

DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-2-16-25

# РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Л. С. Носова<sup>1</sup>✉, Н. А. Белоусова<sup>1</sup>, Ю. В. Корчемкина<sup>1</sup><sup>1</sup> Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, Россия

✉ nosovals@cspu.ru

## Аннотация

В современной науке одной из актуальных проблем является поиск путей повышения эффективности обучения. Исследование нейрофизиологических закономерностей в формировании индивидуальных вариаций когнитивной активности обучающихся на различных этапах онтогенеза — важное условие для создания инновационных технологий повышения качества образовательного процесса. В статье представлена разработка прикладной интеллектуальной системы, позволяющей с помощью технологий нейронаук выявлять индивидуальные различия в когнитивной активности студентов и школьников и учитывать эти различия в образовательном процессе.

Использование различных методов и приемов обучения во многом обусловлено индивидуально-типологическими особенностями, которые можно анализировать, используя нейробиологические показатели. Экспресс-анализ индивидуального нейрофизиологического профиля характеризует поведенческие аспекты когнитивной деятельности. С помощью интеллектуальной системы проводится обработка комплекса нейрофизиологических показателей групп обучающихся с целью выявления того, как условия обучения влияют на данные показатели. На основе наборов данных, полученных в ходе испытаний, система распределяет обучающихся по парам, группам или проектным командам и рекомендует учебные задания в зависимости от нейрофизиологических профилей обучающихся.

При разработке системы учитываются такие принципы развития и использования искусственного интеллекта, как прозрачность выбора программой процесса формирования пар и групп обучающихся и критериев подбора заданий, поэтому используется так называемый слабый искусственный интеллект, машинное обучение с учителем.

**Ключевые слова:** организация образовательного процесса, индивидуальная образовательная траектория, искусственный интеллект, нейрофизиологический профиль, прикладная интеллектуальная система.

## Для цитирования:

Носова Л. С., Белоусова Н. А., Корчемкина Ю. В. Разработка прикладной интеллектуальной системы на основе нейрофизиологических данных для поддержки принятия решений по организации образовательного процесса. *Информатика и образование*. 2023;38(2):16–25. DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-2-16-25

# DEVELOPMENT OF AN APPLIED INTELLIGENT SYSTEM BASED ON NEUROPHYSIOLOGICAL DATA TO SUPPORT DECISION-MAKING ON THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS

L. S. Nosova<sup>1</sup>✉, N. A. Belousova<sup>1</sup>, Yu. V. Korchemkina<sup>1</sup><sup>1</sup> South-Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia

✉ nosovals@cspu.ru

## Abstract

In modern science, one of the urgent problems is the search for ways to improve the effectiveness of learning. The study of neurophysiological patterns in the formation of individual variations of cognitive activity of students at different stages of ontogenesis is an important condition for developing innovative technologies to improve the quality of the educational process. The article presents

the development of an applied intelligent system that allows considering individual differences in cognitive activity of students and schoolchildren using neuroscience technologies.

The use of teaching methods and techniques is largely due to individual typological features, which can be analyzed using neurobiological indicators. Express analysis of the individual neurophysiological profile characterizes behavioral aspects of cognitive activity. With the help of an intelligent system, a set of neuro-physiological indicators of groups of students was processed to identify the influence of learning conditions on these indicators. Based on the test data sets, the system assigns learners to pairs, groups, or project teams and recommends learning tasks based on the learners' neurophysiological profiles.

When developing the system, the basic principles of the development and use of artificial intelligence are taken into account, such as transparency of the program's choice of the process of forming pairs and groups of learners and the criteria for selecting tasks, so the so-called weak artificial intelligence — machine learning with a teacher is used.

**Keywords:** organization of educational process, individual educational trajectory, artificial intelligence, neurophysiological profile, applied intellectual system.

**For citation:**

Nosova L. S., Belousova N. A., Korchemkina Yu. V. Development of an applied intelligent system based on neurophysiological data to support decision-making on the organization of the educational process. *Informatics and Education*. 2023;38(2):16–25. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-2-16-25

## 1. Введение

Национальная стратегия развития искусственного интеллекта до 2030 года определяет понятие искусственного интеллекта (ИИ) и основные направления его развития в Российской Федерации\*. Использование междисциплинарного подхода и объединение технологий ИИ, технологий нейронаук и образовательных технологий может способствовать решению одной из важнейших задач российской системы образования, которая заключается в повышении эффективности процесса обучения.

Краткий анализ трудов в области искусственного интеллекта, а также обзор современного этапа исследований представлены в работе [1].

Если говорить о применении методик ИИ в образовании, то компания GlobalData указала искусственный интеллект первым в списке технологий, оказывающих влияние на образование\*\*. С помощью ИИ можно настроить следующие процессы:

- проверку и оценку выполненных учебных заданий;
- помощь и поддержку студентам и преподавателям (например, посредством чат-ботов);
- наставничество;
- отслеживание успеваемости и прогнозирование образовательных проблем;
- индивидуальное (персонализированное) обучение в целом [2].

Технологии ИИ широко используются в организации и планировании учебного процесса [3–5], в управлении этим процессом [6], в формировании его методологии [7], а также в качестве объекта обучения [8].

Ученые отмечают, что с применением ИИ повышается эффективность образовательного процесса

и удобство его организации [9–10]. Кроме того, ИИ влияет на уровень образования и позволяет решать проблемы, возникающие в данной сфере [11–13].

В качестве примера реального внедрения технологий искусственного интеллекта в сферу образования можно привести электронную обучающую онлайн-платформу «01Математика»\*\*\*. Система использует адаптивное обучение на основе нейронных сетей и большого объема данных, выстраивая индивидуальный курс математики для школьников. Использование адаптивного обучения в высшем образовании описано в работе [14]. «Университет 2035»\*\*\*\* успешно использует искусственный интеллект в кастомной настройке мэтчинга команд при проведении мероприятий. Кроме того, ИИ проводит анализ цифрового следа пользователя и специфики коммуникации в аудиотехнологиях, что позволяет повысить эффективность работы команд.

Развитием искусственного интеллекта в сфере образования также занимается Центр психометрики и измерений в образовании Института образования НИУ ВШЭ\*\*\*\*. Для автоматической генерации заданий на языковую грамотность там используют искусственную нейронную сеть GPT-3, обученную «Сбером» на 760 миллионах параметров (ruGPT-3 Large), а затем прошедшую дообучение методом Prompt Tuning [15].

Авторы данной статьи разрабатывают прикладную интеллектуальную систему, которая с помощью технологий нейронаук позволяет учитывать индивидуальные различия в когнитивной активности студентов и школьников. На основе полученных наборов данных система распределяет обучающихся по парам, группам или проектным командам, после чего рекомендует наиболее подходящие учебные задания. Новая интеллектуальная система обеспечивает обоснованный подход не только к формированию команд или принятию решений при организации образовательного процесса, но и к индивидуализации в построении образовательной траектории.

\* Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 года № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731>

\*\* Education Technology (EdTech) Market Size, Share and Trends Analysis Report by Region, End User (Pre-K, K-12, Post-Secondary, Corporate Workforce), and Segment Forecast to 2026. *GlobalData*. 03.11.2022. <https://www.globaldata.com/>

\*\*\* <https://01math.com>

\*\*\*\* Университет Национальной технологической инициативы 2035. <https://www.2035.university>

\*\*\*\*\* <https://ioe.hse.ru/monitoring>

## 2. Методы исследования

Формирование набора данных основывается на результатах работы информационной системы сбора и обработки данных диагностики нейродинамических показателей, определяющих интегральные характеристики работы центральной нервной системы и характеризующих индивидуальные особенности обучения студентов и школьников. Эта система называется «Построение индивидуального нейрофизиологического профиля обучающегося»<sup>\*</sup>. Определение нейродинамических характеристик 900 обучающихся, принявших участие в исследовании, осуществлялось при помощи аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест» (ООО «НейроСофт», Россия)<sup>\*\*</sup>. Данный комплекс позволяет проводить психофизиологические и психологические тесты с регистрацией вегетативных и эмоциональных реакций с точностью замеров до одной миллисекунды. В обследовании были использованы следующие методики:

- простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР);
- сложная зрительно-моторная реакция (СЗМР), или «реакция выбора»;
- теппинг-тест.

Текущее функциональное состояние центральной нервной системы (ЦНС) определяли по критериям Т. Д. Лоскутовой: функциональный уровень системы (ФУС), устойчивость реакции (УР), уровень функциональных возможностей (УФВ) [16, 17].

Статистический и корреляционный анализ результатов был реализован с помощью пакета прикладных программ Statistica v.7.0 (StatSoft, США).

<sup>\*</sup> Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022612300 Российская Федерация. Экспертная система «Построение индивидуального нейрофизиологического профиля обучающихся»: № 2022611275; заявлено 01.02.2022; опубликовано 10.02.2022 / Белоусова Н. А., Корчемкина Ю. В., Мальцев В. П.; правообладатель ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет». Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ. EDN: ZZRMNN. Режим доступа: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=EVM&DocNumber=2022612300&TypeFile=html](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2022612300&TypeFile=html)

<sup>\*\*</sup> <https://neurosoft.com/ru/catalog/psycho/expert>

Кроме того, использовались проектные методики разработки информационных систем и структуризация сформированных наборов данных для обработки методами машинного обучения.

## 3. Результаты

### 3.1. Характеристики нейрофизиологических типов

На основании серии ранее указанных тестов по полученным нейрофизиологическим данным были определены типы функционирования нервных процессов обучающихся по группам показателей:

1. Активированность: простая зрительно-моторная реакция (среднее значение времени реакции), сложная зрительно-моторная реакция (среднее значение времени реакции).
2. Стабильность: простая зрительно-моторная реакция (устойчивость реакции), сложная зрительно-моторная реакция (коэффициент Уиппла — коэффициент точности выполнения задания).
3. Выносливость: число точек теппинг-теста за 30 секунд.

Нами была создана модель анализа нейрофизиологических показателей результатов тестов для определения нейрофизиологического типа обучающегося. Выделено шесть нейрофизиологических типов:

- высокий;
- оптимальный;
- компенсаторный;
- асинхронно-ограничивающий;
- низкий;
- неопределенный.

Каждый тип характеризуется своими когнитивными особенностями, и, соответственно, учет этих данных будет обеспечивать наибольшую эффективность в образовательном процессе [18].

Основные характеристики нейрофизиологических типов частично представлены в таблице 1.

Как упоминалось ранее, для автоматизации определения нейрофизиологического типа использу-

Таблица 1 / Table 1

Характеристики нейрофизиологических типов  
Characteristics of neurophysiological types

№ п/п	Тип	Характеристика			
		Уровень работоспособности	Время выполнения заданий	Количество допускаемых ошибок	Пояснение
1	Высокий	Повышенный	Незначительное	Минимальное для заданных условий	Сложные элементы деятельности выполняются в полном объеме и без ошибок (с минимумом ошибок, причем они незначительные). Может выполнять сложные виды заданий, в том числе требующие высокой концентрации внимания

Окончание таблицы 1 /  
End of the table 1

№ п/п	Тип	Характеристика			
		Уровень работоспособности	Время выполнения заданий	Количество допускаемых ошибок	Пояснение
2	Оптимальный	Оптимальный	Оптимальное	Оптимальное для заданных условий	Сложные элементы деятельности выполняются в полном объеме и без ошибок (с минимумом ошибок, причем они незначительные)
3	Компенсаторный	Незначительно снижен (обычно это нижняя граница возрастнo-половой нормы)	Незначительное увеличение	Оптимальное для заданных условий	Будет присутствовать утомление под воздействием нагрузок. Отражает нарастающее напряжение при продолжительной работе. Результативность деятельности в целом соответствует заданным параметрам. Показатели выносливости — средне-сниженные
4	Асинхронно-ограничивающий	Сниженный	Варируется в широком диапазоне (скорость может быть как высокой, так и очень низкой). Оптимальное время работы — непродолжительное	Характерно наличие множества ошибок при минимальном времени выполнения задания	Нервные процессы не уравновешены. В процессе может развиваться чрезмерное нервно-эмоциональное напряжение. В начале работы может мобилизоваться, но постепенно качество выполненных заданий значительно снижается

ется разработанная нами информационная система «Построение индивидуального нейрофизиологического профиля обучающегося». Система позволяет

загрузить данные после проведения тестов комплексов «НС-Психотест» и рассчитывает нейрофизиологический профиль (рис. 1).

Нейрофизиологический профиль

Нейрофизиологический профиль обучающегося

ФИО

Иванова Екатерина

Пол

женский

Возраст

19

Показатель

Значение

Уровень

Среднее значение времени простой зрительно-моторной реакции, мс

230,7

средний

Среднее значение времени сложной зрительно-моторной реакции, мс

321,5

высокий

Коэффициент точности Уиппла сложной зрительно-моторной реакции

0,93

средний

Устойчивость реакции

1,37

средний

Средняя частота (теппинг-тест)

186

средний

Тип активированности

оптимальный

Тип стабильности

средний

Тип выносливости

средний

Нейрофизиологический тип

оптимальный

Сохранить в текстовом формате

Рис. 1. Нейрофизиологический профиль обучающегося

Fig. 1. The student's neurophysiological profile

### 3.2. Рекомендации для педагогов по учету индивидуальных характеристик обучающихся

Далее в программе формируются рекомендации для педагогов о том, как учитывать в образовательном процессе индивидуальные характеристики обучающихся. Эти рекомендации при необходимости можно выгрузить в файл формата \*.docx (рис. 2).

Для использования технологий машинного обучения с учителем (когда система обучается на готовых наборах данных, для которых известен правильный ответ) по результатам работы программы формируется структурированный набор данных в формате \*.csv. В нем содержится следующая информация:

- дата проведения исследования;
- данные об образовательной организации, группе или классе;
- фамилия, имя и отчество обучающегося;
- нейрофизиологический тип обучающегося;
- средний балл ЕГЭ/ОГЭ обучающегося;
- средний балл успеваемости обучающегося и прочее.

Экспертами разработаны и занесены в набор данных следующие рекомендации:

- рекомендации по объединению учащихся подходящих нейрофизиологических типов в команды (группы) или пары для совместной работы;
- рекомендации по видам образовательных задач, которые успешно выполняют обучающиеся того или иного нейрофизиологического типа;
- общие рекомендации по организации работы с каждым типом.

Фрагмент правил оптимального взаимодействия типов в команде/паре представлен в таблице 2.

Таблица 2 / Table 2

#### Фрагмент правил оптимального взаимодействия типов в команде/паре

#### The rules for the optimal interaction of types in a team/pair (a fragment)

Оптимальный состав команды/пары	Низкий	Высокий	Компенсаторный	Оптимальный	Асинхронно-ограничивающий
Вариант 1		+	+	+	
Вариант 2	+		+	+	
Вариант 3			+	+	

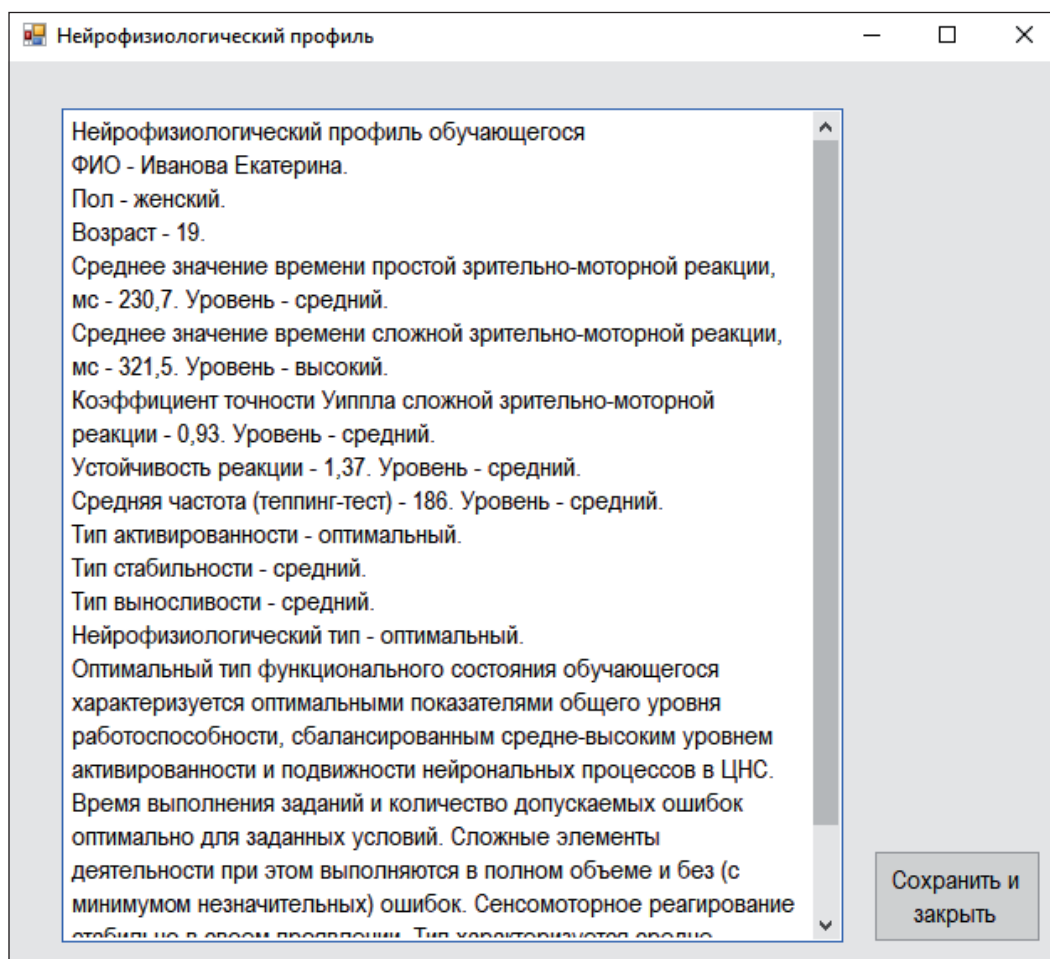


Рис. 2. Рекомендации для педагогов

Fig. 2. Recommendations for teachers



Например, словесная формулировка правил деления на команды была следующей:

«При организации когнитивной деятельности в парах сочетают нейрофизиологические типы высокий или оптимальный со всеми остальными. Низкий тип желательно сочетать с компенсаторным. Асинхронно-ограничивающий дает плохие показатели работы в паре, так как имеет разнонаправленный характер когнитивной активности в сочетании с быстрой утомляемостью. В групповой работе руководящую роль лучше выполняет высокий или оптимальный тип. Асинхронно-ограничивающий тип и низкий тип, как правило, пассивны в группе и переключаются свои роли на других членов команды. В этом случае необходимо требовать разделения обязанностей и предоставления отчета об их выполнении. В основном роль активных исполнителей в группе выполняют обучающиеся компенсаторного типа. В команде должен быть максимум один представитель асинхронно-ограничивающего типа. Конфликты могут возникнуть между высоким и оптимальными типами, между низким и высоким, у асинхронно-ограничивающего — со всеми типами».

Фрагмент сформулированных правил для подбора заданий представлен в таблице 3.

Для поддержки принятия решений по организации образовательного процесса нами разработана прикладная система учета нейрофизиологического типа обучающихся при формировании групп для командной и парной работы, а также для подбора учебных заданий.

Созданная на языке программирования Python модель прошла машинное обучение с учителем. На начало исследования выборка составляла 900 человек, в настоящее время система дополняется новыми данными, а также запланировано ежегодное обновление данных для наблюдения над динамикой и эффективностью организации образовательного процесса.

### 3.3. Пример использования экспертной системы «Построение индивидуального нейрофизиологического профиля обучающихся»

Рассмотрим особенности работы прикладной системы. При запуске программы необходимо выбрать образовательную организацию (в список включены организации, где проходило тестирование, данные загружаются из файла Data.csv при запуске программы) и далее выбрать группу для вуза или класс для школы (рис. 3). Список групп/классов формируется автоматически при выборе образовательной организации и также загружается из файла Data.csv.

Далее происходит автоматическая загрузка данных в базу. Так как список организаций, в которых планируется проводить измерения, будет пополняться, было принято решение о возможности гибкого изменения базы данных. Пользователю может быть представлен только список групп/классов для конкретной образовательной организации, который выгружается в файл с обновленными данными после новых измерений.

Таблица 3 / Table 3

#### Фрагмент правил для подбора заданий

#### The rules for the tasks' selection (a fragment)

№ п/п	Тип	Тип задания	Время выполнения	Может ли работать в паре	Может ли работать в группе	В какой роли будет эффективнее
1	Низкий	Репродуктивный и/или алгоритмический. Например, тест закрытого типа, ответ на вопрос по тексту и др.	Длительное	Да	Да/нет	Исполнитель
2	Высокий	Все типы: • репродуктивный; • алгоритмический; • трансформационный; • творческо-поисковый	Оптимальное	Да	Да	Руководитель
3	Компенсаторный	Репродуктивный, алгоритмический, трансформационный	Ближе к оптимальному	Да	Да	Исполнитель
4	Оптимальный	Все типы: • репродуктивный; • алгоритмический; • трансформационный; • творческо-поисковый	Оптимальное	Да	Да	Руководитель
5	Асинхронно-ограничивающий	Репродуктивный и/или творческо-поисковый	Или чрезвычайно длительное, или чрезвычайно малое	Нет	Нет	Исполнитель

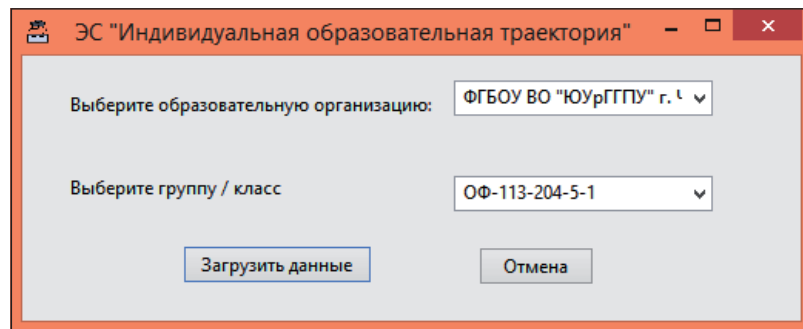


Рис. 3. Выбор организации и группы/класса

Fig. 3. Choice of organization and group/class

При успешной загрузке данных пользователю выдается соответствующее сообщение. В обратном случае — сообщение об ошибке.

После загрузки программа анализирует данные, и пользователю представляется диаграмма с количественной характеристикой типов и общие рекомендации, касающиеся взаимодействия с группой/классом для организации фронтальной работы и адаптированные для образовательного процесса (рис. 4).

Пользователь может выбрать дисциплину. Список дисциплин формируется в зависимости от учебного плана для группы/класса ранее выбранной образовательной организации.

Для указанной ранее дисциплины пользователь может выбрать тему (рис. 5). Список тем формируется на основе тематического планирования. При выборе форм организации работы система на основе ранее обученной модели предлагает деление обучающихся по принципу совместимости и максимальной эффективности совместной работы нейрофизиологических типов (см. табл. 2), схожести или различия в успеваемости, а также предлагает задания по теме, оптимальные для данной пары (см. табл. 3).

При изменении формы организации работы информация обновляется. Можно сохранить предполагаемое деление и задания в файле формата \*.pdf (рис. 6).

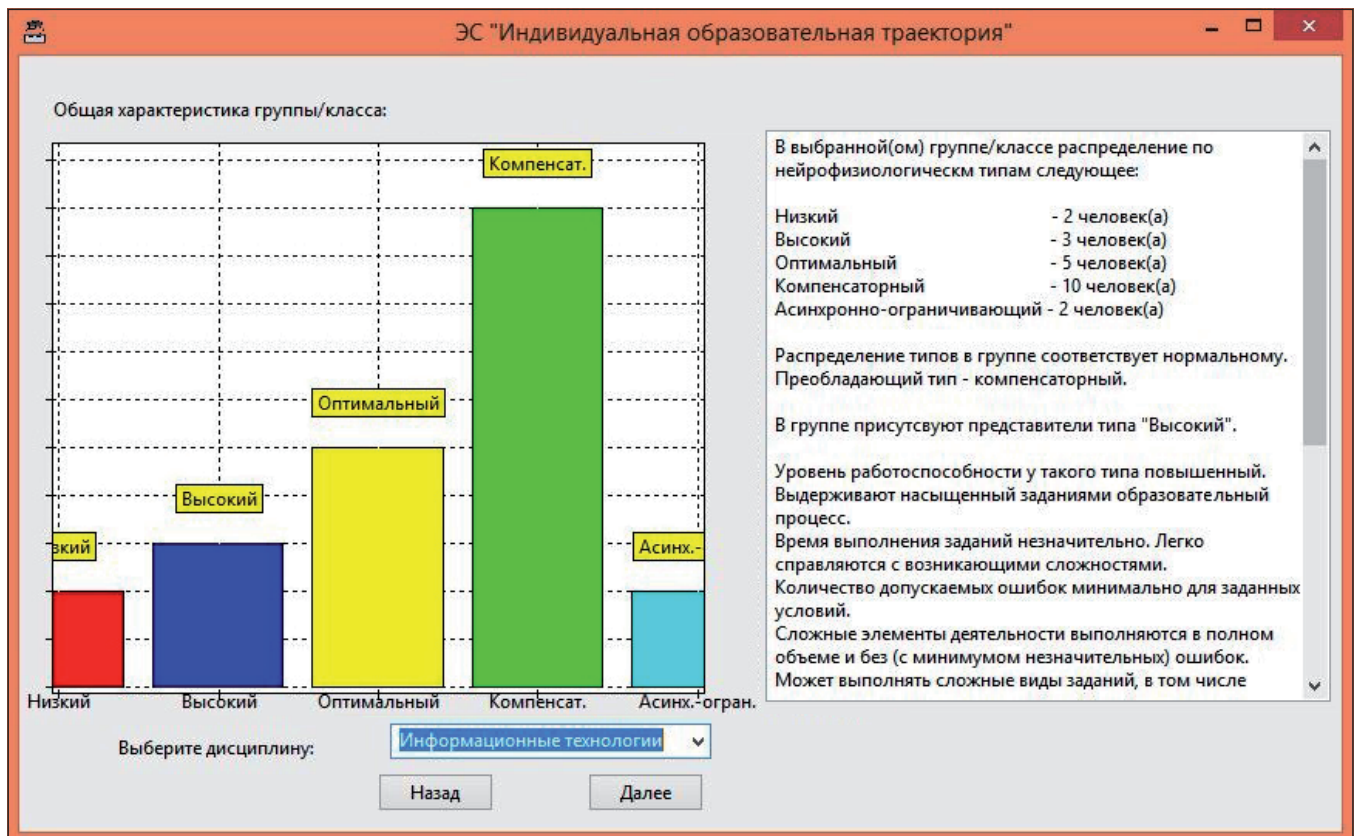


Рис. 4. Общая характеристика группы/класса

Fig. 4. General characteristics of the group/class

Рис. 5. Просмотр индивидуальных заданий

Fig. 5. The individual assignments

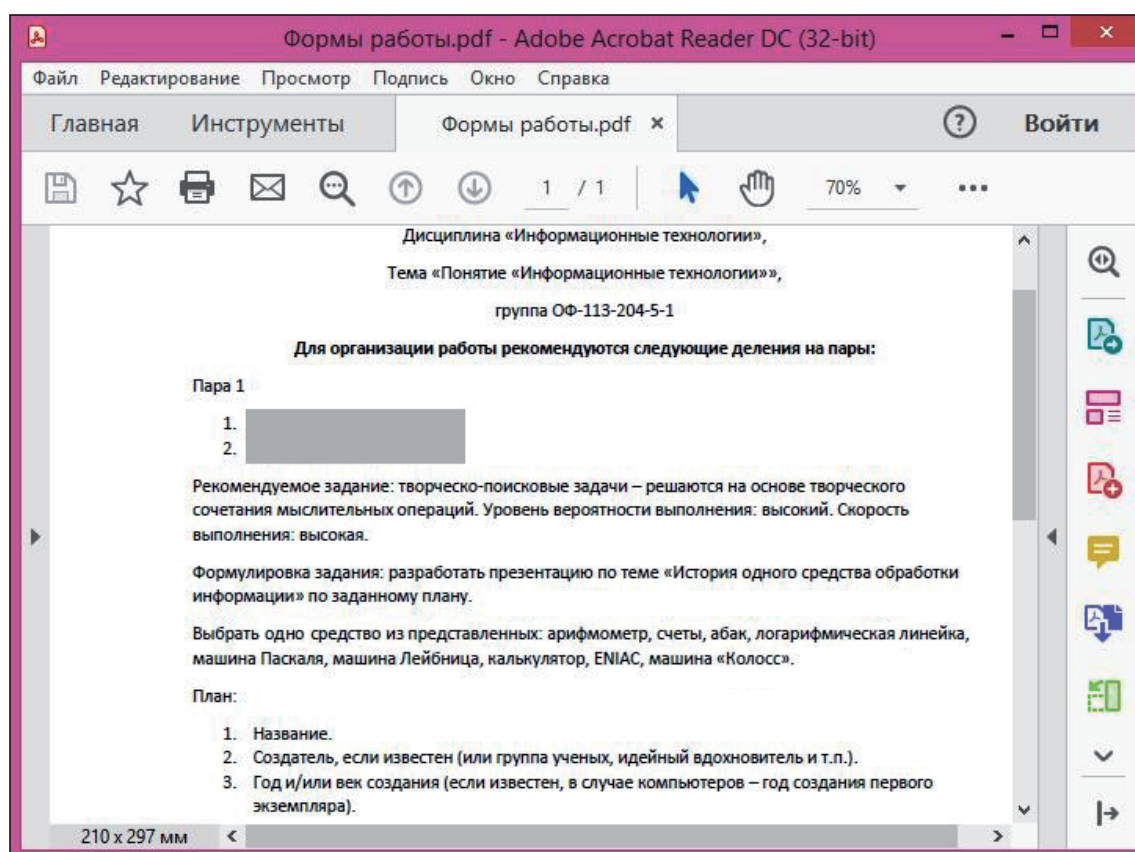


Рис. 6. Пример файла заданий

Fig. 6. The assignments file, an example

Если необходимо использовать в формулировке задания иллюстрации, аудио- и видеофайлы, ссылки

на них указываются в тексте в виде названия файла. Сами файлы хранятся в папке «Data» в программе.



Для пополнения базы заданий предусмотрен вариант работы программы в режиме эксперта. Эксперт может указать нейрофизиологический тип и ввести формулировку или вставить задание из буфера обмена. При необходимости можно добавить к заданию изображения, аудио- и видеофайлы или ссылку из интернета. После работы эксперта все обновления сохраняются в файле Task.csv и могут быть переданы конечным пользователям для обновления базы данных.

При формировании заданий, дифференцированных по нейрофизиологическим типам, в режиме эксперта мы сохраняем логику дисциплины и учитываем требования федеральных государственных образовательных стандартов. Заметим, что для каждого обучающегося оптимально подбирается объем заданий, их содержание и набор различных видов деятельности, являющихся наиболее эффективными для данного нейрофизиологического психотипа.

#### 4. Обсуждение и выводы

Перспективы развития прикладного решения заключаются в разработке программы для получения обратной связи от обучающихся по результатам формирования команд и выполнения предложенных заданий. Такая информация позволит оценить эффективность работы модели, учесть новые тренды и усовершенствовать процесс ее обучения. После получения обратной связи и ее накопления в наборах данных становится возможным педагогическое прогнозирование. Для этого на основании индивидуальной истории продвижения обучающегося ведется поиск подобного (по нейрофизиологическому типу, полу, успеваемости), но младшего по возрасту ученика с тем, чтобы предложить младшему более эффективный образовательный маршрут с учетом ошибок в продвижении старшего.

При разработке системы мы учитывали основные принципы развития и использования искусственного интеллекта. На наш взгляд, особенно важно сохранять прозрачность выбора программой процесса формирования пар и групп обучающихся и критериев подбора заданий, поэтому нами используется так называемый слабый искусственный интеллект, машинное обучение с учителем.

Несомненно, самым ценным в учебном процессе остается персональная работа учителя и обучающегося, преподавателя и студента, их прямая коммуникация и живое общение. При использовании искусственного интеллекта и предсказательной аналитики необходимо соблюдать принципы безопасности и защиты прав и свобод человека. Именно учитель является организатором взаимодействия «преподаватель — ИИ — обучающийся» и может корректировать предложенное программой разделение обучающихся на группы/пары, вносить изменения в наборы учебных заданий или предоставлять обучающимся возможность распределения в команды по желанию. Учитель управляет процессом и делает его «человечным».

#### Список источников / References

1. *Пройдаков Э. М.* Современное состояние искусственного интеллекта. *Наукоедческие исследования*. 2018;(1)129–153. EDN: YQTRVJ. DOI: 10.31249/scis/2018.00.09
2. *Proyda E. M.* Current state artificial intelligence. *Naukovedcheskie Issledovaniya*. 2018;(1):129–153. (In Russian.) EDN: YQTRVJ. DOI: 10.31249/scis/2018.00.09]
3. *Lindner K.-T., Alnahdi G. H., Wahl S., Schwab S.* Perceived differentiation and personalization teaching approaches in inclusive classrooms: Perspectives of students and teachers. *Frontiers in Education*. 2019;4:58. DOI: 10.3389/feduc.2019.00058
4. *Salas-Pilco S. Z., Yang Y.* Artificial intelligence applications in Latin American higher education: A systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2022;19:21. DOI: 10.1186/s41239-022-00326-w
5. *Shang H., Sivaparthipan C. B., Thanjaivadivel M.* Interactive teaching using human-machine interaction for higher education systems. *Computers and Electrical Engineering*. 2022;100:107811. DOI: 10.1016/j.compeleceng.2022.107811
6. *Hamim T., Benabbou F., Sael N.* Student profile modeling using boosting algorithms. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*. 2022;17(5):1–13. DOI: 10.4018/IJWLTT.20220901.oa4
7. *Wang P., Li L., Wang R., Xie Y., Zhang J.* Complexity-based attentive interactive student performance prediction for personalized course study planning. *Education and Information Technologies*. 2022;27(4):5471–5493. DOI: 10.1007/s10639-021-10842-3
8. *Zhang Z.* Application of digital intelligent communication technology in contemporary comparative education methodology. *Alexandria Engineering Journal*. 2022;61(6):4647–4657. DOI: 10.1016/j.aej.2021.10.019
9. *Yağci M.* Educational data mining: Prediction of students' academic performance using machine learning algorithms. *Smart Learning Environments*. 2022;9:11. DOI: 10.1186/s40561-022-00192-z
10. *Амиров Р. А., Билалова У. М.* Перспективы внедрения технологий искусственного интеллекта в сфере высшего образования. *Управленческое консультирование*. 2020;(3(135)):80–88. EDN: XKTQTC. DOI: 10.22394/1726-1139-2020-3-80-88
11. *Amirov R. A., Bilalova U. M.* Prospects for the introduction of artificial intelligence technologies in higher education. *Administrative Consulting*. 2020;(3(135)):80–88. (In Russian.) EDN: XKTQTC. DOI: 10.22394/1726-1139-2020-3-80-88]
12. *Тумов В. А.* Искусственный интеллект в образовании. *Приоритетные направления развития науки и образования. Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции*. Пенза: Наука и просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.); 2020:40–43. EDN: VRBPEN
13. *Titov V. A.* Artificial intelligence in education. *Priority Directions of Development of Science and Education. Collection of Articles of the XIII Int. Scientific and Practical Conf.* Penza, Nauka i Prosveschenie (IP Gulyaev G. Yu.); 2020:40–43. (In Russian.) EDN: VRBPEN]
14. *Измайлова М. А.* Возможности и угрозы искусственного интеллекта в образовании. *Психология обучения*. 2020;(3):84–94. EDN: FBLYFF
15. *Izmailova M. A.* Opportunities and threats of artificial intelligence in education. *Psychology of Education*. 2020;(3):84–94. (In Russian.) EDN: FBLYFF]
16. *Карпукhin С. В.* Актуальные проблемы использования искусственного интеллекта в образовании. *Вестник Национальной академии туризма*. 2019;(2(50)):40–41. EDN: FBZDLK
17. *Karpukhin S. V.* Current problems of using artificial intelligence in education. *Vestnik of National Tourism Academy*. 2019;(2(50)):40–41. (In Russian.) EDN: FBZDLK]

13. Торосян Р. А. Искусственный интеллект в сфере образования: положительные и отрицательные стороны. *Проблемы и вызовы цифрового общества: тенденции развития правового регулирования цифровых трансформаций. Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции.* Саратов: Саратовская государственная юридическая академия; 2019:65–67. EDN: FVBZHZ

[Torosyan R. A. Artificial intelligence in education: Positive and negative sides. *Problems and Challenges of the Digital Society: Trends in the Development of Legal Regulation of Digital Transformations. Collection of Scientific Papers on the Materials of the I Int. Scientific and Practical Conf.* Saratov, Saratov State Law Academy; 2019:65–67. (In Russian.) EDN: FVBZHZ]

14. Батаев А. В., Батаева К. И. Технологии искусственного интеллекта в высших учебных заведениях: модель адаптивного обучения. *Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона. Сборник докладов XVIII Всероссийской научно-практической конференции.* 2019;1:30–34. EDN: MOOUEA

[Bataev A. V., Bataeva K. I. Artificial intelligence technologies in higher education institutions: A model of adaptive education. *Planning and Provision of Personnel Training for the Industrial and Economic Complex of the Region. Collection of Reports of the XVIII All-Russian Scientific and Practical Conf.* 2019;1:30–34. (In Russian.) EDN: MOOUEA]

15. Lester B., Al-Rfou R., Constant N. The power of scale for parameter efficient prompt tuning. *Proc. EMNLP 2021 Conf. on Empirical Methods in Natural Language Processing.* 2021:3045–3059. EDN: IQDBST. DOI: 10.48550/arXiv.2104.08691

16. Мантрова И. Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике. Иваново: ООО «Нейрософт»; 2007. 216 с. Режим доступа: <https://kognoreg.files.wordpress.com/2015/03/psyhotest2.pdf>

[Mantrova I. N. Methodological guide to psychophysiological and psychological diagnostics. Ivanovo, LLC “Neurosoft”; 2007. 216 p. (In Russian.) Available at: <https://kognoreg.files.wordpress.com/2015/03/psyhotest2.pdf>]

17. Мороз М. П. Экспресс-диагностика работоспособности и функционального состояния человека. Рекомендации по допуску к работе: методическое руководство. СПб.: ИМАТОН, 2007. 40 с.

[Moroz M. P. Express diagnostics of working capacity and functional state of a person. Recommendations for admission to work: A methodological guide. Saint Petersburg, IMATON; 2007. 40 p. (In Russian.)]

18. Belousova N., Shefer O., Semenova M., Maltsev V., Lebedeva T., Korchemkina Yu. Neurodynamic predictors the effectiveness of cognitive activity of students ensuring healthy lifestyle. *International Journal of Health Sciences.* 2021;5(3):531–541. DOI: 10.53730/ijhs.v5n3.2270

#### Информация об авторах

**Носова Людмила Сергеевна**, канд. пед. наук, доцент, зам. декана по учебной работе, доцент кафедры информатики, информационных технологий и методики обучения информатике, факультет математики, физики, информатики, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-4229-3572>; *e-mail*: [nosovals@cspu.ru](mailto:nosovals@cspu.ru)

**Белюсова Наталья Анатольевна**, доктор биол. наук, доцент, декан факультета математики, физики, информатики, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-9873-320X>; *e-mail*: [belousova@cspu.ru](mailto:belousova@cspu.ru)

**Корчемкина Юлия Валерьевна**, старший преподаватель кафедры информатики, информационных технологий и методики обучения информатике, факультет математики, физики, информатики, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-5864-8075>; *e-mail*: [korchemkinayuv@cspu.ru](mailto:korchemkinayuv@cspu.ru)

#### Information about the authors

**Lyudmila S. Nosova**, Candidate of Sciences (Education), Docent, Deputy Dean for Academic Affairs, Associate Professor at the Department of Informatics, Information Technologies and Methods of Teaching Informatics, Faculty of Mathematics, Physics, Informatics, South-Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-4229-3572>; *e-mail*: [nosovals@cspu.ru](mailto:nosovals@cspu.ru)

**Nataliya A. Belousova**, Doctor of Sciences (Biology), Docent, Dean of the Faculty of Mathematics, Physics, Informatics, South-Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-9873-320X>; *e-mail*: [belousova@cspu.ru](mailto:belousova@cspu.ru)

**Yuliya V. Korchemkina**, Senior Lecturer at the Department of Informatics, Information Technologies and Methods of Teaching Informatics, Faculty of Mathematics, Physics, Informatics, South-Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-5864-8075>; *e-mail*: [korchemkinayuv@cspu.ru](mailto:korchemkinayuv@cspu.ru)

**Поступила в редакцию / Received:** 07.12.22.

**Поступила после рецензирования / Revised:** 02.02.23.

**Принята к печати / Accepted:** 14.02.23.