D.L., Yudakov K.S., Karpov S.A., Gorkin A.G., Alexandrov Yu.I. Development and Approbation of a Psychophysical Method for the Study of Skill Acquisition and Improvement. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2022. Vol. 15, no. 3, pp. 222–238. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2022150315> (In Russ.).

Введение

С позиций системно-эволюционного подхода [18] индивидуальный опыт представлен набором функциональных систем, которые фиксируются в ходе взаимодействия со средой и успешного достижения полезного приспособительного результата. Согласно главным тезисам концепции ген-культурной коэволюции [25], организм, взаимодействуя со средой, модифицирует ее, создавая комфортную нишу обитания. Данные изменения включаются в процесс селекции генома, соответствующего этой нише. На основе данных положений можно сделать вывод о том, что функциональные системы формируются «в культуре» [4], и, таким образом, можно говорить о культурной обусловленности любого индивидуального опыта [20; 23; 24].

Культурная обусловленность может раскрываться через обобщенные способы описания разных культур, что находит свое отражение в категории ментальности [19]. В современной психологии отмечается, что понятие менталитета применяется не только к этническим группам, но и к социальным группам внутри одной культуры [8; 1; 16]. В качестве базовых психологических категорий, описывающих ментальность, нами были выбраны категории аналитичности и холистичности [26], которые мы рассматриваем как два основных способа осмысления человеком познавательных и социальных ситуаций.

В наших предыдущих работах было показано, что индивидуальный опыт аналитичных и холистичных индивидов различается в связи с разными формами социального взаимодействия [7] или типом деятельности [6]. Также была сформулирована гипотеза о том, что динамика обучения у аналитичных и холистичных индивидов различна.

Настоящая работа посвящена разработке и апробации методики, позволяющей исследовать процесс обучения в разных его аспектах, в том числе рассмотреть культурную обусловленность специфики обучения.



Феноменологию обучения можно делить на процессы приобретения нового навыка (научение) и совершенствования уже существующего навыка. Теоретическая гипотеза исследования заключается в том, что процесс приобретения нового навыка с базовых позиций системно-эволюционного подхода на системном уровне описывается как системогенез [18] — процесс формирования новых систем индивидуального опыта, необходимых для решения задачи. Этот же процесс можно обозначать как консолидацию памяти [15]. Процесс совершенствования навыка на системном уровне описывается как изменение межсистемных отношений. Этот же процесс можно обозначать как реконсолидацию памяти [15]. Здесь необходимо отметить, что процесс системогенеза невозможен без изменения межсистемных отношений, в то время как межсистемные отношения могут изменяться и без формирования новых функциональных систем [3; 11]. Относительное количество актуализируемых систем опыта возможно изучать при анализе связанных с событиями потенциалов (ССП) ЭЭГ. Для этого мы ориентируемся на интерпретационный инструментарий, разработанный в экспериментах по сопоставлению импульсной активности нейронов и компонент ЭЭГ [2; 10].

Для возможности сопоставления процессов приобретения нового навыка и его совершенствования необходим подбор такой задачи, для которой оба этих процесса можно оценивать в одних и тех же единицах измерения (время ответа, правильность и т.д.). В качестве наиболее универсальной единицы измерения, пригодной как для этапа приобретения навыка, так и для этапа его совершенствования, нами был подобран психофизический показатель d' . В отличие от традиционного рассмотрения показателя d' как показателя меры сенсорной чувствительности [21], мы рассматриваем его как *показатель текущей результативности решения психофизической задачи, построенной на модели теории обнаружения сигнала*. В отличие от традиционных психофизических исследований, в которых d' описывается как стабильная и присущая индивиду характеристика, в фокусе нашего внимания находится его динамика в ходе процессов приобретения/совершенствования навыка. Здесь необходимо отметить, что интерпретация психофизических показателей в терминах «чистых ощущений» характерна скорее для объектной психофизики; при этом в субъектной психофизике уже давно подчеркивается, что это «...всего лишь меры решения наблюдателем сенсорной задачи, зависящие как от его индивидуальных особенностей, так и от специфики самой задачи» [12, с. 36].

В качестве оцениваемой характеристики сигнала было выбрано время предъявления сигнала (подробнее см. в разделе «Методика»), в пределах коротких интервалов (400 мс). Такого рода задача является, как мы полагаем, экологически невалидной, что также было ключевым для выбора типа задачи. Низкая экологическая валидность задачи позволяет говорить о том, что у субъектов слабо дифференцирован индивидуальный опыт, связанный с предлагаемым поведением, что обеспечивает возможность исследовать процесс приобретения/совершенствования навыка с минимальным воздействием побочных переменных, связанных с прошлым опытом [17].

Традиционно в психофизике выделяются процессы, которые могут рассматриваться в качестве побочных переменных для чувствительности. Помимо процессов приобретения/совершенствования навыка (которые являются ключевыми характеристиками для нашего исследования), это, прежде всего, процессы, обозначаемые как «адаптация» и «сенсбилизация» [9].

Адаптация как побочная переменная, рассматриваемая в психофизике, понимается нами как изменение дифференцированности соотношения организма со средой, связанное в том числе с физическими параметрами среды.



Сенсибилизация традиционно определяется как изменение чувствительности, зависящее от внутреннего состояния организма и связываемое с задачей, с которой сталкивается субъект [15, с. 87]. Классическое понимание характеризуется интеграцией «сенсорных процессов» [15] и увеличением показателей «чувствительности» [9].

Традиционные определения сенсибилизации апеллируют к реактивной парадигме. С системно-эволюционных позиций сенсибилизацию можно в первом приближении рассматривать как особенности начала и прекращения нейронной активности, соотносимой с уже имеющимися системами.

Для полноценного системно-эволюционного определения феномена необходимо проведение отдельной экспериментальной работы. Для построения методики мы рассматривали феноменологическое понимание сенсибилизации как процесса «вработывания» в задачу, возникающего в ходе смены деятельности.

Несмотря на существование подходов, в которых процессы адаптации/сенсибилизации могут рассматриваться как первичный этап приобретения/совершенствования навыка, с наших позиций они существенно различаются. Адаптация/сенсибилизация характеризуется изменением нейронной активности, соотносимой с уже имеющимися системами, в то время как приобретение/совершенствование навыка предполагает модификацию структуры опыта.

В соответствии с системно-эволюционным подходом приобретение/совершенствование навыка разворачиваются по эволюционным закономерностям (селекция и отбор наиболее адаптивных форм поведения) и являются необратимыми. При этом процессы адаптации/сенсибилизации говорят о текущем соотношении организма со средой, и направленность этих соотношений может меняться в зависимости от особенностей среды и поведения индивида [о возможности исследования и использования «сенсибилизирующего» эффекта факторов внешней среды см. в: 14]. Первой задачей работы было исследование закономерностей адаптации/сенсибилизации для дальнейшей возможности разграничения их феноменологии и феноменологии приобретения/совершенствования навыка.

Второй задачей был анализ дискриминативности методики и на основе этого определение подходящих параметров сложности задачи. Многие традиционные методы психофизики основаны на индивидуальном подборе размера сигнала, достаточного для решения исследовательских задач. Размер сигнала традиционно подбирается в ходе тренировок (обучения) испытуемого. В нашем случае необходимо определить психометрическую трудность задачи, обеспечивающую достаточную дискриминативность. Подбирались два уровня трудности задачи для возможности сопоставления результатов испытуемых, обладающих, в классическом определении, большей и меньшей чувствительностью, для возможности нивелирования этого фактора.

Решению каждой из задач была посвящена своя серия исследований.

Методика

Описание основной экспериментальной задачи

Апробируемая нами психофизическая задача по различению коротких интервалов времени базируется на теории обнаружения сигнала и методе «Да—Нет» [21; 13]. Участник исследования решал задачу, представленную последовательностью из следующих проб.

В начале пробы (иллюстрация пробы см. рис. 1) в центре монитора (Samsung SyncMaster 2243bw с частотой обновления 60 Гц) предъявлялся белый крестик высотой и шириной 1×1 см неяркого-белого цвета (значения по 183 для всех трех составляющих по меж-



дународной системе RGB) на черном фоне длительностью 200 мс. Он выполнял функцию знака «Внимание», и его роль заключалась в предупреждении испытуемого о начале предъявления пробы. Затем, после паузы (черный фон, длительностью 350 мс), в центре монитора предъявлялся эталонный сигнал — квадрат¹ такого же цвета (выраженность 183 октета по трем составляющим RGB) размером 3×3 см длительностью 400 мс. После паузы, также в 350 мс (это было сделано для возможности сопоставления развития условной негативной волны (CNV) на ЭЭГ при предъявлении эталонного и оцениваемого сигналов) предъявляется оцениваемый испытуемым квадрат, который различен в пустой и сигнальной пробах. В обоих случаях это был идентичный эталону квадрат, но в случае пустой пробы он длился 400 мс (т. е. полностью совпадал с ним) либо длился дольше на заранее заданную дельту (в разных сериях применялись разные дельты, см. методики к Эксперименту 1 и Эксперименту 2). После окончания предъявления оцениваемого сигнала испытуемый должен был дать ответ, отличался ли по длительности предъявления второй сигнал или нет. Если отличался, его задачей было нажать клавишу « » на клавиатуре, если не отличался — «←». Во время эксперимента указательный и безымянный пальцы ведущей руки должны были располагаться на двух указанных клавишах. После ответа загоралась надпись «+1» или «-1», информирующая испытуемого о правильности его ответа.

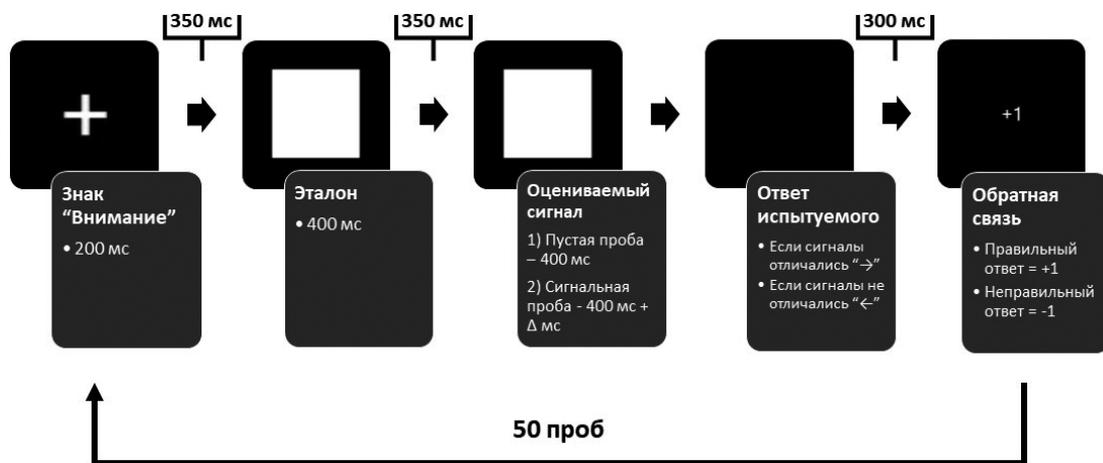


Рис. 1. Описание одной пробы: дельта (Δ) различалась, см. схему Эксперимента 2; в «сенсibiliзирующей» задаче различались размеры сигналов и количество предъявляемых проб

Предъявление проходило с помощью специально написанной программы «Visual Yes-No test»², которая позволяет манипулировать размерами, длительностью предъявления и цветом эталонного и оцениваемого сигнала. Также программа позволяет задавать вероятность предъявления сигнальной пробы, указывать на наличие или отсутствие обратной связи и ее характер (обратная связь за одну пробу или же суммарное с начала эксперимента количество баллов) и задавать возможность изменения платежных матриц. Помимо этого, программа дает возможность отправки сигналов через COM-порт для синхронизации с программой записи ЭЭГ.

¹ В «сенсibiliзирующей» задаче сигнальная проба представлена прямоугольником размером 3×3,3 см.

² Автор программы — С.А. Карпов.



Анализ динамики d' проводился по эпохам в 50 проб, на которых рассчитывался d' . Выбор эпохи в 50 проб обуславливает длительность серии (в каждом усреднении, таким образом, будут представлены все номера проб серии без повторов и без пропусков); также с учетом деления на пустые и сигнальные пробы такой диапазон позволяет использовать метод анализа ССП, обеспечивающий достаточно стабильные результаты. Использовался метод «скользящего окна» с шагом в 1 пробу. Таким образом, первый расчет d' проводился на пробах с 1 по 50, второй — на пробах со 2 по 51 и т.д. Такой дробный метод позволяет более дифференцированно подходить к анализу временного ряда, несмотря на очевидное ограничение, связанное с тем, что диапазоны каждых соседних показателей d' пересекаются на 98% и не могут существенно отличаться друг от друга. Поэтому для оценки скачкообразности/плавности динамики результативности необходимо использовать оценку по массивам точек.

Методика Эксперимента 1. Исследование «сенсibiliзирующего» эффекта специально сконструированной процедур

Описание «сенсibiliзирующей» задачи

Первая серия экспериментов была посвящена исследованию паттерна «сенсibiliзации» и анализу возможного его нивелирования с помощью специально сконструированной («сенсibiliзирующей») процедуры перед прохождением основной части эксперимента. Исходно из трех предложенных вариантов подобной процедуры был экспериментально подобран вариант, максимально приближенный к нашей задаче. Единственное отличие «сенсibiliзирующей» задачи от основной задачи заключалось в оценке наличия различий второго квадрата из пары не по длительности предъявления, а по его размеру (параметры и временные интервалы те же): эталон — 3×3 см, сигнальная проба — $3 \times 3,3$ см.

Следующим этапом апробации методики было более детальное изучение фактора «сенсibiliзации» в контексте подобранной задачи.

Участники исследования

Перед участием в эксперименте испытуемые проходили предварительное обучение навыку основной задачи в течение нескольких дней перед основной процедурой. Обучение длилось, пока уровень показателя d' не выходил на «плато» (не наблюдался продолжающийся рост результативности). Выборка данного пилотного исследования составила $N=11$, из которых один участник исследования был исключен, потому что ему не удалось научиться решать задачу. Итого в анализ были включены результаты 10 испытуемых (5 муж.; 5 жен.; средний возраст — 25,8; медиана — 26,5; от 19 лет до 31 года).

Схема и процедура эксперимента

После предварительного обучения задаче испытуемые с разницей в 1–2 дня проходили контрольную и экспериментальную серии (порядок был контрсбалансирован). Ориентируясь на кривые адаптации, выведенные Нагелем, перед началом серии испытуемый проходил адаптацию к условиям экспериментального кабинета в течение 15 минут [14]. В случае экспериментальной серии испытуемый после прослушивания инструкции проходил «сенсibiliзирующую» задачу (150 проб), потом делал перерыв на одну минуту, закрывая глаза; в это время давалась следующая инструкция, после которого он приступал к основной задаче (10 серий по 50 проб). Между сериями делался перерыв в 1 минуту, во время которого испытуемый закрывал глаза. Контрольная серия проводилась в тех же ус-



ловиях, но без «сенсibiliзирующей» задачи. Параметры и временные интервалы соответствуют описанным в разделе «Описание основной экспериментальной задачи».

Методика Эксперимента 2. Исследование дискриминативности апробируемой методики и подбор параметров трудности задачи

Для изучения дискриминативности методики необходимо было подобрать уровень сложности экспериментальной задачи. Сложность задачи должна быть таковой, чтобы было возможно выделение группы испытуемых, исходно не решающих задачу и исходно справляющихся с задачей на статистически достоверном уровне (для возможности последующего исследования процессов приобретения и совершенствования навыка). Также при подборе сложности необходимо было учесть фактор индивидуальных различий и для его разведения с фактором имеющегося навыка и сопоставления временной динамики с процессами приобретения/совершенствования навыка использовать несколько уровней сложности задачи. В случае использования одного уровня сложности исходная решаемость/нерешаемость опосредуется чувствительностью индивида, и такой дизайн эксперимента не предоставляет возможность разделять фактор чувствительности и фактор, приобретается или совершенствуется навык.

Уровни сложности подбирались так, чтобы соответствовать определенной вероятности решения/не решения задачи испытуемым. В качестве «сложной» нами была определена задача, которую исходно могут решать 33% испытуемых, а «простой» — 67%.

Критерий решаемости задачи был выведен математически и заключался в том, что, если испытуемый дает неслучайные ответы, d' статистически отличается от нуля. Можно делать вывод о том, что испытуемый решает задачу неслучайным образом. Учитывая допущение об оптимальности наблюдателя и задавая критерий принятия решения, без смещения относительно точки оптимального решения допускаем, что вероятность ответа «Да» на сигнальную пробу ($P(y/S)$) и вероятность ответа «Да» на пустую пробу ($P(y/N)$) = 0,5 [13]. При таких параметрах z_1 и $z_2 = 0$; $d' = 0$; $\sigma_{d'} = 0,332$. Из этого следует, что в ситуации нерешения испытуемым задачи показатель d' будет иметь распределение с математическим ожиданием в точке 0 и стандартным отклонением, равным 0,332. Основываясь на предположении о том, что 5% наиболее экстремальных наблюдений не принадлежат к данному распределению, пороговое значение, отделяющее эти 5% (1,64 единицы стандартного отклонения) использовалось нами в качестве показателя решаемости/нерешаемости задачи. Пороговое значение составило: $1,64 \times 0,332 = 0,545$. Из чего следует что $d' \geq 0,545$, достоверно отличается от нуля и задача решается не случайным образом.

Участники исследования

В исследовании приняли участие всего 81 человек (18 мужчин и 62 женщины, в возрасте от 17 до 45 лет (средний возраст — 23,21, медиана — 20)). Испытуемые, принимавшие участие в эксперименте, не проходили предварительного обучения задаче, т.е. являлись «наивными».

Схема и процедура эксперимента

Для исследования были отобраны 5 различных дельт сигнала в 60, 70, 80, 90, 100 мс. Дельты были подобраны в диапазоне, где предположительно должны были находиться вероятности решения/не решения задачи в 33% и 67%. Затем на основе полученных данных



были также собраны две группы с дельтами 66 и 92 мс. В результатах будут приводиться обобщенные данные по семи указанным дельтам.

Перед началом эксперимента испытуемый 15 минут проходил процесс адаптации к условиям экспериментальной комнаты, в течении которого заполнялся предэкспериментальный протокол (собирались социодемографические данные). После этого испытуемому зачитывалась инструкция к «сенсibiliзирующей» задаче и он приступал к ее решению (150 проб). После прохождения «сенсibiliзирующей» задачи испытуемый закрывал глаза на минуту, в это время ему зачитывалась инструкция к основной задаче, после чего он приступал к ее выполнению (10 серий по 50 проб). Основная задача выполнялась испытуемым только на одном из 7 уровней сложности (дельта сигнала: 60, 66, 70, 80, 90, 92, 100 мс.), предлагаемом разным участникам исследования в квазислучайном порядке.

Результаты

Результаты Эксперимента 1. Исследование эффекта «сенсibiliзирующей» процедуры

Обработка результатов проходила в несколько этапов, подразумевающих под собой решение разных статистических задач.

Предварительная обработка

На основе ответов испытуемых подсчитывались показатели d' для интервалов в 50 проб с шагом в 1 пробу. (рис. 2) Данный метод обработки был выбран для возможности рассмотрения изменения результативности решения задачи в максимально возможной динамике.

Ввиду специфичности данного способа обработки, каждая короткая случайная последовательность одинаковых ответов испытуемого создает незначительные колебания в результатах, которые можно назвать случайными. Для аппроксимации и получения более «чистых» данных использовался метод сглаживания Гаусса по семи точкам.

Интервалы в 50 проб с шагом в 1 пробу

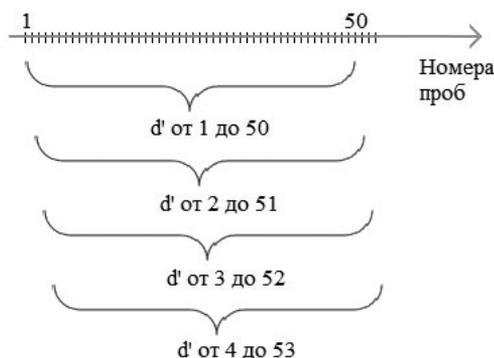


Рис. 2. Иллюстрация интервалов в 50 проб с шагом в 1 пробу

Разработка критериев определения фоновых колебаний

После сглаживания были получены графики, отображающие динамику d' в двух сериях — экспериментальной и контрольной (примеры по единичному испытуемому и усредненные по выборке данные см. в рис. 3). График отражает колебания показателя результа-



тивности, которые условно можно поделить на случайные «фоновые» регулярные колебания и неслучайные закономерные отклонения существенно больших амплитуд. Для того, чтобы статистически отделить их друг от друга, были использованы два метода.

1. Метод, основанный на амплитудах (перепады d'). Неслучайными считались только те колебания, между точками экстремумов которых существовали достоверные различия. Различия оценивались с помощью модели Стьюдента; в качестве оцениваемого параметра брались амплитуды d' ; в качестве стандартной ошибки — объединенная стандартная ошибка двух d' , рассчитанная по стандартной формуле [13]. В качестве минимально допустимой статистики (для вывода о достоверном амплитудном перепаде) использовался 95-й процентиль t -распределения со степенью свободы $n_1 + n_2 - 2 = 98$ ($t = 1,98$). В качестве S^2 было использовано среднее значение дисперсии d' , равное 0,35. Было показано, что минимальный достоверный перепад равен 0,1386. Перепады d' , меньше этого значения, принимались за фоновые колебания.

2. Метод, основанный на оценке площадей оставшихся колебаний. Предполагалось, что большинство колебаний являются «фоновыми» и попадают в 95% минимальных наблюдений. Для этого была собрана эмпирическая база площадей «фоновых» колебаний (всего 337 колебаний). Распределения по отдельным участникам исследования достоверно отличались от нормальной кривой по критерию Колмогорова—Смирнова ($p < 0,1$ для всех участников исследования). По критерию Краскела—Уоллиса было показано, что площади фоновых колебаний не различаются для разных участников исследования ($\chi^2 = 4,783$; $df = 5$; $p = ,443$). При объединении всех площадей фоновых колебаний было получено распределение, которое достоверно не отличается от распределения χ^2 со степенью свободы 0,71. 95 квантиль распределения был найден из эмпирических данных и составил 3,46. Колебания площадью меньше, чем 3,46, принимаются за фоновые.

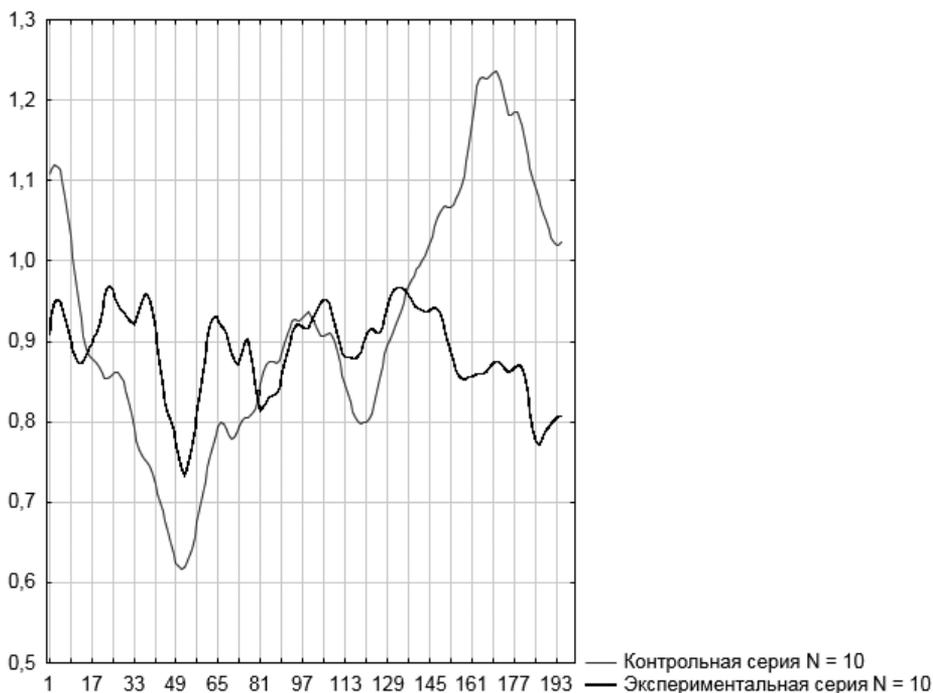


Рис. 3а. Динамика d' в экспериментальной и контрольной сериях, усредненная по выборке

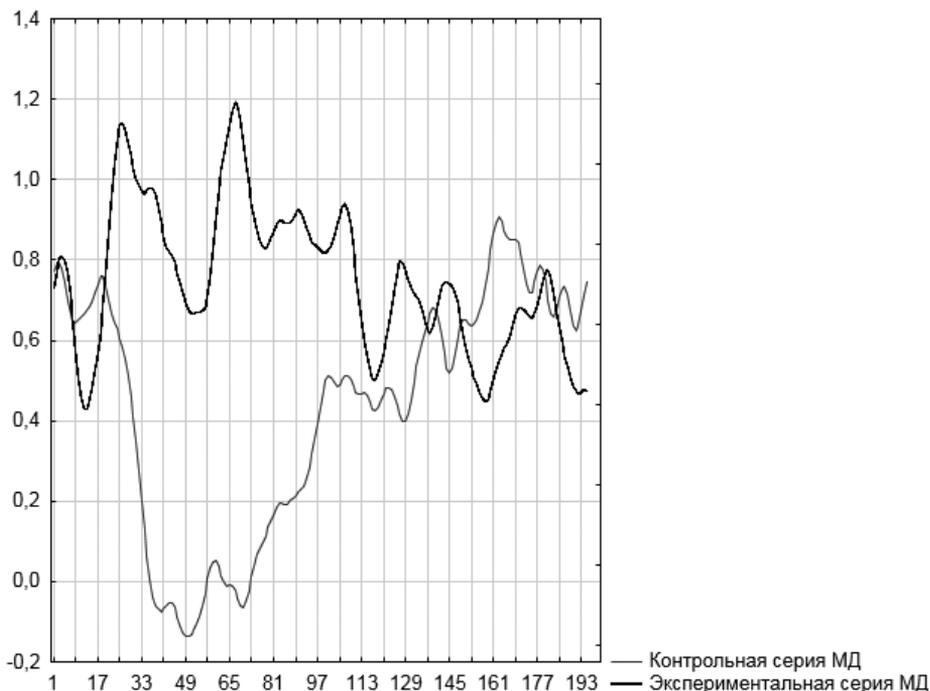


Рис. 3б. Динамика d' в экспериментальной и контрольной сериях у единичного испытуемого МД. В контрольной серии наблюдается перепад результативности после начала прохождения задачи, в экспериментальной серии не наблюдается данного перепада

Описание и анализ паттерна процесса сенсбилизации.

Проверка эффективности «сенсбилизующей» задачи

Используя неслучайные колебания (критерии их выделения см. выше), нами были проанализированы наиболее устойчивые последовательности (последовательности в 2, 3 и 4 неслучайных колебания) в контрольной и экспериментальной сериях. Колебания маркировались как позитивные («рост» d') и негативные («падение» d'). Результаты выявления паттернов из трех неслучайных колебаний представлены на рис. 4.

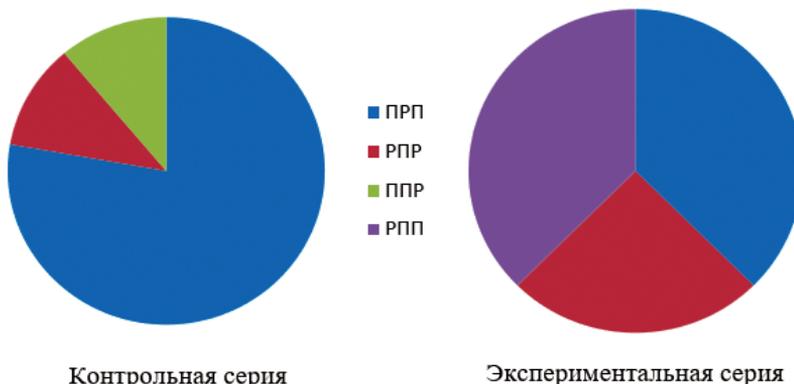


Рис. 4. Результаты выявления паттернов из трех колебаний d' в контрольной и экспериментальной серии: П — падение результативности; Р — рост результативности



Последовательности из четырех колебаний вариативны, и среди них не отмечается устойчивых тенденций. Проводилась проверка для сопоставления с равномерным распределением. Предполагалось, что в случае увеличения частоты встречаемости того или иного паттерна, распределение частот будет отличаться от равномерного. Применялся критерий χ^2 . Было показано, что последовательности из четырех изменений не отличаются от равномерного распределения ($p = ,223$ для контрольной серии и $p = ,801$ для экспериментальной серии), последовательности из трех изменений отличаются только для контрольной серии ($p = ,018$), но не для экспериментальной ($p = ,882$), последовательности из двух изменений также отличаются только для контрольной серии ($p = ,007$), но не для экспериментальной ($p = 1$).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в экспериментальной серии в начале прохождения процедуры по различению длительности сигнала не наблюдается выраженного и устойчивого от индивида к индивиду паттерна динамики результативности. Сами колебания ниже по амплитудам и имеют нерегулярный характер (рис. 4). В контрольной серии выражен паттерн, включающий в себя первичное снижение d' , затем его рост и последующее снижение.

Первичное снижение d' происходит в среднем на 0,675 единиц стандартного отклонения (среднее значение d' в точке минимума равно 0,371) и приходится на среднюю эпоху анализа с 61 по 110 пробу. Затем наблюдается рост, в среднем 1,11 единиц стандартного отклонения (относительно начальных значений — прирост на 0,438 единиц стандартного отклонения; средний d' в точке максимума равен 1,485), приходится на среднюю эпоху анализа — с 133 до 187 пробы. Последующее падение сопровождается выходом на плато со средним $d'=1,236$ (снижение на 0,249 единиц стандартного отклонения в среднем, т. е. можно говорить о незначительном снижении относительно первых двух колебаний). Таким образом, паттерн динамики результативности проявляется в снижении результативности в течение первых 110 проб, затем происходит скачкообразный рост в течение последующих 77 и незначительное снижение, свидетельствующее о выходе на плато.

Результаты Эксперимента 2. Исследование дискриминативности апробируемой методики и подбор параметров трудности задачи

В этой экспериментальной серии проверялись 7 уровней сложности, соответствующие дельтам (разницей между эталонным и оцениваемым сигналом) в 60, 66, 70, 80, 90, 92 и 100 мс.

В анализ брался ряд первых значений d' от 1 до n , где n являлся показателем d' , при добавлении которого к ряду дисперсия имела локальный минимум перед резким ростом, связанным со стабильным увеличением/уменьшением показателя.

Для каждого испытуемого был получен ряд первых стабильных значений d' , по которому потом находилось среднее значение.

Для каждого из используемых уровней сложности высчитывалось количество решавших и не решавших задачу испытуемых в соответствии с критерием, описанным в разделе Методика, после чего эти значения были переведены в вероятности исходного решения задачи для каждого конкретного уровня сложности. Согласно классическим психофизическим кривым, значения вероятности исходного решения и нерешения задачи представлены функцией нормального распределения и при переводе значений в z координаты описывается прямой линией. По полученным пяти значениям z -координат было выстроено уравнение зависимости между дельтами и z -координатами: $Z = -2,74 + 0,0333 \cdot \Delta$ (рис. 5). R^2 для полученной линии регрессии составил 0,761, т. е. модель объяснила 76,1% дисперсии эмпирических дан-



ных. Для выбранных исходных вероятностей решения задачи 1/3 (33%) и 2/3 выборки (67%) были рассчитаны z-координаты +0,44 и -0,44 соответственно. Эти значения z-координат были подставлены в уравнение и полученный результат выступал в качестве дельты, обеспечивающей необходимый уровень сложности. Для исходной вероятности решения задачи в 33% была получена дельта 66 мс, а для вероятности 67% дельта составила 92 мс.

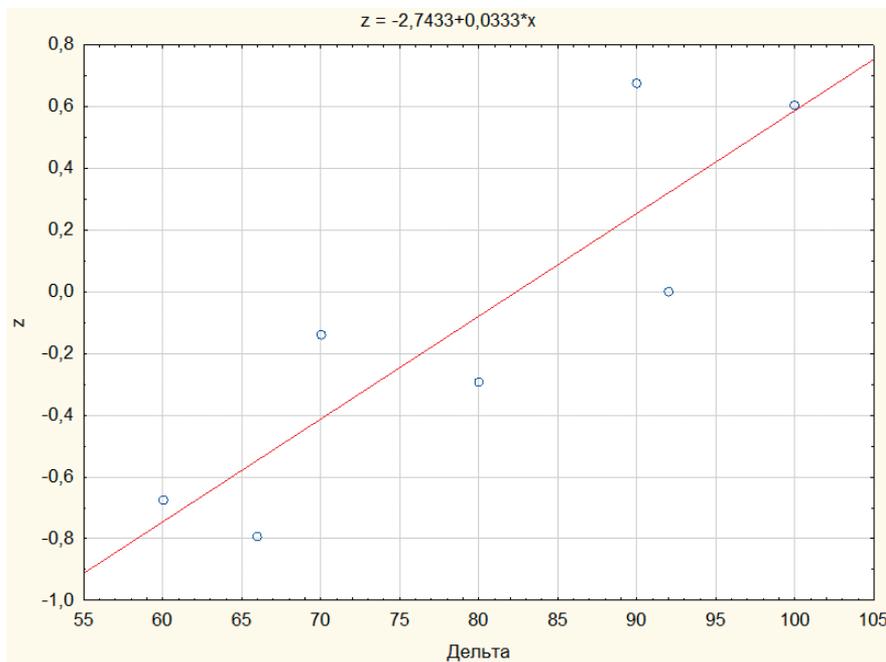


Рис. 5. Уравнение зависимости между дельтами сигнала и z-координатами

Обсуждение результатов

В нашей работе была показана динамика процесса сенсбилизации в контрольной серии и отсутствие устойчивого и достоверного паттерна в экспериментальной серии. В литературе [15] отмечается, что некоторые физические процессы могут обладать «сенсбилизующим эффектом», однако специальных сравнительных исследований с контролем, аналогичным приведенному в настоящей работе, нами найдено не было. Сенсбилизация, как уже упоминалось, традиционно описывается как повышение чувствительности [9], имплицитно позиционируемое как линейное, однако в нашей работе было показано, что динамика является нелинейной и нестационарной и паттерн представлен кривыми более сложной формы. В ряде работ [15, с. 99] в качестве иллюстрации приводится схожая с полученной нами кривая, однако она специально не обсуждается. Проработка факторов «адаптации» и «сенсбилизации» была необходима для возможности отделять интересующие нас процессы приобретения/совершенствования навыка от побочных переменных; таким образом, можно говорить о том, что в этой части работы была эмпирически аргументирована внутренняя валидность методики.

Исследование дискриминативности методики было проведено для решения задачи установления априорной сложности решения (выведенной математически), и такой аналитический подход наряду с количественной оценкой дельты сигнала позволяет свободно



манипулировать переменной «сложность задачи». Полученные нами данные согласуются как с результатами, получаемыми при анализе кривых зависимости «Задание—ответ» [22; 27], так и с психометрическими кривыми [13].

Важно отметить, что апробированная методика по своим характеристикам хорошо подходит для минимизации количества глазодвигательных и мышечных артефактов при регистрации ЭЭГ и работе с компонентами ССП. Разработанная нами методика может иметь широкую область применения в экспериментально-психологических и психофизиологических исследованиях модификации структуры индивидуального опыта (включая механизмы системогенеза *denovo*, реконсолидации, модификации межсистемных отношений), позволяет исследовать описание процессов приобретения и реализации навыка, а также изучать индивидуальные различия, в том числе культурно обусловленные.

В качестве ограничения следует отметить высокую специфичность околороговых задач и ее экологическую невалидность (которая, заметим, для изучения указанных выше закономерностей, как было отмечено выше, является преимуществом). Поэтому для переноса результатов, получаемых с помощью этой методики, на другие экспериментальные и неэкспериментальные ситуации необходимы отдельные аргументы.

Выводы

1. Было показано, что описанный нами паттерн «сенсбилизации» при решении задачи по различению коротких интервалов времени представляет собой изначальное падение показателя d' с последующим резким ростом и последующим выходом на плато, сопровождающимся незначительным снижением показателя.

2. В экспериментальной серии в начале прохождения процедуры по различению длительности сигнала не наблюдается выраженного и устойчивого от индивида к индивиду паттерна динамики результативности. Следовательно, специально сконструированная нами процедура позволяет нивелировать проявление феномена сенсбилизации при решении задачи.

3. В ходе изучения дискриминативности методики было выведено уравнение между z -координатами вероятностями неслучайного решения и дельт сигнала. Руководствуясь этим, подобраны дельты с исходной успешностью решения задачи в 1/3 (33%) и 2/3 выборки (67%), обеспечивающие достаточную дискриминативность методики.

Литература

1. Акопов Г.В., Рулина Т.К., Привалова В.М. Менталистика как историко-психологическое направление науки // История отечественной и мировой психологической мысли: Постигая прошлое, понимать настоящее и предвидеть будущее. М.: Институт психологии РАН, 2006. С. 453–455.
2. Александров И.О., Максимова Н.Е. Типология медленных потенциалов мозга, нейрональная активность и динамика системной организации поведения // ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях / Отв. ред. В.Б. Швырков, В.М. Русалов, Д.Г. Шевченко. М.: Наука, 1987. С. 44–72.
3. Александров Ю.И. Научение и память: традиционный и системный подходы // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2005. Том 55. № 6. С. 842–860.
4. Александров Ю.И., Александрова Н.Л. Субъективный опыт и культура. Структура и динамика // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2007. Том 4. № 1.
5. Александров Ю.И., Горкин А.Г., Созинов А.А., Сварник О.Е., Кузина Е.А., Гаврилов В.В. Консолидация и реконсолидация памяти: психофизиологический анализ // Вопросы психологии. 2015. № 3. С. 133–144.
6. Апанович В.В., Арамян Э.А., Дольникова М.С., Александров Ю.И. Различия мозгового обеспечения решения аналитических и холистических задач // Психологический журнал. 2021. Том 42. № 2. С. 45–60.



7. Апанович В.В., Безденежных Б.Н., Знаков В.В., Самс М., Яаскелайнен И., Александров Ю.И. Различия мозгового обеспечения индивидуального, кооперативного и конкурентного поведения у субъектов с аналитическим и холистическим когнитивными стилями // Экспериментальная психология. 2016. Том 9. № 2.
8. Брушлинский А.В. Ментальность российская и региональная (провинциальная) // Российский менталитет: вопросы психологической теории и практики / Под ред. К.А. Абульхановой, А.В. Брушлинского, М.И. Воловиковой. М.: Институт психологии РАН, 1997.
9. Величковский Б.М., Зинченко В.П., Лурия А.Р. Психология восприятия. М.: МГУ, 1973.
10. Гаврилов В.В. Соотношение ЭЭГ и импульсной активности нейронов в поведении у кролика // ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях / Отв. ред. В.Б. Швырков, В.М. Русалов, Д.Г. Шевченко. М.: Наука, 1987. С. 33–43.
11. Горкин А.Г. Фиксация индивидуального опыта поведения в нейронной активности: дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2021.
12. Гусев А.Н. Психофизика сенсорных задач: системно-деятельностный анализ поведения человека в ситуации неопределенности. М.: Изд-во Моск. ун-та; УМК «Психология», 2004.
13. Гусев А.Н., Измайлов Ч.А., Михалевская М.Б. Измерение в психологии: общий психологический практикум. 2-е изд. М.: Смысл, 1998.
14. Кравков С.В. Глаз и его работа: 3-е изд. М.: Свердловск, 1945.
15. Кравков С.В. Взаимодействие органов чувств. М.: Изд-во АН СССР, 1948.
16. Семенов В.Е. Российская полиментальность и социально-психологическая динамика на перепутье эпох. СПб.: С.-Петербург. гос. университет, 2007.
17. Пономарёв Я.А. Психология творчества. М.: Наука, 1976.
18. Швырков В.Б. Введение в объективную психологию: нейрональные основы психики. М.: Институт психологии РАН, 1995.
19. Юревич А.В. Структурные элементы национального менталитета // Психологические исследования. 2013. Том 6. № 29.
20. Di Paolo E.A., De Jaeger H. The interactive brain hypothesis / *Frontiers in Human Neuroscience*. 2012. Vol. 6. P. 1–16.
21. Green D.M., Swets J.A. Signal Detection Theory and Psychophysics. N.Y.: Wiley, 1966.
22. Guttman L. The Third Component of Scalable Attitudes // *Int. J. Opin. and Attitude Res.* 1950. № 4. P. 285–287.
23. Hari R., Henriksson L., Malinen S., Parkonnen L. Centrality of Social Interaction in Human Brain Function // *Neuron*. 2015. Vol. 88. P. 181–193.
24. Hari R., Sams M., Nummenmaa L. Attending and neglecting people: bridging neuroscience, psychology and sociology // *The royal society publishing*. 2016. Vol. 371. № 1693.
25. Laland K.N., Odling-Smee F.J., Feldman M.W. Niche construction, biological evolution, and cultural change // *Behavioural and Brain Sciences*. 2000. Vol. 23. № 1. P. 131–146.
26. Nisbett R.E., Peng K., Choi I., Norenzayan A. Culture and systems of thought: Holistic versus analytic cognition // *Psychological Review*. 2001. Vol. 108. № 2. P. 291–310.
27. Rasch G. An item analysis which takes individual differences into account // *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. 1966. Vol. 19. № 1. P. 49–57.

References

1. Akopov G.V., Rulina T.K., Privalova V.M. Mentalistika kak istoriko-psihologicheskoe napravlenie nauki // *Istoriya otechestvennoj i mirovoj psihologicheskoy mysli: Postigaya proshloe, ponimat' nastoyashchee i predvidet' budushchee*. М.: Institutpsihologii RAN, 2006. P. 453–455. (In Russ.).
2. Aleksandrov I.O., Maksimova N.E. Tipologiya medlennyh potencialov mozga, nejronal'naya aktivnost' i dinamika sistemnoj organizacii povedeniya // *EEG i nejronal'naya aktivnost' v psihofiziologicheskikh issledovaniyah* / Отв. ред. В.Б. Швырков, В.М. Русалов, Д.Г. Шевченко. М.: Наука, 1987. P. 44–72. (In Russ.).
3. Aleksandrov YU.I. Nauchenie i pamyat': tradicionnyj i sistemnyj podhody // *ZHurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*. 2005. V. 55. № 6. P. 842–860. (In Russ.).
4. Aleksandrov YU.I., Aleksandrova N.L. Sub"ektivnyj opyt i kul'tura. Struktura i dinamika // *Psihologiya. ZHurnal Vysshej shkoly ekonomiki*. 2007. V. 4. № 1. (In Russ.).



5. Aleksandrov YU.I., Gorkin A.G., Sozinov A.A., Svarnik O.E., Kuzina E.A., Gavrilo V.V. Konsolidaciya i rekonsolidaciya pamyati: psihofiziologicheskij analiz // *Voprosy psihologii*. 2015. № 3. P. 133–144. (In Russ.).
6. Apanovich V.V., Aramyan E.A., Dol'nikova M.S., Aleksandrov YU.I. Razlichiya mozgovogo obespecheniya resheniya analiticheskikh i holisticheskikh zadach // *Psihologicheskij zhurnal*. 2021. V. 42. № 2. P. 45–60. (In Russ.).
7. Apanovich V.V., Bezdenezhnyh B.N., Znakov V.V., Sams M., YAaskelajnen I., Aleksandrov YU.I. Razlichiya mozgovogo obespecheniya individual'nogo, kooperativnogo i konkurentnogo povedeniya u sub'ektov s analiticheskim i holisticheskim kognitivnymi stilyami // *Ekspierimental'naya psihologiya*. 2016. V. 9. № 2. (In Russ.).
8. Brushlinskij A.V. Mental'nost' rossijskaya i regional'naya (provincial'naya) // Rossijskij mentalitet: voprosy psihologicheskoy teorii i praktiki / Pod red. K.A. Abul'hanovoj, A.V. Brushlinskogo, M.I. Volovikovoj. M.: Izd-vo «Institut psihologii RAN», 1997. (In Russ.).
9. Velichkovskij B.M., Zinchenko V.P., Luriya A.R. Psihologiya vospriyatiya. M.: MGU, 1973. (In Russ.).
10. Gavrilo V.V. Sootnoshenie EEG i impul'snoj aktivnosti nejronov v povedenii u krolika // *EEG i nejronal'naya aktivnost' v psihofiziologicheskikh issledovaniyah* / otv. red. V.B. SHvyrkov, V.M. Rusalov, D.G. SHEvchenko. M.: Nauka, 1987. P. 33–43. (In Russ.).
11. Gorkin A.G. Fiksaciya individual'nogo opyta povedeniya v nejronnoj aktivnosti. D.diss. ... d.b.n. M., 2021.
12. Gusev A.N. Psihofizika sensoryh zadach: sistemno-deyatel'nostnyj analiz povedeniya cheloveka v situacii neopredelyonnosti. M.: Izd-vo Mosk. un-ta; UMK "Psihologiya", 2004. (In Russ.).
13. Gusev A.N., Izmajlov CH.A., Mihalevskaya M.B. Izmerenie v psihologii: obshchij psihologicheskij praktikum / 2-e izd. M.: Smysl, 1998. (In Russ.).
14. Kravkov S.V. Glazi ego rabota / 3-e izd. M.; Sverdlovsk, 1945. (In Russ.).
15. Kravkov S.V. Vzaimodejstvie organov chuvstv. M.: Izd-vo AN SSSR, 1948. (In Russ.).
16. Semenov V.E. Rossijskaya polimental'nost' i social'no-psihologicheskaya dinamika na pereput'e epoh. SPb.: S.-Peterb. gos. universitet, 2007. (In Russ.).
17. Ponomaryov YA.A. Psihologiya tvorchestva. M.: Nauka, 1976. (In Russ.).
18. SHvyrkov V.B. Vvedenie v ob'ektivnuyu psihologiyu: nejronal'nye osnovy psihiki. M.: Izd-vo «Institut psihologii RAN», 1995. (In Russ.).
19. YUrevich A.V. Strukturnye element nacional'nogo mentaliteta // *Psihologicheskie issledovaniya*. 2013. V. 6. № 29. (In Russ.).
20. Di Paolo E.A., De Jaegher H. The interactive brain hypothesis / *Frontiers in Human Neuroscience*. 2012. V. 6. Pp. 1–16.
21. Green D.M., Swets J.A. Signal Detection Theory and Psychophysics. N.Y.: Wiley, 1966.
22. Guttman L. The Third Component of Scalable Attitudes // *Int. J. Opin. and Attitude Res.* 1950. No. 4. P. 285–287.
23. Hari R., Henriksson L., Malinen S., Parkonen L. Centrality of Social Interaction in Human Brain Function // *Neuron*. 2015. Vol. 88. Pp. 181–193.
24. Hari R., Sams M., Nummenmaa L. Attending and neglecting people: bridging neuroscience, psychology and sociology // The royal society publishing. 2016. Vol. 371. No. 1693.
25. Laland K.N., Odling-Smee F.J., Feldman M.W. Niche construction, biological evolution, and cultural change // *Behavioural and Brain Sciences*. 2000. Vol. 23. No. 1. Pp. 131–146.
26. Nisbett R.E., Peng K., Choi I., Norenzayan A. Culture and systems of thought: Holistic versus analytic cognition // *Psychological Review*. 2001. Vol. 108. No. 2. Pp. 291–310.
27. Rasch G. An item analysis which takes individual differences into account // *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. 1966. Vol. 19. No. 1. Pp. 49–57.

Информация об авторах

Апанович Владимир Викторович, кандидат психологических наук, научный сотрудник, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН); Институт экспериментальной психологии, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ); старший преподаватель, Государственный академический университет гуманитарных наук (ФГБОУ ВО



ГАУГН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3407-6049>, e-mail: apanovitschvv@yandex.ru

Арамян Эрик Арамович, аспирант, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3562-8378>, e-mail: aramyan.eric@gmail.com

Гладилин Дмитрий Леонидович, лаборант-исследователь, Институт экспериментальной психологии, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ); аспирант, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5352-4866>, e-mail: dima.gladilin.psy@gmail.com

Юдаков Константин Сергеевич, магистрант, Государственный академический университет гуманитарных наук (ФГБОУ ВО ГАУГН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5132-4054>, e-mail: kost05062000@mail.ru

Карпов Сергей Анатольевич, технический директор, ООО «Цифровизация транспорта», г. Набережные Челны, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2227-980X>, e-mail: karpov.s2@gmail.com

Горкин Александр Георгиевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5493-945X>, e-mail: agorkin@yandex.ru

Александров Юрий Иосифович, профессор, член-корреспондент РАО, доктор психологических наук, заведующий лабораторией, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН); Институт экспериментальной психологии, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ); заведующий кафедрой, Государственный академический университет гуманитарных наук (ФГБОУ ВО ГАУГН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Information about the authors

Vladimir V. Apanovich, PhD, Research Fellow, Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences; Moscow State University of Psychology and Education; Senior Lecturer, State Academic University for the Humanities, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3407-6049>, e-mail: apanovitschvv@yandex.ru

Eric A. Aramyan, Postgraduate, Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3562-8378>, e-mail: aramyan.eric@gmail.com

Dmitry L. Gladilin, Laboratory Assistant Researcher, Moscow State University of Psychology and Education; Postgraduate, Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5352-4866>, e-mail: dima.gladilin.psy@gmail.com

Konstantin S. Yudakov, Master, State Academic University for the Humanities, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5132-4054>, e-mail: kost05062000@mail.ru

Sergey A. Karpov, Chief Technology Officer, Cifrovizaciya transporta, Naberezhnye Chelny, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2227-980X>, e-mail: karpov.s2@gmail.com

Alexander G. Gorkin, Doctor of Biology, Leading Researcher, Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5493-945X>, e-mail: agorkin@yandex.ru

Yuri I. Alexandrov, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Education, Doctor of Psychology, the Head of the Laboratory, Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences; Moscow State University of Psychology and Education; Head of Psychophysiology Department, State Academic University for the Humanities, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Получена 16.01.2022

Принята в печать 30.09.2022

Received 16.01.2022

Accepted 30.09.2022