

Научная статья  
Статья в открытом доступе  
УДК 331.101.1  
doi: 10.30987/2658-4026-2023-4-405-412

## Индивидуально – типологические особенности распознавания реальных и модельных сигналов электроэнцефалограммы

Ярослав Александрович Туровский<sup>1✉</sup>, Валерия Андреевна Тищенко<sup>2</sup>, Евгений Александрович Киселев<sup>3</sup>, Татьяна Андреевна Устименко<sup>4</sup>, Александра Андреевна Адоньева<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

<sup>2,4,5</sup> Воронежский филиал АНО ВО Московского гуманитарно-экономического университета.

<sup>3</sup> Воронежский Государственный Университет

<sup>1</sup> [yaroslav\\_turovsk@mail.ru](mailto:yaroslav_turovsk@mail.ru) ; <https://orcid.org/0000-0002-5290-885X>

<sup>2</sup> [va-le-ri86@yandex.ru](mailto:va-le-ri86@yandex.ru) ; <https://orcid.org/0000-0002-1243-6042>

<sup>3</sup> [evg-kisel2006@yandex.ru](mailto:evg-kisel2006@yandex.ru)

<sup>4</sup> [Ustimenko\\_t@internet.ru](mailto:Ustimenko_t@internet.ru) ; <https://orcid.org/0009-0002-7931-280X>

<sup>5</sup> [sadonyeva@icloud.com](mailto:sadonyeva@icloud.com) ; <https://orcid.org/0009-0001-4232-1844>

### Аннотация.

Проведен эксперимент по выявлению индивидуально – типологических особенностей распознавания пользователем реальных и модельных сигналов электроэнцефалограммы в рамках задач, связанных с конструированием тренажеров эргатических систем. В ходе эксперимента проведено психологическое тестирование участников исследования. Для диагностики использовались методики: личностный опросник Айзенка, диагностика ведущей перцептивной модальности, шкала тревожности Спилберга, зрительно – пространственный тест Корси на оценку рабочей памяти. Ключевым тестом было прохождение теста в виде разработанного авторами оригинального программного обеспечения с целью выявления способности отличить реальную энцефалограмму от изображения, сгенерированного программой. Анализ корреляционных зависимостей, показал, что испытуемые, давшие лучшие результаты на этапе обучения, улучшают свои показатели на этапе эксперимента без обратной связи. Испытуемые с аудальной ведущей перцептивной системой дают худшие результаты на этапе эксперимента без обратной связи, чем испытуемые с ведущими визуальной и кинестетической перцептивными системами. Испытуемые с более высоким уровнем тревожности выдают более низкие показатели в ходе прохождения эксперимента на обоих этапах.

**Ключевые слова:** эргатические системы, тренажеры, человека – машинные интерфейсы, задача Тьюринга

**Финансирование:** исследование выполнено за счет гранта российского научного фонда № 23-19-00664

**Для цитирования:** Туровский Я.А., Тищенко В.А., Киселёв Е.А. и др. Индивидуально – типологические особенности распознавания реальных и модельных сигналов электроэнцефалограммы // Эргодизайн. №4 (22). С. 405-412. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2023-4-405-412>.

Original article  
Open access article

## Individual Typological Features of Recognizing Real and Model Electroencephalogram Signals

Yaroslav A. Turovsky<sup>1</sup>, Valeria A. Tishchenko<sup>2</sup>, Evgeny A. Kiselyov<sup>3</sup>, Tatiana A. Ustimenko<sup>4</sup>, Alexandra A. Adonyeva<sup>5</sup>

<sup>1</sup> V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences

<sup>2,4,5</sup> Voronezh branch of the autonomous non-profit organization of higher education “Moscow Humanitarian Economic University”.

<sup>3</sup> Voronezh State University

<sup>1</sup> [yaroslav\\_turovsk@mail.ru](mailto:yaroslav_turovsk@mail.ru) ; <https://orcid.org/0000-0002-5290-885X>

<sup>2</sup> [va-le-ri86@yandex.ru](mailto:va-le-ri86@yandex.ru) ; <https://orcid.org/0000-0002-1243-6042>

<sup>3</sup> [evg-kisel2006@yandex.ru](mailto:evg-kisel2006@yandex.ru)

<sup>4</sup> [Ustimenko\\_t@internet.ru](mailto:Ustimenko_t@internet.ru) ; <https://orcid.org/0009-0002-7931-280X>

<sup>5</sup> [sadonyeva@icloud.com](mailto:sadonyeva@icloud.com) ; <https://orcid.org/0009-0001-4232-1844>

## Abstract.

*An experiment is conducted to identify individual typological features of the user's recognition of real and model electroencephalogram signals within the framework of tasks related to designing ergatic system simulators. During the experiment, psychological testing of the study participants is carried out. The following diagnosis methods are used: the Eysenck personality questionnaire, diagnostics of the leading perceptual modality, the Spielberg state-trait anxiety inventory, the Corsi block-tapping test for assessing working memory. The key test is passing a test in the original software form developed by the authors to identify the ability to distinguish a real encephalogram from an image generated by the programme. The analysis of correlation dependencies shows that the trial subjects who gave the best results at the training stage improve their performance at the experiment stage without feedback. Trial subjects with a leading auditory perceptual system give worse results at the experiment stage without feedback than subjects with leading visual and kinaesthetic perceptual systems. Trial subjects with a higher level of anxiety give out lower indicators during the experiment at both stages.*

**Keywords:** ergotic systems, simulators, human-machine interfaces, Turing problem

**Financing:** the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-19-00664

**For citation:** Turovsky Ya.A., Tishchenko V.A., Kiselyov E.A., Ustimenko T.A., Adonyeva A.A. Individual Typological Features of Recognizing Real and Model Electroencephalogram Signals // Ergodizayn [Ergodesign], 2023, No. 4 (22). Pp. 405-412 . Doi: 10.30987/2658-4026-2023-4-405-412.

## Введение

При современном уровне развития эргатических систем, становится все более актуальна подготовка операторов различных, специализированных видов деятельности [1]. Под оператором, в данном случае понимается человек, управляющий машиной (любым техническим устройством) в рамках эргатической системы. Очевидно, что такая подготовка требует не только получение теоретических знаний, но и овладение практическими навыками, которые могут быть получены только в процессе непосредственного взаимодействия человека с управляемым устройством в рамках решения определенного набора задач [2]. При этом, большая часть современных эргатических систем достаточно дорогостоящие, и соответственно цена ошибки оператора в процессе работы системы в реальности может оказаться весьма велика. В общем случае, нельзя исключить, что эта управленческая ошибка была сформирована у оператора в процессе обучения.

Исходя из этого появляется необходимость использования тренажеров. Одной из серьезных проблем разработки тренажеров является оценка с точки зрения оператора точности воспроизведения тренажером поведением управляемого объекта в реальных условиях работы [4]. Так как человеческий мозг, как развитый инструмент, в большинстве случаев способен выявлять даже минимальные различия в поведении управляемого объекта, что в реальности может приводить к формированию различных

навыков при работе на тренажерах и работе с реальным объектом. Следовательно, это может повлечь за собой ошибки при прохождении обучения повлекшие ошибки оператора при работе с реальным объектом. Примером подобной ошибки может служить известная ситуация с космонавтом Береговым Г.Т. [5]

Таким образом, при конструировании тренажеров для эргатических систем важным этапом тестирования тренажера является возможность оператора различать сигналы, сгенерированные тренажером и сигналы, сгенерированные реально работающей системой. По сути дела в данном случае при правильно разработанном тренажере оператор не сможет решить задачу Тьюринга [6], иными словами он не сможет отличить сигнал сгенерированный реальной системой от сигнала сгенерированного в качестве модели. Соответственно, на первом этапе решения данной проблемы задачей является создать модель системы, способную генерировать сигнал не отличимый человеком-оператором от аналогичного сигнала, генерируемого той или иной реальной системой. Помимо применения в области эргономики подобная задача может иметь приложение в областях, связанных с цифровой обработкой сигналов, в качестве метода тестирования моделей, имитирующих те или иные свойства сигналов в задачах обработки алгоритмов цифрового анализа.

Для данного исследования был выбран метод диагностики энцефалограммы (электрической активности мозга). Обработка

энцефалограммы традиционно является одной из задач функциональной диагностики [7]. Несмотря на большое количество цифровых алгоритмов обработки по-прежнему представляет интерес и визуальный анализ энцефалограммы, и совершенствование указанных алгоритмов обработки, которые в целом далеки от совершенства.

Целью данной работы явилось выявление индивидуально – типологических особенностей распознавания реальных и модельных сигналов электроэнцефалограммы.

## 1. Материалы и методы исследования

Было проведено психологическое тестирование участников исследования с целью выявления индивидуальных личностных свойств личности, которые могут в последствии влиять на способность оператора системы к обучению или управлению машиной. Для диагностики использовались следующие методики: личностный опросник Айзенка[8], диагностика ведущей перцептивной модальности (С. Ефремцева)[9], шкала тревожности Спилберга[10], зрительно – пространственный тест Корси на оценку рабочей памяти[11].

Личностный опросник Ганса Айзенка направлен на выявление типа темперамента личности при помощи 2-х основных факторов: экстраверсия — интроверсия и нейротизм. Первый фактор представляет собой свойство индивидуально – психологического процесса человека экстраверсия/интроверсия. Второй показатель – нейротизм. Он так же образует двухполюсную шкалу, в данном случае показывающую эмоциональную устойчивость личности. В нашей задаче он нужен чтобы установить, влияет ли тип темперамента на способность операторов к обучению и управлению эрготической системой.

Диагностика ведущей перцептивной модальности (С. Ефремцева) тест, направленный на определение ведущего типа восприятия: визуального, аудиального или кинестетического. У каждого человека среди органов чувств есть ведущий, который чаще, быстрее и острее реагирует на изменения во внешней среде. От этого зависит скорость и качество усвоения информации получаемой человеком различными способами. Соответственно, в ходе эксперимента наша

задача понять, оказывает ли влияние перцептивная система на работу оператора.

Диагностика Спилберга-Ханина — это единственная методика, которая позволяет дифференцировано измерять тревожность и как личностное свойство и как состояние, связанное с текущей ситуацией. Этот тест поможет определить выраженность тревожности в структуре личности.

Зрительно – пространственный тест Корси – тестовая методика, направленная на диагностику краткосрочной рабочей памяти. Прохождение теста представляет из себя повторение за компьютерной программой последовательности выборов на экране. Так же, как и другие психологические характеристики возможно оказывает влияние на деятельность оператора. Наша задача в ходе эксперимента выяснить, возможный характер влияния.

Ключевым тестом было прохождение теста в виде разработанного авторами оригинального программного обеспечения с целью выявления способности отличить реальную энцефалограмму от изображения, сгенерированного программой. Эксперимент заключался в следующем. Графики в одном и том же масштабе демонстрировались пользователю. Часть графиков представляли из себя реальную энцефалограмму, часть графиков представляло из себя графики временного ряда, сгенерированного разными моделями при определенных условиях. Для моделирования постсинаптических импульсов, формирующих ЭЭГ [12] используются парные функции Гаусса, имитирующие ВПСП и ТПСП. Эти функции сдвинуты друг относительно друга по времени, направлены в разные стороны, имеют одинаковую ширину, но разные амплитуды. Итоговый сигнал ЭЭГ является суперпозицией большого количества постсинаптических импульсов с разной амплитудой и временем возникновения, а также белого шума. Время возникновения постсинаптических импульсов подчиняется равномерному распределению, а амплитуда – нормальному закону с нулевым средним. После генерации модельный сигнал подвергается дискретизации и нормировке. Затем происходит настройка параметров с использованием методов машинного обучения и экспертных оценок.

В случае работы с обратной связью и без обратной связи задача испытуемых была различить, какие данные были порождены непосредственно мозгом, т.е. являются

непосредственно энцефалограммой, а какие данные порождены моделью. Эксперимент проходил в два этапа. Первый этап с обратной связью являлся обучающим. На нем испытуемый узнавал верно или неверно он ответил относительно предложенного изображения. На втором этапе испытуемый отвечал без обратной связи.

Статистическая обработка данных производилась с помощью непараметрического критерия Спирмена, критерии Колмогорова – Смирнова и Манна – Уитни. В качестве многомерной статистики использовались методы деревьев классификации искусственных нейронных сетей. Так же был использован кластерный анализ методом К-средних. Перед использованием метода К-средних данные нормировались по следующей формуле ( $n = (x_i - x_{cp}) / SD$ ), где  $n$  – значение выборки для кластерного анализа,  $x_i$  – текущее значение выборки,  $x_{cp}$  – среднее по выборке,  $SD$  – среднеквадратическое отклонение. Всего в исследовании приняли участие 51 испытуемый в возрасте 19-25 лет из них юношей 33, девушек 18.

## 2. Результаты и обсуждение

Результаты тестирования испытуемых представлены в табл.1. Исходя из данных таблицы можно сделать следующие выводы. В целом при прохождении теста Айзенка испытуемые отвечали на вопросы теста честно и в группе присутствовало большое количество как экстравертов, так и интровертов. Помимо этого, в общей выборке было достаточное количество людей с различной степенью устойчивости нервной системы. Таким образом, разброс данных в группе охватывал большую часть возможных типологических вариантов нервной системы.

Исходя из результатов, полученных по итогу прохождения теста Спилберга – Ханина, мы можем сделать вывод, что уровень ситуативной и личностной тревожности в группе умеренный. Причем умеренный уровень тревожности сохраняется как до проведения эксперимента, так и непосредственно перед его проведением.

Таблица 1.

Результаты тестирования операторов исследуемых интерфейсов и результатов их работы ( $M \pm m$ , Q25; Q75)

Table 1.

Results of testing the operators of the studied interfaces and the results of their work ( $M \pm m$ , Q25; Q75)

Показатели	Mean
Шкала экстраверсии/интроверсии по Айзенку (баллы)	12,5 ± 0,56; 10; 15
Шкала нейротизма по Айзенку (баллы)	12,6 ± 0,67; 9; 17
Контрольная шкала для оценки искренности испытуемого по Айзенку («шкала лжи») (баллы)	3,27 ± 0,28; 2; 4
Ситуативная тревожность по Спилбергу до проведения эксперимента (баллы)	38,1 ± 1,54; 29; 47
Уровень личностной тревожности по Спилбергу до проведения эксперимента (баллы)	40,5 ± 1,32; 34; 45
Ситуативная тревожность по Спилбергу непосредственно перед началом эксперимента (баллы)	37,6 ± 1,35; 30; 44
Уровень личностной тревожности по Спилбергу непосредственно перед началом эксперимента (баллы)	38,76 ± 1,34; 31; 44
Рабочая память (баллы)	9,03 ± 0,19; 9; 10
Визуальный канал восприятия (баллы)	8,33 ± 0,38; 6; 10
Аудиальный канал восприятия (баллы)	8,7 ± 0,3; 7; 10
Кинестетический канал восприятия (баллы)	8,09 ± 0,36; 6; 10
Доля правильных ответов с обратной связью	0,57 ± 0,01; 0,52; 0,63

Для правильных ответов без обратной связи	0,607 ± 0,015; 0,51; 0,69
Доля испытуемых превзошедших верхнее значение 95% доверительного интервала в эксперименте с обратной связью (%)	0,54 ± 0,07; 0; 1
Доля испытуемых превзошедших верхнее значение 95% доверительного интервала в эксперименте без обратной связи (%)	0,58 ± 0,06; 0; 1
Доля улучшивших свои показатели без обратной связи (%)	0,75 ± 0,06; 0; 1

В целом испытуемые обладают достаточным уровнем рабочей памяти. Так же в группе присутствуют в больших количествах люди с различными ведущими каналами восприятия: визуальным, аудиальным и кинестетическим.

Средний показатель точности распознавания при прохождении эксперимента, с целью выявления способности отличить реальную энцефалограмму от изображения, сгенерированного программой, с обратной связью составил 57 %, без обратной связи 60% (Критерий Вилкоксона для парных случаев,  $p=0.008$ ). Это показывает, что даже после прекращения обратной связи, то есть обучения, часть испытуемых продолжает самообучаться и прослеживается улучшение результатов. Число людей, которые выдали результат выше верхнего уровня доверительного интервала составило 54% на этапе с обратной связью и 58% на этапе без обратной связи. Уровень людей, улучшивших свои результаты от эксперимента с обратной связью до эксперимента без обратной связи составило 75%.

Анализ корреляционных зависимостей, с использованием критерия Спирмэна показал, что корреляция по результатам разделения реальных и модельных сигналов была достоверна ( $r=0,406$ ,  $p<0.05$ ), из чего следует, что испытуемые, давшие лучшие результаты на этапе обучения, имеют более высокие показатели на этапе эксперимента без обратной связи. Аналогично, испытуемые превысившие верхнюю границу 95% доверительного интервала для эксперимента с обратной связью так же значимо чаще показывали превышение указанной границы в эксперименте без обратной связи ( $\chi^2=18.5356$ ,  $p=0.000017$ ). Таким образом можно утверждать, что те испытуемые, которые показали высокие результаты на этапе обучения, выдают высокие показатели и на этапе без обратной связи.

Корреляция между количеством верных результатов в эксперименте и рабочей памятью ( $r=0,639$ ,  $p<0.05$ ) показала, что чем лучше у испытуемого рабочая память, тем выше его результаты на этапе эксперимента с обратной связью. При этом корреляция между рабочей памятью и результатами, полученными на этапе эксперимента без обратной связи, отсутствует. Очевидно, что лица с лучшей рабочей памятью запоминают большее количество картинок на этапе с обратной связью и соответственно у них формируется большая база данных для принятия решения на этапе тестирования без обратной связи.

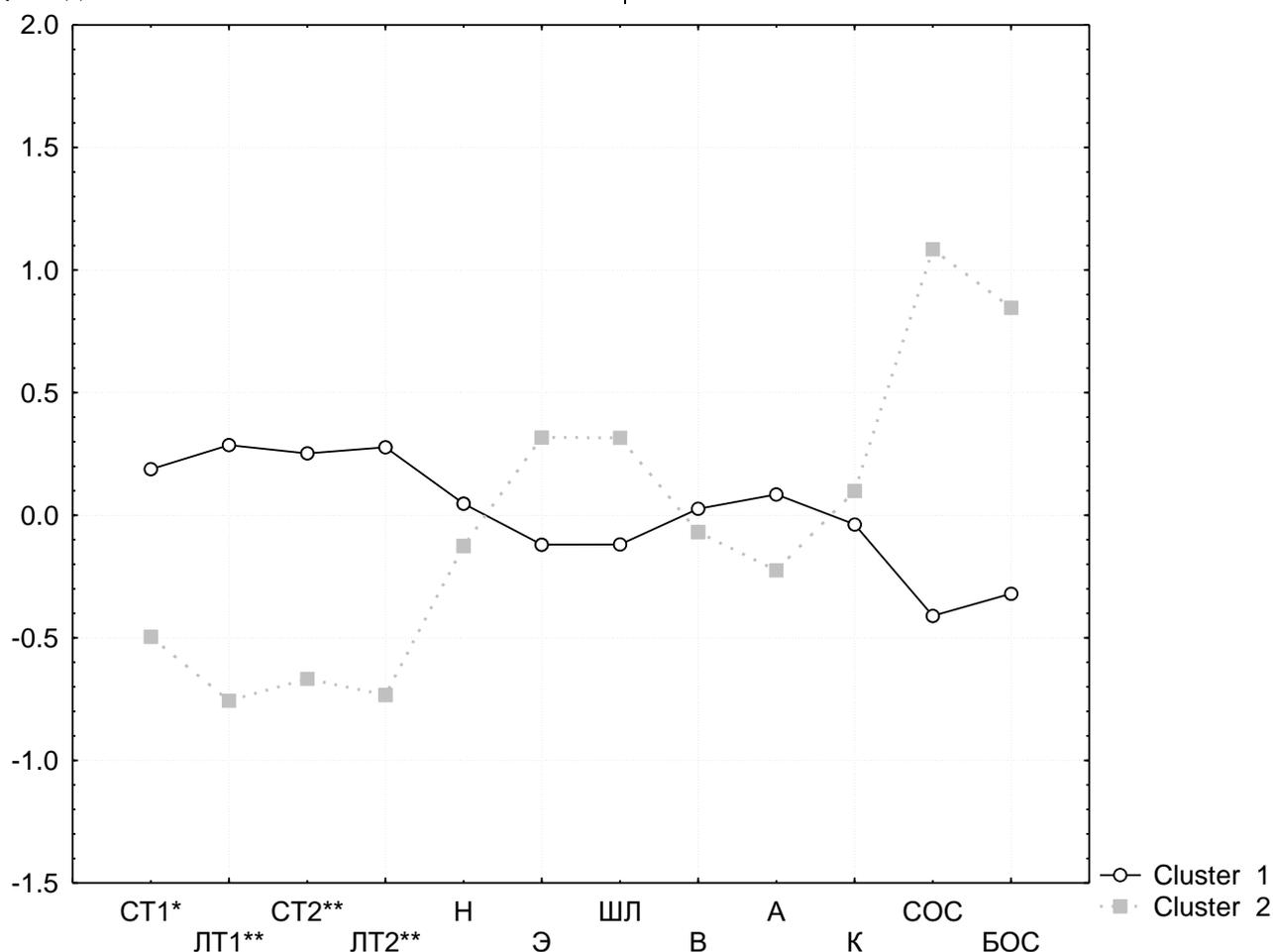
Обратная корреляция с аудиальной перцептивной системой ( $r=-0,302$ ,  $p<0.05$ ) показывает нам, что испытуемые с данной ведущей перцептивной системой дают худшие результаты на этапе эксперимента без обратной связи, чем испытуемые с ведущими визуальной и кинестетической перцептивными системами. Можем предположить, что испытуемым с ведущей аудиальной системой сложнее считывать и анализировать поступающую визуальную информацию. Скорость мышления и обработки информации у аудиалов может быть ниже, чем у испытуемых с другими ведущими перцептивными системами, что так же может сказаться на полученных результатах [13].

Исследования связи психологических шкал с успешностью (превышение верхней границы 95% доверительного интервала) прохождения теста не показал значимых результатов. Вероятно, это можно объяснить тем, что каждая из шкал по отдельности является недостаточно информативной для выделения такой сложной структурированной системы, как обучение операторов управлению эрготической системой.

Для кластерного анализа был выбран метод К – средних. Число кластеров, с учётом размера групп было определено равным двум (рис.1). В случае, если мы используем для

дробления три кластера, мы не наблюдаем различия между кластерами, при переменных на этапе исследования с обратной связью и на этапе без обратной связи. Таким образом, для цели исследования эти кластеры избыточны не пригодны.

Из представленного рисунка следует, что испытуемые с более высоким уровнем тревожности выдают более низкие показатели в ходе прохождения эксперимента на обоих этапах.



**Рис.1. Результаты кластеризации наблюдений. \* -  $p < 0.05$  \*\* -  $p < 0.01$  при различии между двумя кластерами, CT1 и ЛТ1 – ситуативная и личностная тревожности до исследования, CT2 ЛТ2 – ситуативная личностная тревожность непосредственно перед исследованием, Н – нейротизм, Э- экстравесия, ШЛ – шкала лжи теста Айзенка, В – визуальный канал, А – аудиальный канал, К – кинестетический канал, СОС – работа с обратной связью, БОС – работа без обратной связи.**

**Fig.1. Results of clustering of observations. \* -  $p < 0.05$  \*\* -  $p < 0.01$  with the difference between the two clusters, CT1 and ЛТ1 – situational and personal anxiety before the study, CT2 ЛТ2– situational personal anxiety immediately before the study, Н – neuroticism, Э - extravesia, ШЛ – Eysenck test lie scale, В – visual channel, А – auditory channel, К – kinesthetic channel, СОС – work with feedback, БОС – work without feedback.**

Это может быть обусловлено тем, что высокая тревожность прямо коррелирует с ошибками памяти и ошибками действия. Когнитивные процессы человека тесно связаны с его эмоциональным состоянием. Проявление тревожности, такие как беспокойство за полученный результат, страх социальной оценки и последствий в случае получения низких результатов, чувство беспомощности, в свою очередь провоцируют

повышенную возбудимость нервной системы, мышечную зажатость, нарушение внимания. Что в свою очередь влечет за собой ошибочные действия моторного и мнемического характера. [14]

Очевидный и практический интерес имеет прогноз работы оператора в зависимости от его индивидуально-типологических особенностей. Для этого мы воспользовались искусственными нейронными сетями в

архитектуре перцептрона, где число нейронов скрытого слоя изменялось от 3 до 15. Первичный анализ проводился для этапа с обратной связью. Лучшие результаты по обучению дал многослойный перцептрон с архитектурой 10;15;2, т.е. 10 нейронов на входе, 15 нейронов скрытого слоя, 2 нейрона на выходе. Тест обучения дал нам 78%, кросс-проверка дала 80% точности. На втором этапе анализа мы использовали те же классификации, но уже для эксперимента без обратной связи. Данные показатели получились ниже, вероятность правильного прогноза при кросс-проверке составляет 73%. Это в свою очередь означает, что шкалы работают хуже, когда необходимо предсказать результаты реальной работы, а не обучения. На заключительном этапе проведенного анализа оценивалось, улучшит ли испытуемый свои показатели по итогу прохождения обучения или нет. Прогноз вероятности улучшения составил, по результатам кросс-проверки, 66% для прогноза по шкалам. Таким образом, нейронные сети продемонстрировали удовлетворительную в первом приближении точность прогноза.

## Заключение

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Тюкалов Д.Е., Данилов А.М.** Моделирование и подготовка операторов транспортных эргатических систем // Молодой ученый 2015. №3 С. 247-249. EDN THQQSD.
2. **Холодков Н.И., Гопоненко В.О., Ткачев В.И.** Модели и показатели оптимизации управления профессиональной подготовкой операторов эргатической системы с применением компьютерного тренажера // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. №3 С. 247-249. DOI 10.12737/15925. EDN VDQCQV.
3. **Белокопытов М.Л., Григорьев А.П., Козырев Г.И. и др.** Современные авиационные тренажеры как средство непрерывной подготовки авиационных специалистов // Труды военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. 2020. № 672. С. 336-346. EDN WGVVPP.
4. **Чертюк Б.Е.** Ракеты и люди. Том 4: Лунная гонка. Москва: Машиностроение. 1999. С. 117-120. ISBN 5-217-02942-0.
5. **Литвинов В.П.** Актуальность задачи Тьюринга (Can Machines Think?) // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. 2012. №1(3). С. 93-100. EDN PUHPRZ.
6. **Неробкова Л.Н., Авакян Г.Г., Воронина Т.А. и др.** Клиническая энцефалография. Фармакоэлектроэнцефалография. Москва : ГЭОТАР-Медиа. 2018. 280 с. ISBN 978-5-9704-4519-8.
7. **Личностный опросник EPI (методика Г.Айзенка)** / Альманах психологических тестов. М.: КСП. 1995. С. 217-224. ISBN 5-88694-019-7.

На основе полученных результатов можно отметить следующее. Большая часть испытуемых обучается на этапе исследования с обратной связью продолжает самообучение, когда переходит к этапу без обратной связи, улучшая свои показатели (0,75% от общего числа испытуемых). Анализ корреляционных зависимостей, с использованием критерия Спирмэна показал, что испытуемые, давшие лучшие результаты на этапе обучения, улучшают свои показатели на этапе эксперимента без обратной связи. Испытуемые с аудиальной ведущей перцептивной системой дают худшие результаты на этапе эксперимента без обратной связи, чем испытуемые с ведущими визуальной и кинестетической перцептивными системами. Испытуемые с более высоким уровнем тревожности выдают более низкие показатели в ходе прохождения эксперимента на обоих этапах. Для прогноза работы оператора в зависимости от его индивидуально-типологических особенностей мы воспользовались искусственными нейронными сетями в архитектуре перцептрона, Нейронные сети продемонстрировали удовлетворительную в первом приближении точность прогноза на уровне порядка 70%.

### REFERENCES

1. **Tyukalov D.E., Danilov A.M.** Modelling and Training Operators of Transport Ergatic Systems. Young Scientist 2015;3:247-249.
2. **Kholodkov N.I., Goponenko V.O., Tkachev V.I.** Models and Indicators for Optimizing the Professional Training Management of Ergatic System Operators Using a Computer Simulator. Current Directions of Scientific Research of the 21st Century: Theory and Practice. 2015;3:247-249. DOI 10.12737/15925.
3. **Belokopytov M.L., Grigoriev A.P., Kozыrev G.I., et al.** Modern Aircraft Simulators as Methodological and Didactic Basis of Continuous Training of Aviation Specialists. Proceedings of the Mozhaisky Military Space Academy. 2020;672:336-346.
4. **Chertok B.E.** Rockets and People. In: The Moon Race. Volume 4. Moscow: Mechanical Engineering; 1999. p. 117-120.
5. **Litvinov V.P.** Relevance of the Turing Problem (Can Machines Think?). Philosophical Problems of Information Technologies and Cyberspace. 2012;1(3):93-100.
6. **Nerobkova L.N., Avakian G.G., Voronina T.A., et al.** Clinical Encephalography. Pharmacoelectroencephalography. Moscow: GEOTAR-Media; 2018. 280 p.
7. **EPI Personality Questionnaire** (Eysenck Personality Questionnaire). Almanac of Psychological Tests. Moscow: KSP; 1995. p. 217-224.

8. **Навалихина А.И.** Тест на определение ведущей модальности с целью применения в сфере образования // Вестник ПНИПУ. Проблемы языкознания и педагогики. 2022. №3 С. 197-201. DOI 10.15593/2224-9389/2022.3.16. EDN WAUTIE.
9. **Ханин Ю.Л.** Адаптация методики Ю.Л. Ханина. Краткое руководство к шкале реактивной и личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера. Ленинград. 1976. 18 с.
10. **Kessels R.P.C., van Zandvoort M.J.E., Postman A., Kapelle L.J., de Hand E.H.F.** The Corsi Block-Tapping Task: Standardization and Normative Data. Applied Neuropsychology. 2000;7(4):252-8. DOI 10.1207/S15324826AN0704\_8.
11. **Зенков Л.Р.** Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей. 8-е изд. М.: МЕДпрессинформ. 2017. 360 с. ISBN 978-5-00030-583-6.
12. **Ковтун А.В., Симонова Е.П.** Особенности восприятия: визуал, аудиал, кинестетик. X Всероссийский фестиваль науки. Сборник докладов. 2020. С.798-802. EDN TVUHTV.
13. **Гиринская А.Ю.** Взаимосвязь когнитивных ошибок с уровнем тревожности учащихся // Наука – образованию, производству, экономике. 2017. Том 2. С. 9-10. EDN YNPLQP.

#### Информация об авторах:

**Туровский Ярослав Александрович** – доктор технических наук, кандидат медицинских наук, доцент, научный ведущий сотрудник института проблем управления им.В.А. Трапезникова РАН, Scopus Author ID 56136046200, WOS Research ID (AAQ-1746-2020), ID РИНЦ 6903-1375

**Тищенко Валерия Андреевна** – преподаватель в ВФ АНО ВО Московского гуманитарно-экономического университета, частнопрактикующий психолог, клинический психолог ID РИНЦ 1898-3158

**Киселев Евгений Александрович** – доцент Воронежского государственного университета ID РИНЦ 5022-2020

**Устименко Татьяна Андреевна** - студент ВФ АНО ВО Московского гуманитарно-экономического университета

**Адоньева Александра Андреевна** - студент ВФ АНО ВО Московского гуманитарно-экономического университета

8. **Navalikhina A.I.** Leading Perception Modality Test for Learning Purposes. PNRPU Linguistics and Pedagogy Bulletin. 2022;3:197-201. DOI 10.15593/2224-9389/2022.3.16.

9. **Khanin Yu.L.** Adaptation of the Methodology of Yu.L. Khanin. A Brief Guide to the C.D. Spielberger Scale of Reactive and Personal Anxiety. Leningrad; 1976. 18 p.

10. **Kessels R.P.C., Van Zandvoort M.J.E., Postman A., Kapelle L.J., De Hand E.H.F.** The Corsi Block-Tapping Task: Standardization and Normative Data. Applied Neuropsychology. 2000;7(4):252-8. DOI 10.1207/S15324826AN0704\_8

11. **Zenkov L.R.** Clinical Electroencephalography With Elements of Epileptology. A Guide for Doctors. 8th ed. Moscow: MEDpress inform; 2017. 360 p.

12. **Kovtun A.V., Simonova E.P.** Perception Features: Visual, Auditory, Kinesthetic. In: Proceedings of the 10th All-Russian Science Festival: 2020. p.798-802.

13. **Girinskaya A.Yu.** The Relationship of Cognitive Errors With the Level of Students' Anxiety. Science – Education, Production, Economy. 2017;2:9-10.

#### Information about the authors:

**Yaroslav Alexandrovich Turovsky** – Doctor of Technical Sciences, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Scopus Author ID: 56136046200, WOS Research ID (AAQ-1746-2020), RSCI ID: 6903-1375

**Tishchenko Valeria Andreevna** – Lecturer of Voronezh branch of the autonomous non-profit organisation of higher education “Moscow Humanitarian Economic University”, private practitioner psychologist, clinical psychologist ID РИНЦ 1898-3158

**Kiselev Evgeny Aleksandrovich** – Associate Professor of Voronezh State University ID РИНЦ 5022-2020

**Ustimenko Tatiana Andreevna** – Student of Voronezh branch of the autonomous non-profit organisation of higher education “Moscow Humanitarian Economic University”

**Adonyeva Alexandra Andreevna** – Student of Voronezh branch of the autonomous non-profit organization of higher education “Moscow Humanitarian Economic University”

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**

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

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья поступила в редакцию 11.09.2023; одобрена после рецензирования 12.10.2023; принята к публикации 13.10.2023. Рецензент – Евстифеева Е.А., доктор философских наук, профессор Тверского государственного технического университета, член редакционного совета журнала «Эргодизайн»**

**The paper was submitted for publication on the 11<sup>th</sup> of September, 2023; approved after the peer review on the 12<sup>th</sup> of October, 2023; accepted for publication on the 13<sup>th</sup> of October, 2023. Reviewer – Evstifeeva E.A., Doctor of Philosophical Sciences, Professor of Tver State Technical University, member of the editorial board of the journal “Ergodesign”.**