

DOI: 10.32517/2221-1993-2023-22-3-28-35

А. А. Олехов, А. Ю. Скорнякова, Т. Д. Лаптева*дипломанты Всероссийского конкурса «Уча других — учиться самому» в номинации «Уча других — учиться самому», Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия*

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ РАБОТНИКОВ ОБРАЗОВАНИЯ «ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ»

Аннотация

В статье рассмотрены возможности новейших информационных технологий, в частности, машинного обучения, в реализации дополнительной профессиональной программы «Применение машинного обучения в проектно-исследовательской деятельности естественно-научной направленности» преподавателями Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Представлена методическая разработка курса повышения квалификации для сотрудников образовательных организаций общего образования. Курс направлен на формирование у работников образования интереса к развитию межпредметной проектно-исследовательской деятельности учащихся в школе, ориентированной на работу с современными и актуальными проектами в области естественных наук и искусственного интеллекта. Описаны структура и содержательная линия программы повышения квалификации. Приведены примеры работ слушателей, выполненных в рамках изучения каждого из разделов дополнительной профессиональной программы повышения квалификации. На основе опыта реализации программы сформулирован ряд выводов, характеризующих достигнутые результаты.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственный интеллект, обучение нейронным сетям, повышение квалификации, дополнительная профессиональная подготовка, проектная деятельность, информационные технологии.

Контактная информация

Олехов Алексей Андреевич, старший преподаватель кафедры высшей математики и методики обучения математике, математический факультет, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; *адрес:* 614990, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, д. 24; *e-mail:* olehov_aa@pspu.ru

Скорнякова Анна Юрьевна, канд. пед. наук, доцент, декан математического факультета, доцент кафедры высшей математики и методики обучения математике, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; *адрес:* 614990, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, д. 24; *e-mail:* skornyakova_anna@pspu.ru

Лаптева Татьяна Дмитриевна, студентка 2-го курса магистратуры направления подготовки 44.04.01 «Педагогическое образование», профиль «Управление цифровой школой», математический факультет, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; *адрес:* 614990, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, д. 24; *e-mail:* tanyal1998@mail.ru

A. A. Olekhov, A. Yu. Skornyakova, T. D. Lapteva
Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia

THE ADDITIONAL PROFESSIONAL ADVANCED TRAINING PROGRAM FOR EDUCATORS "APPLICATION OF MACHINE LEARNING IN PROJECT AND RESEARCH ACTIVITIES OF THE NATURAL SCIENCES"

Abstract

The article discusses the possibilities of the modern information technologies, in particular, machine learning, in the implementation of the additional professional advanced training program "Application of machine learning in project and research activities of the natural sciences" by teachers of the Perm State Humanitarian Pedagogical University. The course for educators of education organizations of general education is presented. The course is aimed at creating interest among educators in the development of interdisciplinary project and research activities of students in a school focused on working with modern and relevant projects in the field of natural sciences and artificial intelligence. The structure and content line of the advanced training program are described. Examples of students' work performed as part of the study of each of the sections of the additional professional advanced training program are given. Based on the experience of implementing the program, a number of conclusions have been formulated that characterize the results achieved.

Keywords: machine learning, artificial intelligence, neural network training, advanced training, additional professional training, project activities, information technologies.

1. Введение

Происходящие в области цифровизации изменения, обусловленные Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [8], в котором ведущим направлением обозначен переход в ближайшие 15 лет к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, способствуют созданию новых механизмов, направленных на совершенствование форм обучения и воспитания личности, в том числе машинного обучения [3, с. 33]. Кроме того, 25 апреля 2022 года Президент России В. В. Путин подписал Указ «Об объявлении в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий» [9], который позволил усилить роль науки и технологий в решении важнейших задач развития общества и страны путем реализации соответствующего комплекса инициатив, проектов и мероприятий.

Особое внимание сегодня уделяется формированию ИКТ-компетенций будущих педагогов, при этом одно из важнейших направлений цифровизации высшего педагогического образования связано с формированием определенного стиля мышления, которое позволяет проектировать и создавать новые образовательные продукты [4, с. 65], в том числе при реализации в школьной программе требований федеральных государственных образовательных стандартов посредством исследовательской деятельности.

Современное быстроразвивающееся цифровое общество нуждается в мобильных компетентных педагогах, способных устоять перед вызовами современности. Для этого создаются программы повышения квалификации, направленные, в частности, на формирование умений разработки и ведения проектов естественно-научной направленности с применением машинного обучения.

Приведем пример организации в Пермском государственном гуманитарно-педагогическом университете (ПГГПУ) курса повышения квалификации для учителей.

2. Учебный план дополнительной профессиональной программы «Применение машинного обучения в проектно-исследовательской деятельности естественно-научной направленности»

2.1. Цель программы

Целью программы «Применение машинного обучения в проектно-исследовательской деятельности естественно-научной направленности» является формирование интереса к развитию междисциплинарной проектно-исследовательской деятельности в школе, направленной на работу с современными и актуальными проектами в области естественных наук с применением методов машинного обучения [10–12].

2.2. Место и роль программы в непрерывном процессе повышения квалификации педагогов

Рассматриваемый курс повышения квалификации позволит сформировать у педагогов представление о машинном обучении и его роли в обучении будущего поколения в соответствии с направлениями Стратегии научно-технологического развития РФ [8].

К освоению программы курса допускаются лица, имеющие среднее профессиональное и(или) высшее образование. Категория обучающихся: педагогические работники общеобразовательных организаций.

2.3. Сроки реализации

Курс повышения квалификации рассчитан на 32 часа, из которых лекции занимают 8 часов, практические занятия — 12 часов, самостоятельная работа — 12 часов.

2.4. Режим занятий

В разные дни занятия проводятся 4 или 8 часов в день.

2.5. Форма обучения

В курсе используется очно-заочная форма обучения с применением дистанционных образовательных технологий: вебинара и работы с электронными курсами на fppkdo.ru (рис. 1).

2.6. Длительность

Курс рассчитан на 5 учебных дней в период.

2.7. Предполагаемые результаты обучения

Освоение программы курса способствует качественному изменению компетенций, профессиональных знаний и умений, предусмотренных Профессиональным стандартом «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)» [7].

В результате освоения программы слушатель приобретет следующие знания и умения, необходимые для устранения его профессиональных дефицитов:

обучающийся будет знать:

- о методах обучения нейронных сетей, основах работы облачной среды для программирования и об использовании удаленных вычислительных графических процессоров;
 - о возможностях и перспективах машинного обучения, систем искусственного интеллекта, об основных подходах в естественно-научных проектах;
- обучающийся будет уметь:*

- создавать и использовать средства искусственного интеллекта для проектно-исследовательской деятельности школьников в рамках преподаваемого предмета [1, 2];
- организовывать внеурочную исследовательскую деятельность школьников в рамках Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации;
- манипулировать базовыми понятиями машинного обучения;
- обучать готовые искусственные нейронные сети и проектировать искусственные нейронные сети при проведении компьютерных экспериментов;

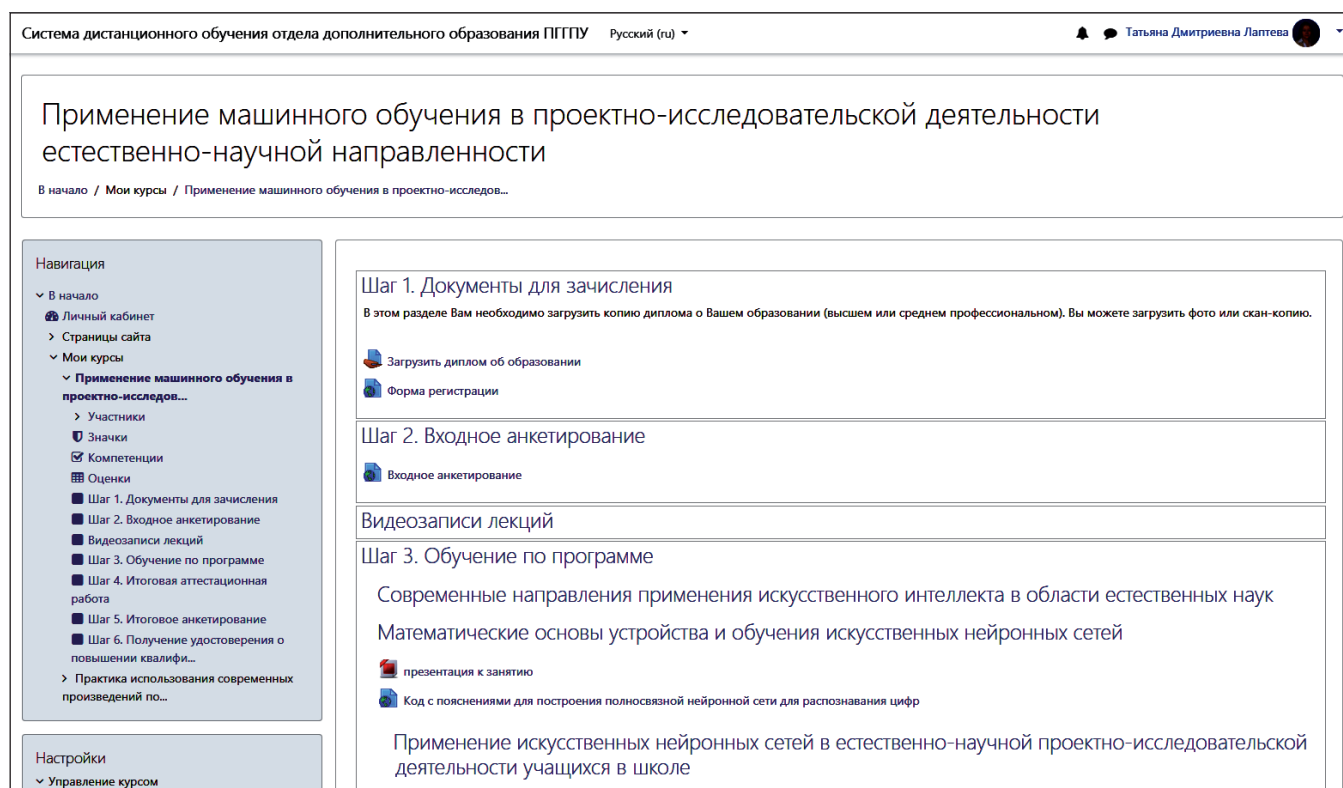


Рис. 1. Страница курса на fppkdo.ru

обучающийся будет владеть:

- формами и методами обучения, в том числе выходящими за рамки учебных занятий: проектная деятельность, лабораторные эксперименты с использованием машинного обучения.

Отсроченные результаты освоения программы: повышение показателей эффективности по реализации проектной и исследовательской деятельности в образовательном учреждении.

2.8. Инструментарий для оценивания

Оценивание достижения планируемых результатов производится в рамках итогового контроля, который проходит в форме презентации идеи проекта в рамках круглого стола.

3. Содержание программы

3.1. Учебный план

Учебный план программы представлен в таблице 1.

3.2. Календарный учебный график

Календарный учебный график представлен в таблице 2.

3.3. Рабочие программы учебных модулей

Модуль 1. Современные направления применения искусственного интеллекта в области естественных наук

Перечень вопросов, тем.

- Искусственный интеллект.
- Научные школы искусственного интеллекта.

- Основные тенденции внедрения искусственного интеллекта в научную деятельность.

Теория.

В рамках данного модуля слушатели знакомятся с:

- понятиями искусственного интеллекта и машинного обучения;
- научными школами искусственного интеллекта;
- основными тенденциями использования искусственного интеллекта;
- нормативной документацией;
- морально-этическими нормами использования и разработки программных продуктов в области искусственного интеллекта.

Модуль 2. Математические основы устройства и обучения искусственных нейронных сетей

Перечень вопросов, тем.

- Искусственный нейрон.
- Полносвязные нейронные слои.
- Функции активации.
- Функции ошибки.
- Градиентный спуск.
- Задачи классификации.
- Сверточные слои.
- Типы выборок.

Теория.

В рамках данного модуля слушатели знакомятся с базовыми понятиями машинного обучения.

Начиная изучение модуля с биологической интерпретации нейрона, учащиеся плавно переходят к его математической модели, модели нейронных слоев, их

Таблица 1

Учебный план программы

№ п/п	Наименование учебных моду- лей	Всего часов	В том числе:			Формы аттестации
			интерактивные		самостоятельная работа	
			лекции	практические занятия		
1	Современные направления применения искусственного интеллекта в области есте- ственных наук	4	4	—	—	—
2	Математические основы устройства и обучения искус- ственных нейронных сетей	8	2	2	4	—
3	Применение искусственных нейронных сетей в естествен- но-научной проектно-иссле- довательской деятельности учащихся в школе	16	4	4	8	—
4	Итоговая аттестация обучаю- щихся	4	—	4	—	Круглый стол
	Всего:	32	10	10	12	

Таблица 2

Календарный учебный график программы

Учебные дни	Трудоемкость, час	Наименование учебных модулей
1	4	Современные направления применения искусственного интеллекта в области естественных наук
2	8	Математические основы устройства и обучения искусственных нейронных сетей
3	8	Применение искусственных нейронных сетей в естественно-научной проектно-исследовательской деятельности учащихся в школе
4	8	
5	4	Итоговая аттестация обучающихся

функциям, функциям ошибки и способам обучения искусственных нейронных сетей.

Слушатели знакомятся с методами представления цветных изображений в цифровом виде.

Происходит знакомство с методами аугментации данных, с принципами работы сверточных слоев искусственных нейронных сетей.

Практика.

Совместно с преподавателем при помощи облачной среды для программирования и использования удаленных вычислительных графических процессоров осуществляется построение и обучение искусственной нейронной сети, состоящей из полносвязных слоев для распознавания рукописных цифр.

Также осуществляется построение и обучение искусственной нейронной сети, состоящей из сверточных слоев для классификации изображений.

Модуль 3. Применение искусственных нейронных сетей в естественно-научной проектно-исследовательской деятельности учащихся в школе

Перечень вопросов, тем.

- Методология естественно-научного исследования и проекта с использованием технологий искусственного интеллекта.
- Переобучение нейронных сетей.
- Платформа Kaggle.com.
- Разработка оболочки для пользователей с внедрением нейронной сети.
- Детекция объектов с помощью YOLO.

Теория.

В рамках данного модуля происходит знакомство слушателей с:

- основными аспектами проектно-исследовательской деятельности;

- методами ведения естественно-научного исследования и проекта с использованием технологий искусственного интеллекта;
- платформой Kaggle.com (разработчик Google), устроенной по принципу социальной сети, где пользователи могут публиковать наборы данных, исследовать и создавать модели машинного обучения, использовать облачные инструменты для обработки информации.

Слушатели обозревают популярные архитектуры нейронных сетей для классификации и детекции объектов, методы их обучения, изменения и переобучения.

Также слушатели знакомятся с:

- библиотеками Python для написания ботов;
- принципами написания бота для Telegram;
- методами внедрения предобученных нейронных сетей в Telegram-бот.

Практика.

Слушателям предлагается:

- используя платформу Kaggle, продумать тематику возможных исследований и проектов для школьников, имеющих востребованность в реальной практике;
- выбрать набор данных для реализации самостоятельного проекта;
- переобучить ранее обученную нейронную сеть на выбранном наборе данных.

Совместно с преподавателем происходит написание Telegram-бота для распознавания изображений с внедрением в него полученной нейронной сети.

Слушателям рекомендуется придумать идеи естественно-научных проектов с использованием нейронной сети YOLO.

Модуль 4. Итоговая аттестация обучающихся

Перечень вопросов, тем.

- Целесообразность продвижения и применения продуктов спланированных проектов.
- Способы продвижения и применения продуктов спланированных проектов.

Практика.

В рамках круглого стола обсуждаются спланированные проекты и направления дальнейших траекторий научного поиска.

4. Форма и показатели отсроченного результата освоения программы

Форма и показатели отсроченного результата освоения программы представлены в таблице 3.

5. Примеры работ слушателей курсов

В качестве задания итогового контроля слушателям программы по предложенному шаблону рекомендуется:

- описать проблемную ситуацию из области естественных наук, пригодную для решения методами искусственного интеллекта;
- сформулировать идею проекта, цель, задачи для ее достижения, а также планируемые результаты (предложенная идея подлежит обсуждению в рамках круглого стола).

Описание проблемной ситуации обучающиеся представляют в виде презентации, на слайдах которой отражаются (рис. 2):

- 1) название проекта;
- 2) проблемная ситуация, описывающая идею проекта;
- 3) цель и задачи проекта;
- 4) планируемые результаты проекта.

Некоторые идеи использования рекуррентных нейронных сетей, предложенные педагогами по окончании занятий, представлены в таблице 4.

6. Выводы

На основе опыта реализации в Пермском государственном гуманитарно-педагогическом университете описанной дополнительной профессиональной программы повышения квалификации работников образования «Применение машинного обучения в проектно-исследовательской деятельности естественно-научной направленности» по данным итогового анкетирования слушателей программы, представленным отделом дополнительного образования ПГГПУ, нами сформулировано несколько **выводов**:

- у всех обучающихся на высоком и хорошем уровне сформированы новые и усовершенствованы имеющиеся профессиональные компетенции, необходимые для осуществления проектно-исследовательской деятельности [1] с применением элементов машинного обучения как для самостоятельных научных исследований, так и при выполнении исследований с учащимися в школе в соответствии с направлениями Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [2, 5, 6];
- слушатели продемонстрировали высокий уровень профессиональной компетентности:
 - базовые знания о методах обучения нейронных сетей, об основах работы облачной среды для

Таблица 3

Форма и показатели отсроченного результата освоения программы

Форма отсроченного результата освоения программы	Показатели отсроченного результата освоения программы
Повышение показателей эффективности по реализации проектной и исследовательской деятельности в образовательном учреждении	Увеличение количества исследований школьников в области естественных наук с применением искусственного интеллекта и машинного обучения

ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ: Например: На данный момент, как только кто-то из сотрудников лаборатории с растениями видит подозрительный листок, то сразу отправляет его фото специалисту, который после внимательного изучения может сказать о болезни растения. Данный формат работы не всегда удобен в связи со следующим факторами: - большое количество фото для обработки; - невысокая точность оценки человеческим глазом; - большие затраты на оплату труда специалиста. Исходя из вышесказанного, появляется необходимость в цифровом инструменте, позволяющем каждому сотруднику незамедлительно узнавать, какой болезнью болеет куст, и получать инструкции по работе с ним.	ЦЕЛЬ: Например: Разработка программного продукта для определения болезни листа томата по его фотографии путем создания и обучения искусственной сверточной нейронной сети.
ЗАДАЧИ: Например: 1. Освоить принципы работы искусственных нейронных сетей. 2. Изучить признаки основных видов болезней листьев томатов и методов их лечения. 3. Найти и обработать массивы данных фото болезней листьев томатов для обучения искусственных нейронных сетей. 4. Разработать и протестировать нейронную сеть для классификации видов болезней томатов. 5. Интегрировать нейронную сеть в оболочку, удобную для пользователя.	ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ: Например: Приложение или чат-бот с интегрированной нейронной сетью, позволяющий определить болезнь листа томата с высокой точностью и дающий рекомендации по лечению.

Рис. 2. Шаблон презентации для выполнения итогового задания

Таблица 4

Идеи использования рекуррентных нейронных сетей, предложенные педагогами по завершении обучения по курсу «Применение машинного обучения в проектно-исследовательской деятельности естественно-научной направленности»

№ п/п	Тема проекта	Цель проекта	Планируемые результаты проекта
1	Коррекция индивидуальной образовательной траектории обучающихся	Разработка программного продукта для определения ошибок обучающегося по фотографии его работы путем создания и обучения искусственной рекуррентной нейронной сети	Приложение или чат-бот с интегрированной нейронной сетью, позволяющий определить ошибки обучающихся и подобрать материал для дальнейшего обучения и корректировки индивидуальной образовательной траектории обучающихся
2	Выявление вида птиц по найденному гнезду	Разработка программного продукта для определения вида птиц по фотографии гнезда путем создания и обучения искусственной сверточной нейронной сети	Приложение или чат-бот с интегрированной нейронной сетью, позволяющий определить гнезда птиц с высокой точностью и дающий информацию о данном виде птиц
3	Подбор стрижки, укладки и цвета волос, наиболее подходящих конкретному человеку	Разработка программного продукта для определения наиболее подходящих стрижки, прически и цвета волос по фотографии человека путем создания и обучения искусственной нейронной сети	Приложение или чат-бот с интегрированной нейронной сетью, позволяющий определить наиболее подходящую стрижку с высокой точностью и дающий рекомендации по изменению внешности
4	Лекарственные растения — классификация изображений	Разработка программного продукта для определения лекарственного растения по его фотографии путем создания и обучения искусственной сверточной нейронной сети	Приложение или чат-бот с интегрированной нейронной сетью, позволяющий определить лекарственное растение с высокой точностью и дающий рекомендации по лечению

Окончание табл. 4

№ п/п	Тема проекта	Цель проекта	Планируемые результаты проекта
5	Инструкции в робототехнике	Разработка программного продукта для определения детали конструктора LEGO и создания качественной инструкции по фотографии путем создания и обучения искусственной сверточной нейронной сети	Приложение с интегрированной нейронной сетью, позволяющее определить вид LEGO-детали и составить инструкцию с высокой точностью, понятную для детей
6	Рекурсивная нейронная сеть по фильтрации социально опасного контента в интернете	Разработка программного продукта для определения социально опасного для подростка контента в социальных сетях или в приложениях путем создания и обучения искусственной рекурсивной нейронной сети	Приложение с интегрированной нейронной сетью, которая может провести анализ страницы в социальной сети или другого приложения на социально опасные маркеры — слова или фотоконтент, принадлежащий к социально опасным группировкам
7	Распознавание латинского названия препарата из рецепта с помощью нейронной сети	Разработка программного продукта для определения латинского названия препарата из рецепта, написанного врачом от руки, путем создания и обучения искусственной нейронной сети	Чат-бот с интегрированной нейронной сетью, позволяющий определить латинское название препарата из рецепта
8	Применение технологии искусственного интеллекта в процессе восстановления вида архитектурного сооружения	Разработка программного продукта для определения вида архитектурного сооружения по его фотографии и составления рекомендаций по его восстановлению путем создания и обучения искусственной сверточной нейронной сети	Приложение или чат-бот с интегрированной нейронной сетью, позволяющий определить вид архитектурного сооружения с высокой точностью и дающий рекомендации по его восстановлению
9	Росток	Разработка программного продукта для определения готовности почвы к посеву различных культурных растений на основе расчета климатических условий по данным метеорологических станций путем создания и обучения искусственной сверточной нейронной сети	Приложение с интегрированной нейронной сетью, позволяющее определить готовность почвы к посеву различных культурных растений с высокой точностью
10	Болезни плодов клубники	Разработка программного продукта для определения болезни плодов клубники по ее фотографии путем создания и обучения искусственной сверточной нейронной сети	Приложение или чат-бот с интегрированной нейронной сетью, позволяющий определить болезнь плодов клубники с высокой точностью и дающий рекомендации по лечению
11	Определение типов почв с помощью искусственного интеллекта	Разработка программного продукта для определения вида почвы по ее фотографии путем создания и обучения искусственной сверточной нейронной сети	Разработка будет функционировать на платформе сайта (лендинга) или чат-бота

программирования и об использовании удаленных вычислительных графических процессоров;

- знания о возможностях и перспективах машинного обучения, систем искусственного интеллекта, об основных подходах в естественно-научных проектах;
- умение создавать и использовать средства искусственного интеллекта для проектно-исследовательской деятельности школьников в рамках преподаваемого предмета, манипулировать базовыми понятиями машинного обучения, проектировать искусственные нейронные сети при проведении компьютерных экспериментов;

- владение формами и методами обучения, в том числе выходящими за рамки учебных занятий: проектная деятельность, лабораторные эксперименты с использованием машинного обучения.

Таким образом, анализ результатов обучения свидетельствует о наличии позитивной динамики в формировании профессиональной компетентности слушателей, позволяющей успешно и эффективно осуществлять профессиональную деятельность в общем образовании.

Список источников

1. Алисов Е. А. Сущность технологии исследовательского и проектного обучения // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. 2016. Т. 15. № 3. С. 41–45. EDN: WWTNHL.

2. Долгая О. И. Искусственный интеллект и обучение в школе: ответ на современные вызовы // Школьные технологии. 2020. № 4. С. 29–38. EDN: DOPRLH.

3. Латышева Л. П., Олехов А. А., Скорнякова А. Ю., Черемных Е. Л., Лаптева Т. Д. Обучение школьников основам технологий искусственного интеллекта в условиях дополнительного образования // Информатика в школе. 2023. № 1. С. 32–41. EDN: HCAHYL. DOI: 10.32517/2221-1993-2023-22-1-32-41

4. Латышева Л. П., Скорнякова А. Ю., Черемных Е. Л., Мельникова Е. В., Лаптева Т. Д. Формирование ИКТ-компетенций будущего учителя математики при обучении стохастике в условиях цифровой трансформации образования // Информатика и образование. 2022. Т. 37. № 2. С. 64–77. EDN: TMBYZH. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-64-77

5. Лялин А. В. Задачи по теме «Искусственный интеллект» в школьной информатике // Современное образование. 2022. № 4. С. 43–49. EDN: IPGOTT. DOI: 10.25136/2409-8736.2022.4.39551

6. Мазанюк Е. Ф. Применение искусственного интеллекта в школах РФ: перспективы и неоднозначные последствия // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 77-1. С. 205–208. EDN: EPZSSZ.

7. Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального

общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)». Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18.10.2013 № 544н. https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT_ID=56367

8. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>

9. Указ Президента Российской Федерации от 25.04.2022 г. № 231 «Об объявлении в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий». <http://www.kremlin.ru/acts/news/68278>

10. Хуберт А. Применение инструментов машинного обучения и интеллектуальный анализ данных в отношении баз данных с небольшим количеством записей // Advanced Engineering Research. 2021. Т. 21. № 4. С. 346–363. EDN: BDXLJW. DOI: 10.23947/2687-1653-2021-21-4-346-363

11. Чулюков В. А., Дубов В. М. Искусственный интеллект и будущее образования // Современное педагогическое образование. 2020. № 3. С. 27–31. EDN: DWLFKJ.

12. Moreno-Guerrero A.-J., López-Belmonte J., Marín-Marín J.-A., Soler-Costa R. Scientific development of educational artificial intelligence in Web of Science // Future Internet. № 12. MDPI. 2020. DOI: 10.3390/fi12080124