

Вестник психофизиологии. 2022. № 3. С. 84-92.
Psychophysiology News. 2022. No. 3. P. 84-92.

Научная статья
УДК 159.9+612

doi: 10.34985/c6943-9746-7218-s

МОДЕЛЬ СОЗДАНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФАЙЛИНГА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРНЕТЕ

Елена Ивановна Николаева¹, Надежда Владимировна Сутормина²,
Евгений Геннадьевич Вергунов³

^{1,2} Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
Санкт-Петербург, Россия

³ Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины, Новосибирск, Россия

¹ klemtina@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8363-8496

² nadya.sutormina.92@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5073-8922

³ vergounov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8352-5368

© Николаева Е.И., Сутормина Н.В., Вергунов Е.Г., НПЦ "ПСН", 2022

Аннотация. В статье предлагается новый подход к анализу психофизиологических параметров, способствующих эффективности поиска информации в интернете. В исследовании приняли участие 70 учеников 8-16 лет. Были использованы психофизиологические показатели: ЭЭГ, параметры окулографии, исполнительных функций для создания модели эффективного поиска информации в интернете. Учащиеся записывали ЭЭГ в течение 5 мин с закрытыми глазами, затем проводили окулографию, проверяли исполнительные функции и испытуемые решали задачу поиска информации в интернете. Эффективность решения оценивалась в баллах. Затем вновь проводили запись ЭЭГ в течение 5 мин. Показано, что замедление ритмов ЭЭГ является значимым предиктором эффективности включённости подростка в решение задачи в интернете. Эффективность поиска информации в интернете связана с качественным тормозным контролем подростка и работой механизма обучения в рабочей памяти. Индивидуальная специфика когнитивных стратегий (число возвратов взгляда в область интереса), тормозного контроля, научения, которая проявляется в результатах поиска в интернете для мальчиков и девочек различна.

Ключевые слова: ЭЭГ, тормозный контроль, исполнительные функции, окулография, айтрекер, поиск информации в интернете

Original article

MODEL FOR CREATING PSYCHOPHYSIOLOGICAL PROFILING WHEN STUDYING INFORMATION SEARCH ON THE INTERNET

Elena I. Nikolaeva¹, Nadejda V. Sutormina², Eugeny G. Vergunov³

^{1,2} A. I. Herzen Russian State Pedagogical University, St. Petersburg, Russia

³ Research Institute of Neurosciences and Medicine, Novosibirsk, Russia

¹ klemtina@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8363-8496

² nadya.sutormina.92@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5073-8922

³ vergounov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8352-5368

Abstract. The article proposes a new approach to the analysis of psychophysiological parameters that contribute to the effectiveness of information search on the Internet. The study involved 70 students aged 8-16. Psychophysiological indicators were used: EEG, oculography

parameters, executive functions to create a model for effective information retrieval on the Internet. The students recorded the EEG for 5 minutes with their eyes closed, then they performed oculography, checked their executive functions, and the subjects solved the problem of searching for information on the Internet. The effectiveness of the solution was evaluated in points. Then the EEG was again recorded for 5 min. It has been shown that slowing down of EEG rhythms is a significant predictor of the effectiveness of adolescent involvement in solving a problem on the Internet. The effectiveness of searching for information on the Internet is related to the quality of the adolescent's inhibitory control and the functioning of the learning mechanism in working memory. The individual specificity of cognitive strategies (the number of gaze returns to the area of interest), inhibitory control, and learning, which is manifested in the results of Internet searches for boys and girls, is different.

Keywords: EEG, inhibitory control, executive functions, oculography, eye tracker, information search on the Internet

Поиск информации в интернете - одна из самых рутинных задач ученика в настоящее время как в школе, так и дома [3; 4]. Ученики сталкиваются с ней при работе в классе и при подготовке домашних заданий [14-16]. Более того, экзамены в вузы в настоящее время стали проводиться удалённо, что обнаруживает весьма нерадостную картину, состоящую в том, что часть абитуриентов не может зайти в личный кабинет, а затем не может войти на экзамен [1; 6]. Всё это ставит вопрос о более глубоком понимании причин неудач при поиске информации в интернете. В этой работе мы ставим задачу разработать модель, позволяющую создать психофизиологические профили, обеспечивающие степень успешности поиска информации в интернете.

Психофизиологическими показателями эффективности когнитивной активности в интернете были выбраны ЭЭГ и исполнительные функции. Выбор именно этих характеристик обусловлен тем, что изменение ЭЭГ-активности может отражать напряжённость мозговой деятельности в процессе выполнения задания, а уровень сформированности исполнительных функций отражает качество регуляции когнитивной активности в процессе выполнения задания [6; 13]. Кроме этого, был использован ай-трекер, поскольку движение глаз при чтении информации позволяло контролировать включённость испытуемого в активность [17]. Испытуемым давались задания (поиск ответа на заданный вопрос в интернете), результат выполнения которых оценивался как "верный" или "неверный".

В качестве испытуемых выступили ученики 8-16 лет, для которых поиск информации в интернете был типичным действием [10].

Материалы и методы

В эксперименте участвовало 75 учеников в возрасте 8-16 лет. У них записывали на входе в эксперимент ЭЭГ в состоянии оперативного покоя с закрытыми глазами, затем оценивали исполнительные функции и окулограмму, после этого они производили поиск в интернете с решением определённых задач, затем проводилась вторая запись ЭЭГ в состоянии оперативного покоя.

Для изучения электрической активности мозга был использован итальянский электроэнцефалограф BE Plus PRO (64 каналов, частота дискретизации 1000 Гц). Поскольку поиск информации требует активности глаз, при движении которых возникает сигнал, создающий существенные помехи на записи ЭЭГ, то ЭЭГ регистрировали до начала работы в интернете и после неё. Запись велась в течение 5 минут до и после поиска информации подростком информации в интернете. Непрерывные данные фильтровались (1-45 Гц) с использованием функции FIR-фильтра [18]. Для удаления артефактов ЭЭГ запись обрабатывалась в EEGLAB методом ICA (<http://www.sccn.ucsd.edu/eeglab/>). Затем данные ЭЭГ были пересчитаны до среднего эталона и подверглись понижающей дискретизации до 250 Гц.

Спектральный анализ ЭЭГ проводился методом STFT (Short-Time Fourier Transform, FFT Length = 2048, Windows type Bartlett, перекрытие 50 %). Таким образом были получены амплитуды спектра для эпох продолжительностью 4 секунды по всем частотам. Затем эти результаты суммировались по диапазонам частот шириной 1 Гц (число эпох для всех записей было взято одинаковое и составило 42 эпохи). Далее было произведено суммирование по всем электродам.

Из показателей исполнительных функции в анализ вошли:

- интерференционное торможение и обучение в процессе воспроизведения [12] - из авторской методики О.М. Разумниковой [11] для оценки рабочей памяти;
- число ошибок в парадигме go/no-go - из авторской методики [2] для оценки тормозного контроля.

Для последующих этапов эксперимента с помощью набора проб [8] оценивались латеральные предпочтения.

Для оценки параметров окулографии использовался канадский айтрекер Gazepoint GP3 HD. Этот дистанционный айтрекер представляет собой блок, который располагается на подставке между испытуемым и монитором ноутбука. Технические характеристики айтрекера Gazepoint GP3 HD: точность регистрации: 0,5-1,0 град; рабочая частота: 150 Гц; калибровка по 5 или 9 точкам (в исследовании - 9 точек); область свободного перемещения головы: по горизонтали не менее 35 см; по вертикали не менее 22 см; вперед/назад не менее 15 см в каждую сторону; размеры: 320 × 45 × 47 (мм); вес 170 г. [9].

Оценивались параметры: время фиксации на области интереса (показывает суммарное время, которое взгляд находился в пределах области интереса); длительность первой фиксации (показывает время первой фиксации взгляда в пределах области интереса при первом попадании); число повторных возвратов на область интереса (показывает сколько раз испытуемый посмотрел на область интереса); среднее время фиксаций (выводит среднюю длительность фиксаций на области интереса (суммарное время нахождения взора в области интереса, деленное на количество фиксаций в этой области); все фиксации (сумма всех фиксаций в области интереса). На этом этапе эксперимента в анализ было включено число повторных возвратов на область интереса.

Испытуемые, которые не прошли полный набор методик, или их записи ЭЭГ содержали высокий уровень "шума", были исключены из дальнейшей обработки.

Результатом многомерного анализа стала бикомпонентная (Two-Block PLS) модель.

PLS-анализ - это метод получения проекций на латентные структуры (Projection to Latent Structure), первоначальное название - "метод частичных наименьших квадратов" (Partial Least Squares). Эффективным инструментом PLS-анализа является бикомпонентные модели (**2B-PLS**, Two-Block PLS) [22]. Бикомпонентные модели используются для изучения имплицитных когнитивных процессов путём выявления глубинных "латентных структур" (независимых психофизиологических механизмов), единых для 2 блоков (матрицы **B1** и **B2**) многомерных показателей [19].

При построении бикомпонентных моделей происходит центрирование рядов данных, масштабирование и повороты обоих блоков для получения максимальной ковариации между матрицами счётов (**B1-score** и **B2-score**), которые являются проекциями матриц **B1** и **B2** на искомые ортогональные латентные структуры. В один блок можно поместить переменные-признаки (состоят только из "0" и "1"), а в другой - ряды инструментальных данных.

Полученные в бикомпонентной модели латентные структуры описываются с помощью ортогональных матриц нагрузок (**B1-loadings** и **B2-loadings**, коэффициенты перехода от исходных "явных структур" к найденным "латентным структурам"). Цель бикомпонентной модели состоит в определении системы пар осей для обоих блоков сразу, которые выражают максимальный шаблон ковариации для **B1-score** и **B2-score** [20].

В результате бикомпонентной модели мы получаем число латентных структур (новых осей координат), которое равно минимальному числу переменных из двух блоков исходных данных. Заметим, что соотношения для структур сырых данных в блоках остаются теми же самыми после любого количества (и порядка применения) таких операций, как

центрирование, масштабирование, поворот, которые применяются в PLS-моделях. Таким образом, полностью сохраняется структура сырых данных, вся информация из исходных рядов данных при построении бикомпонентной PLS-модели собирается в первых независимых латентных структурах. 2B-PLS допускает ситуацию, когда переменных больше, чем объектов, а также взаимную коррелированность исходных данных, которые могут включать в себя линейные комбинации друг друга [21].

Результаты

В блоки бикомпонентной модели вошли переменные (таблица 1), представляющие собой ряды инструментальных данных (46 переменных, блок 1) и ряды признаков (124 переменных, блок 2). Соответственно, было получено 46 латентных структур.

Согласно данным графика "осыпи" для сформированной 2B-PLS модели (рисунок 1) представляют интерес первые 5 латентных структур, описывающих 86,0 % общей дисперсии. Отсутствие значимых нагрузок для признаков "до" (когнитивной нагрузки) и "после" (неё) для всех латентных структур, а также для признаков частот диапазона β -ритма в первой структуре, говорит о том, что следующем этапом анализа должно стать изучение активности и связности нейросетей (исполнительных и покоя) отдельно.

Таблица 1 - Блоки переменных для бикомпонентной модели

Переменные	Блок
# 01... # 42, ЭЭГ-амплитуды STFT на интервалах по 4 сек (всего 42) *	№1
(a) Age , возраст испытуемых с точностью до 0,01 года	№1
(b) Ret , число возвратов взгляда на область интереса	№1
(c1) Err1 , число ошибок в 1 части парадигмы go / no-go (новые условия)	№1
(c2) Err2 , число ошибок во 2 части парадигмы go / no-go (привычные условия)	№1
Hz 01...Hz 44 , признак частоты (01 – от 1 до 2 Гц, 44 – от 44 до 45 Гц, всего 44)	№2
(d1) f , признак принадлежности к женскому полу	№2
(d2) m , признак принадлежности к мужскому полу	№2
(e1) do , признак ЭЭГ-записи до когнитивной нагрузки	№2
(e2) po , признак ЭЭГ-записи после когнитивной нагрузки	№2
(f1) r , признак верного ответа на поисковый запрос в интернете	№2
(f2) w , признак неверного ответа на поисковый запрос в интернете	№2
(f3) e , признак другой когнитивной нагрузки (не поиск в интернете)	№2
(g1) i0 , признак отсутствия интерференционного торможения	№2
(g2) i1 , признак слабой выраженности интерференционного торможения	№2
(g3) i2 , признак сильной выраженности интерференционного торможения	№2
(h1) p0 , признак отсутствия научения	№2
(h2) p1 , признак слабой выраженности научения	№2
(h3) p2 , признак сильной выраженности научения	№2
#01... #75 признаки индивидуальной специфики (коды испытуемых (всего 67))	№2

Примечание: латинские буквы в круглых скобках слева - идентификаторы внешних факторов, которые контролировались в исследовании; * - переменные-сумматоры по всем каналам ЭЭГ

Структура №1 (40,0 % дисперсии). Значимые нагрузки (коэффициенты корреляции) не показаны ни для индивидуальной специфики (признаков кодов испытуемых), ни для какого-либо из контролируемых факторов. Отрицательные значимые нагрузки показаны для всех 42 эпох и для признаков частот Hz_01...Hz_11 (от 1 до 12 Гц), а для признаков Hz_32...Hz_44 (от 32 до 44 Гц) показаны положительные значимые нагрузки.

Отсюда следует вывод, что наиболее значимый фактор - это общие особенности записи ЭЭГ в фоне на протяжении всего времени регистрации (рост активности низких частот снижает активность высоких частот). Таким образом, психофизиологическими механизмами, которые обуславливают данную латентную структуру, является активность нейросетей в состоянии оперативного покоя с закрытыми глазами (рисунок 2).

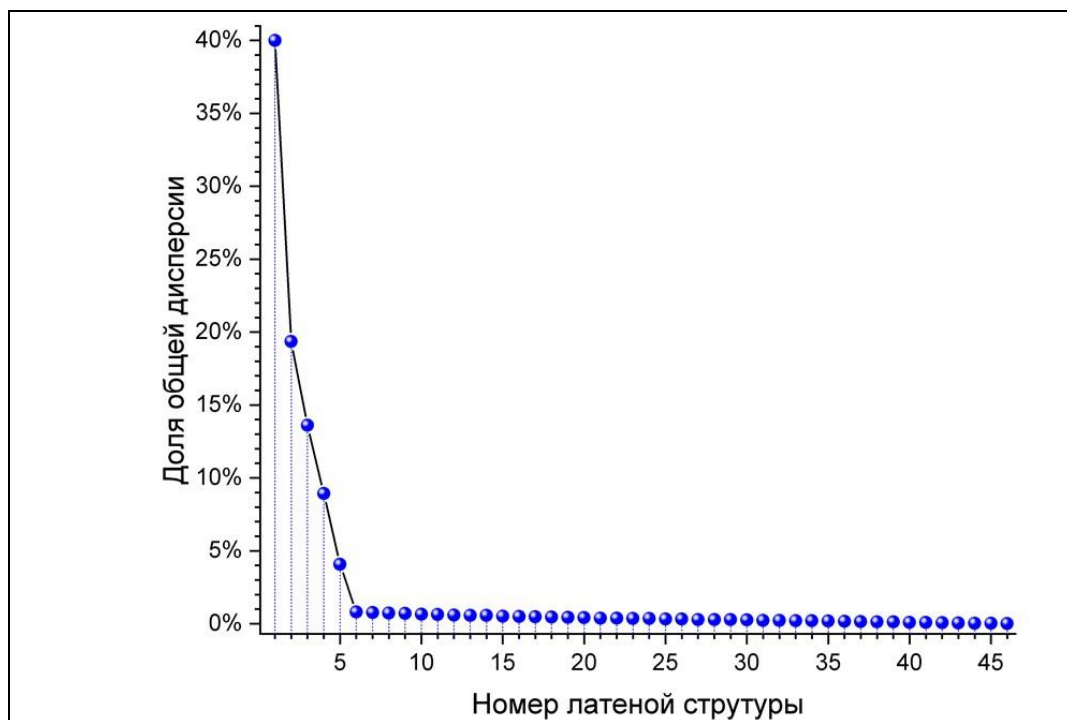


Рисунок 1 - График "осыпи" латентных структур бикомпонентной модели
Латентные структуры с № 6 отражают влияние "шумовых" компонент

Структура №2 (19,4 % дисперсии). Положительное направление её оси определяется нагрузкой для переменной "возраст" ($r=+0,890$); с этим же направлением связаны признаки слабой выраженности научения ($r=+0,540$), верного ответа на поисковый запрос в интернете ($r=+0,403$), слабой выраженности интерференционного торможения ($r=+0,540$) и переменная "число возвратов взгляда на область интереса" ($r=+0,183$).

Отрицательное направление оси структуры связано с признаками отсутствия и сильной выраженности научения ($r=-0,342$ и $r=-0,198$, соответственно), неверного ответа на поисковый запрос в интернете ($r=-0,394$), сильной выраженности интерференционного торможения ($r=-0,207$) и с переменными "число ошибок в парадигме go / no-go" для 1 и 2 её частей ($r=-0,257$ и $r=-0,329$, соответственно).

Здесь и далее отметим, что для одного направления оси структуры будут также верны все заключения, которые противоположны заключениям для другого направления оси.

Отсюда следует вывод, что следующий по значимости фактор - это возрастные особенности тормозного контроля и баланса процессов интерференционного торможения и научения. В частности, у испытуемых зрелый тормозный контроль и эффективный баланс совместно с ростом числа возвратов взгляда на область интереса при поиске в интернете обеспечивают выверенный результат. Таким образом, психофизиологическими механизмами, которые обуславливают данную латентную структуру, является зрелость лобных долей головного мозга.

Структура №3 (13,6 % дисперсии). Положительное направление её оси определяется нагрузкой для переменной "число ошибок в части 2 парадигмы go / no-go" ($r=+0,783$) и связано с признаками сильной выраженности интерференционного торможения ($r=+0,534$), верного ответа на поисковый запрос в интернете ($r=+0,185$) и с переменными "возраст" ($r=+0,442$), "число ошибок в части 1 парадигмы go / no-go" ($r=+0,299$) для мальчиков ($r=+0,354$).

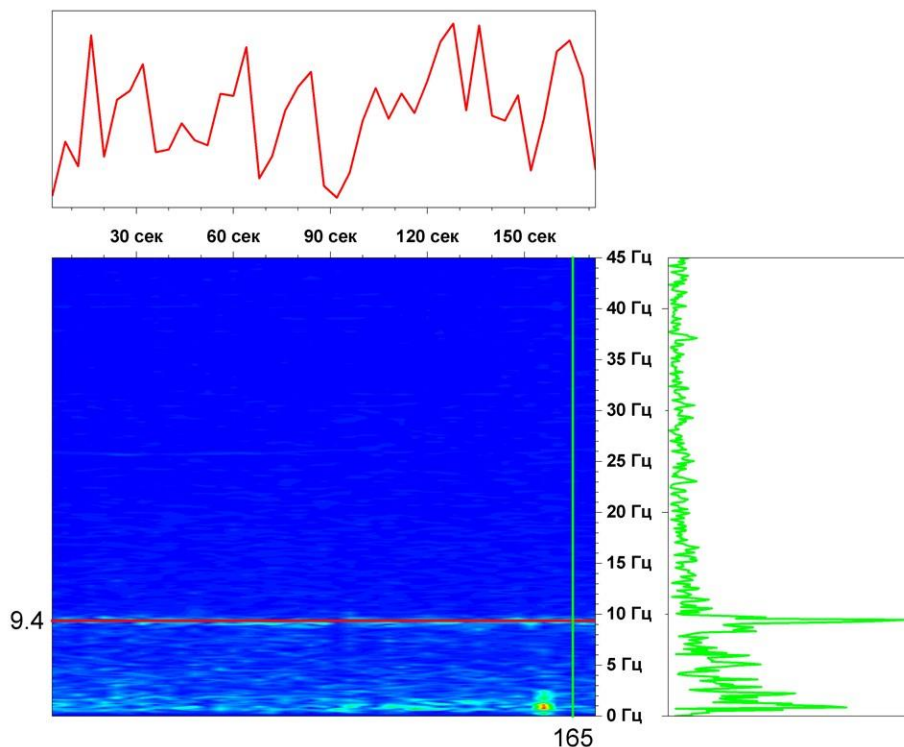


Рисунок 2 - STFT-анализ амплитуд спектра записи фона испытуемого с закрытыми глазами (Short-Time Fourier Transform, FFT Length = 2048, Windows type Bartlett, перекрытие 50 %)

Отрицательное направление оси связано с признаками неверного ответа на поисковый запрос в интернете ($r=-0,274$), отсутствия и слабой выраженности интерференционного торможения ($r=-0,220$ и $r=-0,314$, соответственно) и с переменной "число возвратов взгляда на область интереса" ($r=-0,321$) для девочек ($r=-0,354$).

Отсюда следует вывод, что особенности тормозного контроля и баланса процессов интерференционного торможения и научения у более старших мальчиков и более младших девочек разным образом опосредуют результаты когнитивных стратегий (число возвратов взгляда на область интереса) при поиске в интернете. Таким образом, в деятельности механизмов, которые определяют эту структуру, проявляются психофизиологические и возрастные различия в работе интегративных структур головного мозга у мальчиков и девочек.

Для последующих двух латентных структур признаки индивидуальной специфики показывают значимые нагрузки, что даёт возможность психофизиологического профайлинга для групп испытуемых на основе кластеризации по этим латентным структурам.

Структура №4 (8,9 % дисперсии). Отрицательное направление оси определяется числом возвратов взгляда на область интереса ($r=-0,905$), связано с переменными "число ошибок в парадигме go / no-go" для 1 и 2 её частей ($r=-0,354$ и $r=-0,235$, соответственно) и признаком неверного ответа на поисковый запрос в интернете ($r=-0,268$) для мальчиков ($r=-0,168$).

Положительное направление оси связано с признаком отсутствия научения ($r=+0,198$) в других когнитивных задачах (не поиск в интернете, $r=+0,412$) для девочек ($r=+0,168$).

Отсюда следует вывод, что существует индивидуальная специфика когнитивных стратегий (число возвратов взгляда в область интереса), тормозного контроля, научения, которая проявляется в результатах поиска в интернете для мальчиков и девочек различно. Таким образом, работа психофизиологических механизмов, которые определяют эту латентную структуру, связана с различиями в деятельности когнитивных процессов.

Структура №5 (4,1 % дисперсии). Отрицательное направление оси определяется числом ошибок в 1 части парадигмы go / no-go ($r=-0,848$) и связано с признаком слабой выраженности интерференционного торможения ($r=-0,474$).

Положительное направление оси связано с переменными "число ошибок во 2 части парадигмы go / no-go" ($r=+0,474$), "число возвратов взгляда в область интереса" ($r=+0,209$) и признаками слабой выраженности научения ($r=+0,151$), отсутствия и сильной выраженности интерференционного торможения ($r=+0,325$ и $r=+0,148$, соответственно).

Отсюда следует вывод, что существует индивидуальная специфика тормозного контроля в различных условиях, когнитивных стратегий (число возвратов взгляда в область интереса), баланса процессов интерференционного торможения и научения, которая не связана с полом, когнитивной задачей и возрастом. Таким образом, деятельность психофизиологических механизмов, которые определяют эту латентную структуру, связана с различиями в работе функций управления изменениями поведения (executive functions).

Выводы:

1. Рост активности низких частот и снижение активности высоких частот ритмов ЭЭГ может являться значимым предиктором включённости подростка в решение задачи поиска в интернете. На последующих этапах эксперимента будет произведён анализ активности нейросетей в состояниях "до" и "после" выполнения поисковой задачи в интернете.

2. Эффективность поиска информации в интернете может быть связана с качественным тормозным контролем подростка и балансом работы механизмов интерференционного торможения и научения в рабочей памяти.

3. Индивидуальная специфика когнитивных стратегий (число возвратов взгляда в область интереса), тормозного контроля, интерференционного торможения и научения, которая проявляется в сравнении результатов активности мозга до и после поиска в интернете, опосредована в том числе возрастом и полом испытуемых.

Соблюдение этического кодекса

Для проведения исследования у родителей подростков были получены информированные согласия. Работа проводилась по согласованию с этическим комитетом

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ гранта 19-29-14005 "Эффективные стратегии онлайн-поиска информации детьми и подростками в процессе решения учебных задач: когнитивные и психофизиологические механизмы".

Список источников (References)

1. Безгодова С.А., Микляева А.В., Николаева Е.И. Компьютер vs смартфон: как школьники выполняют учебные задания, связанные с поиском информации в сети интернет? В сборнике: Новые образовательные стратегии в современном информационном пространстве // Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2020. С. 134-139. [Bezgodova S.A., Miklyeva A.V., Nikolaeva E.I. Computer vs smartphone: how do schoolchildren perform learning tasks related to searching for information on the Internet? In the collection: New educational strategies in the modern information space. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific-practical conference. St. Petersburg, 2020, pp. 134-139.].
2. Вергунов Е.Г. Скорость реакции на стимулы различной модальности школьников с различной успеваемостью // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2009. № 98. С. 255-258. [Vergunov E.G. The speed of response to stimuli of different modalities of schoolchildren with different academic performance. Izvestiya of the Herzen State Pedagogical University. 2009. No. 98. S. 255-258.].
3. Килби Э. Гаджетомания: как не потерять ребенка в виртуальном мире. Спб: Питер, 2019. [Kilby E. Gadgetomania: how not to lose a child in the virtual world. SPb: Peter, 2019.].
4. Кривошёков С.Г., Николаева Е.И., Вергунов Е.Г., Приходько А.Ю. Многомерный анализ

- показателей тормозного и автономного контроля при ортостазе и в эмоциональных ситуациях // Физиология человека. 2022. Т. 48. № 1. С. 26-37. [Krivoshchekov S.G., Nikolaeva E.I., Vergunov E.G. Multivariate analysis of indicators of inhibitory and autonomous control in orthostasis and in emotional situations // Human Physiology. 2022. V. 48. No. 1. S. 26-37.].
5. Николаева Е.И., Вергунов Е.Г. Оценка связи асимметрии лицевой экспрессии с тормозным контролем и латеральными предпочтениями у физически активных мужчин // Асимметрия. 2021. Т. 15. № 4. С. 38-53. DOI: 10.25692/ASY.2021.15.4.004 [Nikolaeva E.I., Vergunov E.G. Assessing the relationship between facial expression asymmetry and inhibitory control and lateral preferences in physically active men. Asymmetry. 2021. V. 15. No. 4. S. 38-53. DOI: 10.25692/ASY.2021.15.4.004].
 6. Вулф М. Читающий мозг в цифровом мире. М.: АСТ, 2021. [Wolf M. Reading brain in the digital world. M.: AST, 2021.].
 7. Николаева Е.И., Дунаевская Э.Б., Калабина И.А. Факторы, влияющие на успешность поддержки родителями детей при дистанционном обучении // Комплексные исследования детства. 2020. Т. 2. № 4. С. 235-245. [Nikolaeva E.I., Dunaevskaya E.B., Kalabina I.A. Factors influencing the success of parental support for children in distance learning // Complex research on childhood. 2020. V. 2. No. 4. P. 235-245.].
 8. Николаева Е.И., Сутомина Н.В. Методологические подходы к использованию психофизиологических параметров для оценки эффективности поиска информации подростками в интернете // Вестник психофизиологии. 2022. №2. С. 97-105. [Nikolaeva E.I., Sutomina N.V. Methodological approaches to the use of psychophysiological parameters to assess the effectiveness of information search by adolescents on the Internet // Bulletin of psychophysiology. 2022. №2. P.97-105.].
 9. Николаева Е.И., Сутормина Н.В. Связь параметров окулографии подростков с особенностью исполнительных функций при чтении инструкции в интернете // Вестник психофизиологии. 2021. № 3. С. 43-47. doi: 10.34985/g4541-5901-1965-q [Nikolaeva E.I., Sutormina N.V. Relationship between the parameters of oculography in adolescents and the peculiarity of executive functions when reading instructions on the Internet. Bulletin of psychophysiology. 2021. №3. P. 43-47. doi: 10.34985/g4541-5901-1965-q.].
 10. Николаева Е.И., Гаджибабаева Д.Р. Сравнительный анализ личностных особенностей подростков, проживающих в семье и в интернате (на примере Дагестана) // Психология образования в поликультурном пространстве. 2011. Т. 2. № 14. С. 70-73. [Nikolaeva E.I., Gadzhibabaeva D.R. Comparative analysis of personal characteristics of adolescents living in a family and in a boarding school (on the example of Dagestan) // Psychology of education in a multicultural space. 2011. V. 2. No. 14. S. 70-73].
 11. Разумникова О.М., Николаева Е.И. Тормозные функции мозга и возрастные особенности организации когнитивной деятельности // Успехи физиологических наук. 2019. Т. 50. № 1. С. 75-89. [Razumnikova O.M., Nikolaeva E.I. Inhibitory functions of the brain and age-related features of the organization of cognitive activity // Successes of physiological sciences. 2019. V. 50. No. 1. S. 75-89.].
 12. Разумникова О.М., Николаева Е.И. Возрастные особенности тормозного контроля и проактивная интерференция при запоминании зрительной информации // Вопросы психологии. 2019. № 2. С. 124-132. [Razumnikova O.M., Nikolaeva E.I. Age-related features of inhibitory control and proactive interference when memorizing visual information // Questions of Psychology. 2019. No. 2. S. 124-132.].
 13. Разумникова О.М., Николаева Е.И. Онтогенез тормозного контроля когнитивных функций и поведения. Новосибирск, 2021. [Razumnikova O.M., Nikolaeva E.I. Ontogeny of inhibitory control of cognitive functions and behavior. Novosibirsk, 2021.].
 14. Твенге Д. Поколение айфона: кто они? М.: РИСПО классик, 2021. [Twenge D. iPhone generation: who are they? Moscow: RISPO classic, 2021.].
 15. Улс Я.Т. Добавьте в друзья своих детей. М.: Эксмо, 2019. [Uls Ya.T. Add your children as a friend. Moscow: Eksmo, 2019.].
 16. Хансен А. На цифровой игле. М.6 РИПОЛ классик, 2021. [Hansen A. On a digital needle. M.6 RIPOL classic, 2021.].
 17. Conklin K., Pellicer-Sachez A., Carrol G. Eye-tracking: a guide for applied linguistics research. Cambridge; New York, NY: Cambridge University Press, 2018.
 18. Delorme A., Makeig S. EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. Journal of neuroscience methods. 2004. V. 134 (1). P. 9-21. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2003.10.009.

19. Kovaleva VYu, Pozdnyakov AA, Litvinov YuN., Efimov VM: Assessment of the conjugation of morphogenetic and molecular genetic moduli of variation in the common vole *Microtus s.l.* in gradient environmental conditions. *Ecological genetics* 2019, 17(2), 21–34. DOI: 10.17816/ecogen17221-34.
20. Polunin D, Shtaiger I, Efimov V: JACOBI4 software for multivariate analysis of biological data. *bioRxiv*, 2019. Doi: 10.1101/803684
21. Ranner, S.; Lindgren, F.; Geladi, P.; Wold, S. A PLS kernel algorithm for data sets with many variables and fewer objects. *J. Chemom.* 1994, 8, 111–125.
22. Rohlf, F. J., Corti, M. (2000). The use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. *Systematic Biology*, 49(4), 740–753. doi: 10.1080/106351500750049806
23. Tsai S., Machado, P. (2002) E-learning, online learning, language learning, or distance learning: Unveiling the ambiguity in current terminology. *eLearn Magazine*, vol. 2002, no. 7, p. 3. DOI: 10.1145/566778.568597

Статья поступила в редакцию 05.07.2022; одобрена после рецензирования 03.08.2022; принята к публикации 10.09.2022.

The article was submitted 05.07.2022; approved after reviewing 03.08.2022; accepted for publication 10.09.2022.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.