

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК АКТУАЛЬНЫЙ ТРЕНД СОДЕРЖАНИЯ ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Н.И. Рыжова, И.И. Трубина, Н.Ю. Королева, Е.В. Филимонова

Аннотация. В статье актуализируется проблематика поиска новых содержательных направлений для развития содержания обучения искусственному интеллекту в современных условиях цифровизации. Авторы кратко описывают ключевые технологии на основе искусственного интеллекта, предложенные четвертой технологической революцией и приведшие к цифровому развитию экономики и общества. Рассматривая основные философские и этические проблемы искусственного интеллекта, а также руководствуясь содержанием Кодекса этики искусственного интеллекта, в статье предложены идеи и направления для проектирования модуля для учебного курса по искусственному интеллекту. Новый разработанный модуль, содержащий вопросы по этическим проблемам искусственного интеллекта, будет не только иметь цель формировать определенные компетенции по данной проблематике у обучаемых, но и развивать содержание обучения искусственному интеллекту на разных уровнях образования с учетом новых трендов цифровизации.

Ключевые слова: цифровизация, четвертая технологическая революция, конвергентные технологии, «умные» технологии, искусственный интеллект, этические аспекты искусственного интеллекта, Кодекс этики искусственного интеллекта.

Для цитирования: Рыжова Н.И., Трубина И.И., Королева Н.Ю., Филимонова Е.В. Искусственный интеллект как актуальный тренд содержания обучения информатике в условиях цифровизации // Преподаватель XXI век. 2022. № 2. Часть 1. С. 11–22. DOI: 10.31862/2073-9613-2022-2-11-22

11

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS AN ACTUAL TREND OF INFORMATION SCIENCE TRAINING CONTENT IN TERMS OF DIGITALIZATION

N.I. Ryzhova, I.I. Trubina, N.Yu. Koroleva, E.V. Filimonova

Abstract. The article updates the issues of finding new educational content areas for developing artificial intelligence teaching in today's digitalization environment. The

© Рыжова Н.И., Трубина И.И., Королева Н.Ю., Филимонова Е.В., 2022



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

authors briefly describe the key technologies based on artificial intelligence, offered by the fourth technological revolution and leading to the digital development of the economy and society. Considering the basic philosophical and ethical problems of artificial intelligence, and guided by the content of the Code of Ethics for Artificial Intelligence, the article presents ideas and directions for designing a module for a training course on artificial intelligence. The newly developed module, containing questions on ethical problems of artificial intelligence, will not only have the purpose to form certain competences on this issue in students, but also to develop the content of teaching artificial intelligence at different levels of education, taking into account the new trends of digitalization.

Keywords: digitalization, the 4th Industrial Revolution, convergent technologies, “smart” technologies, artificial intelligence (AI), AI ethical aspects, AI Code of Ethics.

Cite as: Ryzhova N.I., Trubina I.I., Koroleva N.Yu., Filimonova E.V. Artificial Intelligence as an Actual Trend of Information Science Training Content in Terms of Digitalization. *Prepodavatel XXI vek. Russian Journal of Education*, 2022, No. 2, part 1, pp. 11–22. DOI: 10.31862/2073-9613-2022-2-11-22

В условиях цифровизации современного социума, в частности, таких его отраслей, как экономика и образование, искусственный интеллект становится одним из базовых трендов развития технологий и составляющих компетенций современного специалиста (в том числе и учителя), а также школьников — будущих специалистов для цифровой экономики.

Именно эта составляющая развития современного социума, продиктованная четвертой индустриальной революцией, сегодня снова актуализируется в контексте решения задач различного характера (как производственного, так и образовательного) благодаря внедрению ключевых технологий цифровизации.

Остановимся и кратко охарактеризуем те ключевые технологии, в основе которых в той или иной мере присутствует искусственный интеллект и которыми должны владеть современные специалисты в условиях цифровизации.

Общепризнанно, что четвертая индустриальная революция [1], имеющая

системный характер, вызывает не только цифровизацию экономики и общественных институтов, но и всего общества в целом, другими словами, выводит общество на новый уровень цифрового развития, где одной из базовых основ его развития становится *искусственный интеллект* (ИИ).

Несмотря на выдающиеся достижения в области этого научного знания и развитие технологий ИИ (как зарубежные, так и отечественные), до сих пор общепринятого и четко сформулированного определения понятия «*искусственный интеллект*» не существует. Оно остается «размытым» за счет обширности перечислений как технически-сложных, так и программно-реализуемых свойств и качеств искусственно создаваемого объекта, который в итоге наделяется искусственным интеллектом для решения той или иной задачи.

Множество существующих сегодня определений, начиная от корифеев информатики и основоположников этой отрасли знания Дж. Маккарти и А. Тьюринга,

пожалуй, можно свести к примитивному пониманию его сути, сформулированной еще в 1956 г. на Дартмутской конференции ученых-когнитивистов. Размышляя о проблемах создания «умных» машин, которые работают и принимают решения как люди, Дж. Маккарти предложил трактовать ИИ как «способ сделать компьютер, компьютер-контролируемого робота или программу, способную также разумно мыслить как человек» [2].

Обобщая существующие в настоящее время взгляды и пересказывая опубликованные материалы по ИИ, можно с уверенностью написать, что ИИ — это разнообразные приложения (программы) для компьютеров, которые «понимают» человеческий язык и выполняют функции виртуальных персональных помощников, могут играть в различные интеллектуальные игры (типа шахмат) против людей и т. д. ИИ — это и компьютерная робототехника, которая видит, слышит и реагирует на сенсорные стимулы. ИИ — это внедрение в различные социально-экономические отрасли современного общества цифровых технологий, в основе которых лежат его (ИИ) технические средства и принципы, приводящие к тому, что значительно сокращается время ожидания и получения различных социальных услуг за счет использования поисковых сервисов и современных баз данных — информационных систем.

Не является уже редкостью сегодня и тот факт, что существуют технологии на основе ИИ, которые смогли превзойти человеческие возможности в разных областях его жизнедеятельности, в том числе и профессиональной. Например, системы распознавания образов — «компьютерное зрение» или «умный глаз» — становятся за счет своего технического развития настолько более точными, что лучше, чем человек обнаруживают заданные

объекты среди массы других им подобных. Системы распознавания речи сегодня уже в состоянии анализировать разговоры по телефону и голосовым записям на уровне, соответствующем человеческим способностям. ИИ влияет и на развитие образования, медицины и здравоохранения, государственного и банковского дела, что влечет за собой их цифровизацию и появление «умных» помощников в той или иной профессиональной сфере (умное образование, умная медицина и т. п.).

Так, например, Б.Г. Ивановский в своей статье, посвященной анализу данной проблематики, формулируя экономические эффекты от внедрения технологий «искусственного интеллекта» и ссылаясь на различные зарубежные и отечественные аналитические данные, пишет: «Прогнозируется, что технологии ИИ приведут в перспективе к значительным экономическим сдвигам, вызванным ростом производительности труда за счет использования машин, которые способны выполнять новые функции (беспилотные автомобили, продвинутые роботы, «умные» помощники для поддержки людей в их повседневной жизни и т. д.)» [3, с. 9].

По мнению многих современных аналитиков, философов и информатиков [1–3], именно ИИ позволит «вернуть» экономику (в частности, производство товаров потребления) «лицом к человеку». Другими словами, опираясь на работы К.М. Шваба [1], можно утверждать, что благодаря внедрению технологий четвертой индустриальной революции (например, искусственного интеллекта) станет возможным индивидуализация и даже персонификация производства, что влечет за собой значительный экономический эффект.

В частности, как отмечается Б.Г. Ивановским со ссылкой на зарубежные и отечественные аналитические источники,

«экономически развитые страны за счет развития и внедрения технологий искусственного интеллекта могут получить дополнительно к 2030 г. от 20 до 25% чистой экономической выгоды. Экономический эффект от этих форм инвестирования (не включая капитальные вложения в ИИ) составит в течение десяти лет от 359,6 до 773,2 млрд долл.» [3, с. 12–15].

Ключевым технологическим элементом, появившемся в условиях становления цифрового социума благодаря четвертой индустриальной революции на основе средств и технологий искусственного интеллекта, являются «умные» технологии и технология Интернет-вещей.

Заметим, что яркими примерами «умных технологий» (уже внедренных в обиход современного социума, как уже выше вскользь отмечали) являются «умный дом», «умный город», «умные технологии», «умная медицина» и т. п., которые сегодня являются общепризнанными элементами «разумного виртуального общества», базирующегося на интеллектуальной инфраструктуре.

Еще одной значимой технологией цифрового общества выступает технология 3D-печати, которая также в своей основе имеет искусственный интеллект. Современные аналитики предсказывают, что со временем, когда более 5% всех потребительских товаров, включая персонализированные, будет производиться с помощью 3D-печати, в экономике цифрового общества наступит переломный момент, который, безусловно, повлияет на минимизацию доставки товаров.

В рамках цифровизации современного социума активно реализуется множество проектов, связанных с внедрением технологий искусственного интеллекта в различные сферы жизнедеятельности человека.

Так, например, согласно информации, публикуемой на сайте «Искусственный

интеллект в России: состояние отрасли и прогнозы» (см. <https://skillbox.ru/media/business/iskusstvennyy-intellekt-v-rossii>), а также по данным международной консалтинговой компании J'son & Partners Consulting (см. https://www.tadviser.ru/index.php/Компания: J'son_&_Partners_Consulting) «в Российской Федерации около 200 фирм занимаются внедрением технологий искусственного интеллекта и работают с системами виртуальной и дополненной реальности, в частности, Корпоративный университет Сбербанка, инновационный центр «Сколково», фонды Бортника и VRTech, открытое сообщество представителей бизнеса и частных лиц AF/VR-отрасли — «Ассоциация дополненной и виртуальной реальности» и другие» [4].

Кроме того, как отмечается многими аналитиками (см., например, статьи на портале «TAdviser: Государство. Бизнес. Технологии», где представлены в том числе и материалы крупнейших ИТ-компаний в России), а также нами в одной из своих работ, посвященной проблемам виртуальной реальности и ее использованию в образовании [5], основными представителями на рынке технологий дополненной и виртуальной реальности являются российские компании Fibrum (создатель шлемов для дополненной и виртуальной реальности) и Nival (создатель игр виртуальной реальности).

В образовательных организациях как для традиционного, так и дистанционного обучения сегодня активно используются методики и технологии, основанные на виртуальной или дополненной реальности. Особую популярность среди них приобретают онлайн-курсы по обучению созданию приложений, реализующих виртуальную реальность. Так, например, в направлении подготовки бакалавров «Информатика и вычислительная

техника» в вузе предлагается направленность (профиль) «Виртуальные технологии и дизайн».

В образовательных программах высшего образования обучение технологиям дополненной и виртуальной реальности может быть представлено в виде отдельных модулей или дисциплин, таких как «Разработка игровых приложений». Не остаются в стороне и технологические компании, которые занимаются не только собственными разработками по данной проблематике, но и используют свои платформы для обучения (например, компания Eligo Vision и ее разработка — платформа EV Toolbox) как сами, так и предоставляют их другим образовательным организациям в рамках сотрудничества.

Говоря о ключевых технологиях цифровизации, продиктованных четвертой индустриальной революцией, нельзя не упомянуть и *конвергентные технологии*, которые теснейшим образом перекликаются со средствами и технологиями искусственного интеллекта, включающие в себя когнитивный компонент. Согласно дискуссиям современных философов, конвергентные технологии (информационно-коммуникационные, биотехнологии, когнитивные и нанотехнологии) представляют собой новое приоритетное направление в современном научном философском знании и в развитии технологий в условиях цифровизации.

В широком смысле, как указывает В.И. Аршинов, в основе этого типа технологий лежит понимание конвергенции знаний и технологий «как процесса эскалации и трансформации среди кажущихся различными научными дисциплинами, технологиями, сообществами (communities), разными областями человеческой активности с целью достижения взаимной совместимости, синергизма и интеграции...» [6, с. 43]. Кроме того, конвергентные

технологии играют важную роль в решении проблемы «технического усовершенствования человека», которые напрямую касаются философских и этических проблем, в том числе и искусственного интеллекта.

В данном контексте перечислим 9 главных этических проблем искусственного интеллекта, по мнению Джулии Боссмэнн, президента Foresight Institute, который базируется в г. Пало-Альто, исследует и продвигает трансформирующие технологии [7]:

- 1) *Безработица*. Что произойдет с вымиранием профессий?
- 2) *Неравенство*. Как мы распределяем благо, произведенное машинами?
- 3) *Гуманность*. Как машины повлияют на наше поведение и взаимодействие?
- 4) *Искусственная тупость*. Как мы можем защититься от ошибок?
- 5) *Роботы-расисты*. Как мы избавимся от предвзятости искусственного интеллекта?
- 6) *Безопасность*. Как держать искусственный интеллект в безопасности от противников?
- 7) *Злые гении*. Как нам защититься от нежелательных последствий?
- 8) *Сингулярность*. Как мы сможем контролировать сложную умную систему?
- 9) *Права роботов*. Как мы определяем человеческое отношение к искусственному интеллекту?

Указанные проблемы, сформулированные в виде проблемных вопросов, в некотором смысле являются общепризнанными. По мнению таких технологических гигантов, как Alphabet (Google), Amazon, Facebook (социальная сеть признана экстремистской), IBM и Microsoft, а также личностей вроде Стивена Хокинга и Илона Маска, сейчас самое подходящее время для обсуждения почти безграничного ландшафта искусственного интеллекта, который почти такой же новый

рубеж для этики и оценки рисков в эпоху цифровизации, как и для новых технологий [там же].

Важно понимать, что в контексте развития и синтеза информационных, цифровых и когнитивных технологий, а также их всеобъемлющего внедрения во все сферы жизнедеятельности человека, становление современного цифрового социума повлечет за собой необратимые изменения не только в технологической, экономической и социальной сферах, но и во всех видах профессиональной деятельности человека. Как следствие — неизбежны будут и определенные трансформации самой личности современного человека.

Кроме того, сегодня не только целесообразно констатировать проникновение в сферу образования в рамках ее цифровизации «умных», когнитивных технологий, в основе которых лежат технологии и средства искусственного интеллекта, но и говорить об актуальности поиска новых аспектов развития содержания обучения искусственному интеллекту как в рамках школьного курса информатики, так и в рамках внеурочной деятельности.

16

Обратимся и кратко опишем существующий на сегодня эмпирический опыт преподавания основ искусственного интеллекта в школе, учитывая и собственный опыт [8–12].

Для системы школьного образования данное направление в подготовке не является принципиально новым, хотя и не получило широкого распространения на практике, в том числе и на уроках информатики. В свое время (2010 г.) И.Г. Семакиным и Л.Н. Ясницким, ведущими учеными и специалистами в области школьной информатики и искусственного интеллекта, высказывалась необходимость изучения в общеобразовательном курсе информатики темы искусст-

венного интеллекта на ознакомительном уровне, авторы представляли следующее содержание: «Искусственный интеллект: история развития, области применения, модели знаний и экспертные системы, нейрокompьютеры и нейросети» [13, с. 53], в практической части работа учеников основана на использовании готовых нейросетевых моделей и демоверсий экспертных систем. Отметим, что на базовом уровне в учебниках информатики для основной школы (И.Г. Семакин) уделяется внимание направлению моделирования знаний и представлению об экспертных системах.

Для предпрофессиональной подготовки школьников в рамках профильного обучения информатике в старших классах предложен элективный курс «Искусственный интеллект» (2012 г.), разработанный Л.Н. Ясницким и Ф.М. Черепановым [14–16]. Авторами созданы учебное пособие для школьников, методическое пособие для учителей и компьютерный практикум с системой лабораторных работ от изучения математической модели нейрона и моделирования логических функций, модели перцептрона и распознавания символов до изучения нейронных сетей и применения их в решении отдельных практических задач. Для углубленного уровня изучения информатики в школе в настоящее время созданы учебные программы и учебники, например, И.А. Калинина и Н.Н. Самылкиной [17], которые включают в содержание обучения вопросы искусственного интеллекта в рамках отдельных тем в старшей школе.

Со стороны крупных компаний, таких как «Сбер», Microsoft, появилось большое количество образовательных проектов и программ для школьников, например, проект «Академия искусственного интеллекта для школьников» (<https://ai-academy.ru/>), модуль «Машинное обучение и большие данные» для общего

образования (<https://education.microsoft.com/ru-ru>). В рамках “AI-Academy” предлагаются вводные уроки о роли искусственного интеллекта, машинного обучения и о профессии Data Scientist, а также длительный онлайн-курс машинного обучения (Machine learning) для школьников, соревнования и олимпиады по искусственному интеллекту. Созданный на образовательной платформе Microsoft образовательный модуль машинного обучения знакомит школьников с технологией больших данных и отдельными алгоритмами машинного обучения, их реализацией в рамках исследования готовых имеющихся наборов данных. Учащиеся реализуют три учебных проекта, такие как, например, прогнозирование кредитного риска; для практической работы в рамках проектов на портале Microsoft Azure представлены два кейса: по расчету цены автомобиля по готовому датасету и по предсказанию опыта игрока в “Dota 2” по датасету.

Широкое распространение современных технологий, использующих интеллектуальные алгоритмы и большие данные, расширение образовательных материалов для школьников, создают условия для обновления подходов к преподаванию вопросов искусственного интеллекта в школьном курсе информатики. Но в данном контексте нельзя забывать о философских и этических проблемах искусственного интеллекта и находить в содержании обучения искусственному интеллекту достойное внимание этим вопросам как по глубине, так по и широте их понятийного содержания.

Таким образом, на наш взгляд, налицо актуализация необходимости разработки специального модуля по этическим проблемам искусственного интеллекта. При этом основные элементы содержания для этого модуля могут быть реализованы на основе идей, которые могут быть

получены посредством интерпретаций перечисленных выше проблемных вопросов — 9 главных этических проблем искусственного интеллекта, например, по Дж. Боссману, а также базируясь на содержании *Кодекса этики искусственного интеллекта РФ*, который был разработан при участии более чем 500 экспертов и публично представлен 26 октября 2021 г. на международном форуме «Этика искусственного интеллекта: начало доверия» при поддержке Правительства РФ.

Отметим, опираясь на публикации [18–21], что этот форум стал первой в России специализированной площадкой для выработки принципов этики искусственного интеллекта (ИИ). Участники мероприятия, в числе которых представители федеральных и региональных органов власти, бизнеса, общественники и эксперты, не только обсудили существующие проблемы и возможности влияния ИИ на традиционные сферы жизни и связанные с его использованием и внедрением риски, но и приняли участие в торжественном подписании Кодекса этики ИИ, разработанного с учетом требований Национальной стратегии развития ИИ на период до 2030 года. Авторы кодекса — Альянс в сфере ИИ совместно с Аналитическим центром и Минэкономразвития. Документ станет частью федерального проекта «Искусственный интеллект» и Стратегии развития информационного общества на 2017–2030 гг. Российский кодекс состоит из 33 пунктов, закрепляющих базовые принципы жизни в новой реальности, в которой человек окружен роботами [18].

В данном контексте приведем слова заместителя председателя правительства России Дмитрия Чернышенко [19], который, выступая на форуме, указал: «Технологии ИИ постепенно внедряются в самые разные сферы жизни, включая образование, здравоохранение, госуправ-

ление. По данным ВЦИОМа около 48% россиян доверяют ИИ. Это достаточно высокая цифра. Но пока у части общества неоднозначное отношение к таким технологиям, и это то, над чем нам надо работать. Обществу нужен надежный ИИ с вероятностью ошибки ниже, чем у человека. Права и свободы граждан гарантированы Конституцией. Наша обязанность — реализовать механизмы по их защите независимо от среды, в которой находится человек. Соблюдение этических норм при работе с ИИ позволит предотвратить их нарушение, поэтому правительство приветствует подписание профессиональным сообществом Кодекса этики ИИ, он позволит повысить уровень доверия граждан к новым технологиям. Опираясь на лучшие практики, Россия входит в десятку стран, для которых этичность развития важнейшей технологии XXI века имеет государственное значение».

Таким образом, Кодекс этики в сфере ИИ сегодня регулирует морально-этическую сторону использования этой технологии, провозглашает человеко-ориентированный, гуманистический, риск-ориентированный (соотнесение жесткости регулирования с потенциальным влиянием создаваемых систем) подходы при развитии технологий ИИ, принципы предосторожности и ответственное отношение акторов к вопросам влияния систем ИИ на общество и граждан, недопущения дискриминации со стороны ИИ, непричинения вреда, безопасности работы с данными и информационной безопасности, идентификации ИИ в общении с человеком и уважения автономии воли человека, ответственности за последствия применения ИИ. Предполагается, что кодекс станет рамочным элементом саморегулирования для разработчиков технологий ИИ [18–21].

В заключение отметим, что идея написания данной статьи родилась в результа-

те профессионального общения по данной проблематике с коллегами — педагогами и преподавателями педагогических вузов и школьными учителями информатики, а также благодаря анализу полученного опыта в результате проведения первой Всероссийской олимпиады по ИИ среди обучающихся 8–11 классов общеобразовательных организаций. Олимпиада проводилась в соответствии с требованиями к результатам освоения основных образовательных программ по предметной области «Математика и информатика» (углубленный уровень), установленными Федеральными государственными образовательными стандартами основного общего и среднего общего образования и предоставляет преимущества при поступлении в вузы. Планируется, что Олимпиада станет регулярным мероприятием, реализуемым в рамках федерального проекта «Искусственный интеллект» национальной программы «Цифровая экономика» (<https://tass.ru/nacionalnye-proekty/7813455>).

Подытоживая сказанное, считаем, что материал статьи будет полезен широкому кругу педагогического сообщества для использования его в практике обучения информатике как современных школьников, так и студентов непрофильных вузов, изучающих вопросы искусственного интеллекта. Особое значение материал, изложенный выше, имеет для учителей и преподавателей информатики (хотя бы в плане знакомства), например, с содержанием недавно принятого в РФ Кодекса этики искусственного интеллекта. Причем этот нормативный документ выступает здесь в роли источника развития содержания обучения философским и этическим проблемам искусственного интеллекта, которым сегодня в курсе информатики, к сожалению, уделяется недостаточно внимания.

Статья подготовлена в рамках государственного задания ФГБНУ «ИСПО РАО» по проекту «Организация и проведение всероссийской олимпиады по искусственному интеллекту».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шваб, К. Четвертая промышленная революция / пер. с англ. М.: ЭКСМО, 2018. 286 с.
2. Что такое искусственный интеллект? URL: <https://neuronus.com/stat/1258-chto-takoe-iskusstvennyj-intellekt.htm> (дата обращения: 22.03.2022).
3. Ивановский, Б.Г. Экономические эффекты от внедрения технологий «искусственного интеллекта» // Социальные новации и социальные науки. 2021. № 2. С. 8–25.
4. J'son & Partners Consulting: Рынок онлайн-образования в России и в мире. URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-onlayn-obrazovanuya-v-rossii-i-mire-20161206051155 (дата обращения: 22.03.2022).
5. Каракозов, С.Д., Рыжова, Н.И., Королева, Н.Ю. Виртуальная реальность: генезис понятия и тенденции использования в образовании // Информатика и Образование. 2020. № 10 (319). С. 6–16.
6. Аршинов, В.И. Конвергентные технологии в контексте постнеклассической парадигмы сложности // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 3. С. 42–54. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konvergentnye-tehnologii-v-kontekste-postneklassicheskoy-paradigmy-slozhnostnosti> (дата обращения: 01.04.2022).
7. Боссманин, Дж. 9 главных этических проблем искусственного интеллекта. URL: <https://hr-portal.ru/article/9-glavnyh-eticheskikh-problem-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 22.03.2022).
8. Каракозов, С.Д. Подготовка бакалавров педагогического образования к реализации проектно-исследовательской деятельности в условиях цифровизации школы / С.Д. Каракозов, Н.И. Рыжова, Н.Ю. Королева, Е.В. Филимонова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2021. Т. 18. № 2. С. 115–127.
9. Рыжова, Н.И., Филимонова, Е.В., Королева, Н.Ю. Составляющие информационно-вычислительной деятельности как основа решения цифровых образовательных задач // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании. Материалы V Международной научной конференции / общ. ред. М.В. Носкова. Красноярск, 2021. С. 290–296.
10. Рыжова, Н.И., Королева, Н.Ю., Филимонова, Е.В. Направления подготовки бакалавров педагогического образования основам робототехники // Наука и школа. 2019. № 6. С. 33–45.
11. Филимонова, Е.В. Подготовка будущих учителей информатики к обучению школьников основам искусственного интеллекта // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции. Петрозаводск, 2021. С. 137–139.
12. Трубина, И.И., Рыжова, Н.И. Тенденции развития содержания внеурочной деятельности школьников по информатике и математике в условиях информатизации и модернизации российского образования // Преподаватель XXI век. 2016. № 4. Ч. 1. С. 94–108.
13. Семкин, И.Г., Ясницкий, Л.Н. Искусственный интеллект и школьный курс информатики // Информатика и образование. 2010. № 9. С. 48–54.
14. Ясницкий, Л.Н., Черепанов, Ф.М. Искусственный интеллект. Элективный курс: методическое пособие по преподаванию. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. 216 с.

15. Ясницкий, Л.Н. Искусственный интеллект. Элективный курс: учебное пособие. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. 197 с.
16. Ясницкий, Л.Н., Черепанов, Ф.М. Элективный курс «Искусственный интеллект». URL: <https://lbz.ru/gazeta/2012/1/1nomer.pdf> (дата обращения: 22.03.2022).
17. Калинин, И.А., Самылкина, Н.Н. Информатика. Углублённый уровень: учебник для 11 класса. М.: Бином, 2013.
18. В России появился Кодекс этики в сфере искусственного интеллекта. URL: <https://ac.gov.ru/news/page/v-rossii-roavilsa-kodeks-etiki-v-sfere-iskusstvennogo-intellekta-27078> (дата обращения: 22.03.2022).
19. Этику ИИ определит Кодекс. URL: <https://www.comnews.ru/content/217122/2021-10-27/2021-w43/etiku-ii-opredelit-kodeks> (дата обращения: 22.03.2022).
20. Искусственному интеллекту очертили границы. В России появился кодекс этики для «машин». URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5051225> (дата обращения: 22.03.2022).
21. Этика искусственного интеллекта: о чем договорились крупнейшие игроки рынка. URL: <https://www.interfax.ru/russia/799693> (дата обращения: 22.03.2022).

REFERENCES

1. Schwab, K. *Chetvertaya promyshlennaya revolyuciya* [The Fourth Industrial Revolution]. Moscow, EKSMO, 2018, 286 p. (in Russ.)
2. *Chto takoe iskusstvennyj intellekt?* [What is Artificial Intelligence?]. Available at: <https://neuronus.com/stat/1258-chto-takoe-iskusstvennyj-intellekt.htm> (accessed: 22.03.2022). (in Russ.)
3. Ivanovskij, B.G. Ekonomicheskie efekty ot vnedreniya tekhnologij “iskusstvennogo intellekta” [Economic Effects of the Implementation of “Artificial Intelligence” Technologies], *Socialnye novacii i socialnye nauki* = Social Novelties and Social Sciences, 2021, No. 2, pp. 8–25. (in Russ.)
4. *J’son & Partners Consulting: Rynok onlain-obrazovaniya v Rossii i v mire* [J’son & Partners Consulting: Online Education Market in Russia and in the World]. Available at: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-onlayn-obrazovanuya-v-rossii-i-mire-20161206051155 (accessed: 22.03.2022). (in Russ.)
5. Karakozov, S.D., Ryzhova, N.I., Koroleva, N.Yu. Virtualnaya realnost: genezis ponyatiya i tendentsii ispolzovaniya v obrazovanii [Virtual Reality: The Genesis of the Concept and Trends of Use in Education], *Informatika i obrazovanie* = Informatics and Education, 2020, No. 10 (319), pp. 6–16. (in Russ.)
6. Arshinov, V.I. Konvergentnye tekhnologii v kontekste postneklassicheskoy paradigmy slozhnostnosti [Convergent Technologies in the Context of the Post-Nonclassical Complexity Paradigm], *Slozhnost. Razum. Postneklassika* = Complexity. Intelligence. Postnonclassics, 2015, No. 3, pp. 42–54. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konvergentnye-tehnologii-v-kontekste-postneklassicheskoy-paradigmy-slozhnostnosti> (дата обращения: 01.04.2022). (in Russ.)
7. Bossmann, Dzh. *9 glavnyh eticheskikh problem iskusstvennogo intellekta* [Top 9 Ethical Issues in Artificial Intelligence]. Available at: <https://hr-portal.ru/article/9-glavnyh-eticheskikh-problem-iskusstvennogo-intellekta> (accessed: 22.03.2022). (in Russ.)
8. Karakozov, S.D., Ryzhova, N.I., Koroleva, N.Yu., Filimonova, E.V. Podgotovka bakalavrov pedagogicheskogo obrazovaniya k realizacii proektno-issledovatel'skoj deyatel'nosti v usloviyah cifrovizacii shkoly [Teaching of Bachelors of Pedagogical Education to the Implementation of Design and Research Activities in the Conditions of Digitalization of the School], *Vestnik*

- Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Informatizaciya obrazovaniya* = Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Informatization of Education, 2021, vol. 18, No. 2, pp. 115–127. (in Russ.)
9. Ryzhova, N.I., Filimonova, E.V., Koroleva, N.Yu. Sostavlyayushchie informacionno-vychislitelnoj deyatel'nosti kak osnova resheniya cifrovyyh obrazovatelnyh zadach [Components of Information and Computing Activity as a Basis for Solving Digital Educational Problems]. In: *Informatizaciya obrazovaniya i metodika elektronnoho obucheniya* [Informatization of Education and E-Learning Methodology: Digital Technologies in Education: Proceedings of the 5rd International Conference], ed. by M.V. Noskov. Krasnoyarsk, 2021, pp. 290–296. (in Russ.)
 10. Ryzhova, N.I., Koroleva, N.Yu., Filimonova, E.V. Napravleniya podgotovki bakalavrov pedagogicheskogo obrazovaniya osnovam robototekhniki [Directions of Training Bachelors of Pedagogical Education to the Basics of Robotics], *Nauka i shkola* = Science and School, 2019, No. 6, pp. 33–45. (in Russ.)
 11. Filimonova, E.V. Podgotovka budushchih uchitelej informatiki k obucheniyu shkolnikov osnovam iskusstvennogo intellekta [Preparing Future Computer Science Teachers to Teach Students the Basics of Artificial Intelligence]. In: *Cifrovye tekhnologii v obrazovanii, nauke, obshchestve* [Digital Technologies in Education, Science, Society: Proceedings of the 15rd Russian Conference]. Petrozavodsk, 2021, pp. 137–139. (in Russ.)
 12. Trubina, I.I., Ryzhova, N.I. Tendencii razvitiya sodержaniya vneurochnoj deyatel'nosti shkolnikov po informatike i matematike v usloviyah informatizacii i modernizacii rossijskogo obrazovaniya [Tendencies in the Development of the Content of Extracurricular Activities of School Students in Computer Science and Mathematics in the Conditions of Informatization and Modernization of Russian Education], *Prepodavatel XXI vek*. Russian Journal of Education, 2016, No. 4, part 1, pp. 94–108. (in Russ.)
 13. Semakin, I.G., Yasnickij, L.N. Iskusstvennyj intellekt i shkolnyj kurs informatiki [Artificial Intelligence and Computer Science School Course], *Informatika i obrazovanie* = Informatics and Education, 2010, No. 9, pp. 48–54. (in Russ.)
 14. Yasnickij, L.N., Cherepanov, F.M. *Iskusstvennyj intellekt. Elektivnyj kurs: metodicheskoe posobie po prepodavaniju* [Artificial Intelligence. Elective Course: Teaching Guide]. Moscow, Binom, Laboratoriya znaniy, 2012, 216 p. (in Russ.)
 15. Yasnickij, L.N. *Iskusstvennyj intellekt. Elektivnyj kurs: uchebnoe posobie* [Artificial Intelligence. Elective Course: Schoolbook]. Moscow, Binom, Laboratoriya znaniy, 2012, 197 p. (in Russ.)
 16. Yasnickij, L.N., Cherepanov, F.M. *Elektivnyj kurs "Iskusstvennyj intellekt"* [Elective Course "Artificial Intelligence"]. Available at: <https://lbz.ru/gazeta/2012/1/1nomer.pdf> (accessed: 22.03.2022) (in Russ.)
 17. Kalinin, I.A., Samylkina, N.N. *Informatika. Uglublyonnyj uroven: uchebnik dlya 11 klassa* [Computer Science. Advanced Level: Textbook for Grade 11]. Moscow, Binom, 2013. (in Russ.)
 18. *V Rossii poyavilsya Kodeks etiki v sfere iskusstvennogo intellekta* [Russia Now Has Its Artificial Intelligence Code of Ethics]. Available at: <https://ac.gov.ru/news/page/v-rossii-poavilsa-kodeks-etiki-v-sfere-iskusstvennogo-intellekta-27078> (accessed: 22.03.2022). (in Russ.)
 19. *Etiku II opredelit Kodeks* [AI Ethics is Defined by the Code]. Available at: <https://www.comnews.ru/content/217122/2021-10-27/2021-w43/etiku-ii-opredelit-kodeks> (accessed: 22.03.2022). (in Russ.)
 20. *Iskusstvennomu intellektu ochertili granicy. V Rossii poyavilsya kodeks etiki dlya "mashin"* [Artificial Intelligence and Its Scope. Russia Introduces a Code of Ethics for "Machines"]. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/5051225> (accessed: 22.03.2022). (in Russ.)

21. *Etika iskusstvennogo intellekta: o chem dogovorilis krupnejshie igroki rynka* [Artificial Intelligence Ethics: Top Market Players Make an Agreement]. Available at: <https://www.interfax.ru/russia/799693> (accessed: 22.03.2022). (in Russ.)

Рыжова Наталья Ивановна, доктор педагогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Лаборатория математического общего образования и информатики, Институт стратегии развития образования Российской академии образования, nata-rizhova@mail.ru

Natalia I. Ryzhova, ScD in Education, Professor, Leading Researcher, Laboratory of Mathematical General Education and Computer Science, Institute of Educational Development Strategy, Russian Academy of Education, nata-rizhova@mail.ru

Трубина Ирина Исаковна, доктор педагогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Лаборатория управления инновационными проектами и интеллектуальной собственностью, Институт стратегии развития образования Российской академии образования, uvshp@mail.ru

Irina I. Trubina, ScD in Education Professor, Leading Researcher, Laboratory of Innovative Project Management and Intellectual Property, Institute of Educational Development Strategy, Russian Academy of Education, uvshp@mail.ru

Королева Наталья Юрьевна, кандидат педагогических наук, доцент, кафедра математики, физики и информационных технологий, Мурманский арктический государственный университет, koroleva.nu@gmail.com

Natalia Yu. Koroleva, PhD in Education, Associate Professor, Mathematics, Physics and Information Technology Department, Murmansk Arctic State University, koroleva.nu@gmail.com

Филимонова Елена Валерьевна, кандидат педагогических наук, доцент, кафедра теории и методики обучения математике и информационно-коммуникационным технологиям в образовании, Петрозаводский государственный университет, filimonova.ev@gmail.com

Elena V., Filimonova, PhD in Education, Associate Professor, Theory and Methodology of Teaching Mathematics and Information and Communication Technologies in Education Department, Petrozavodsk State University, filimonova.ev@gmail.com

Статья поступила в редакцию 03.03.2022. Принята к публикации 15.04.2022

The paper was submitted 03.03.2022. Accepted for publication 15.04.2022