

Анализ показателей подготовки кадров для сферы искусственного интеллекта по результатам мониторинга вузов

Научная статья

DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-9-24

Рябко Татьяна Васильевна – директор Департамента государственной политики в сфере высшего образования Минобрнауки России, rjabkotv@minobrnauki.gov.ru

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Москва, Россия

Адрес: 125993, г. Москва, ул. Тверская, 11

Гуртов Валерий Алексеевич – д-р физ.-мат. наук, проф., директор Центра бюджетного мониторинга, vgurt@psu.karelia.ru

Степунь Ирина Сергеевна – канд. экон. наук, начальник отдела прогнозирования потребности экономики в кадрах Центра бюджетного мониторинга, stepus@psu.karelia.ru

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

Адрес: 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

***Аннотация.** В настоящее время искусственный интеллект (ИИ) является областью стратегической важности и ключевой технологией для становления новой цифровой экономики России. Важную роль в достижении амбициозных целей в области развития ИИ, закреплённых в правительственных документах, играет подготовка квалифицированных ИИ-специалистов. В статье представлены результаты исследования, в ходе которого на основе опроса более 200 российских университетов впервые сформированы показатели, характеризующие текущие и планируемые объёмы подготовки специалистов с компетенциями в области искусственного интеллекта.*

Согласно результатам исследования, российские университеты оперативно отреагировали на развитие рынка ИИ-технологий и с 2019 г. ведут приём на образовательные программы по профилю «Искусственный интеллект», ежегодно наращивая объёмы подготовки. Более половины всех образовательных программ в сфере ИИ реализуется в рамках групп направлений подготовки/специальностей «09.00.00 Информатика и вычислительная техника» и «01.00.00 Математика и механика». Подготовка ИИ-специалистов в вузах России ведётся в большей степени за счёт бюджетных средств. По количеству студентов, принятых на обучение по образовательным программам в сфере ИИ, лидируют программы бакалавриата.

Проведена оценка планируемого до 2025 г. выпуска специалистов, обучавшихся по образовательным программам высшего образования в сфере ИИ. Проанализирован опыт зарубежных стран по подготовке ИИ-специалистов. Предложены меры по увеличению

объёмов подготовки ИИ-специалистов в вузах России, одной из которых может стать направленность ИТ-программ высшего образования на технологии искусственного интеллекта. Подчёркнута важность ориентации программ подготовки специалистов в области ИИ на прогноз кадровой потребности относительно объёмов и профилей подготовки.

Ключевые слова: искусственный интеллект, подготовка кадров, образовательные программы, цифровая экономика, прогноз потребности в кадрах

Для цитирования: Рябко Т.В., Гуртов В.А., Степуть И.С. Анализ показателей подготовки кадров для сферы искусственного интеллекта по результатам мониторинга вузов // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 7. С. 9–24. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-9-24

Analysis of Artificial Intelligence Training Indicators According to the Results of Russian Universities Monitoring

Original article

DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-9-24

Tatyana V. Ryabko – Head of the State Policy Department in the Higher Education Sphere of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, rjabkotv@minobrnauki.gov.ru
The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Moscow, Russia
Address: 11, Tverskaya str., Moscow, 125993, Russian Federation

Valery A. Gurtov – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Head of the Budget Monitoring Center, vgurt@petsru.ru

Irina S. Stepus – Cand. Sci. (Economics), Head of the Department of Budget Monitoring Center, stepus@psu.karelia.ru
Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia
Address: 33, Lenin prospect, Petrozavodsk, 185910, Russian Federation

Abstract. Artificial intelligence (hereinafter referred to as AI) is currently an area of strategic importance and a key technology ensuring a new digital economy development in Russia. Qualified AI specialist's training plays an important role in achieving ambitious AI-related goals as stated in government documents. The article presents survey results of more than 200 Russian universities, which enabled to create indicators characterizing both current and planned training volumes of AI specialists.

According to the research results, Russian universities have responded quickly to the AI market development. Since 2019, they have been enrolling students at AI learning programs by intensifying training volumes annually. More than half of all AI learning programs are implemented within the «09.00.00 Informatics and Computer Science» and «01.00.00 Mathematics and Mechanics» majors/specialties. AI specialist training in Russian universities is largely carried out at the expense of budgetary funds. The number of students enrolled at the AI learning programs is much higher for the bachelor programs.

The specialists' graduation in AI-related education programs was evaluated until the year 2025. The authors have also analyzed the best foreign practice in AI specialists training and proposed some measures to increase training volumes of AI specialists at Russian universities, for example, re-

orienting higher education programs in the IT field at AI-related technologies. It is important that AI learning programs take into account recruitment needs projection in terms of training volumes and skills profiles.

Keywords: artificial intelligence, specialist training, AI learning programs, digital economy, recruitment needs projection

Cite as: Ryabko, T.V., Gurtov, V.A., Stepus, I.S. (2022). Analysis of Artificial Intelligence Training Indicators According to the Results of Russian Universities Monitoring. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 31, no. 7, pp. 9-24, doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-9-24 (In Russ., abstract in Eng.).

Введение

В современном мире стремительно развивающиеся технологии искусственного интеллекта выходят на передний план международного дискурса и получают всё больше внимания со стороны исследователей и практиков, бизнес-сообщества, политиков и широкой общественности. Для Российской Федерации искусственный интеллект в настоящее время является областью стратегической важности, он замыкает собой технологический пакет нового экономического уклада и является ключевой технологией для становления новой цифровой экономики страны [1].

Более 30 стран мира разработали и утвердили правительственные и межправительственные стратегии и инициативы, направленные на развитие искусственного интеллекта (ИИ). Не стала исключением и Россия, в 2019 г. утвердившая национальную стратегию развития искусственного интеллекта на период до 2030 г.¹ С 2020 г. в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» реализуется федеральный проект «Искусственный интеллект»².

¹ «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года», утверждена Указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» // Гарант.ру: Информационно-правовой портал. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72738946/> (дата обращения: 09.06.2022).

² Паспорт федерального проекта «Искусственный интеллект» национальной программы

В соответствии со стратегическими документами целями развития искусственного интеллекта в Российской Федерации являются: обеспечение роста благосостояния и качества жизни россиян, нацбезопасности и правопорядка; достижение устойчивой конкурентоспособности российской экономики, в том числе лидирующих позиций в мире в области искусственного интеллекта. Для реализации поставленных целей и ускоренного внедрения технологических решений на основе ИИ в различные отрасли экономики и сферы общественных отношений важнейшей задачей является обеспечение российского рынка технологий искусственного интеллекта квалифицированными кадрами, спрос на которых за последние несколько лет вырос в геометрической прогрессии³.

Российская Федерация имеет ряд преимуществ, связанных с российской системой образования, которые позволяют говорить о высоком потенциале роста в области ИИ. К таким преимуществам можно отнести исторически сильные физико-математические и

«Цифровая экономика Российской Федерации» (приложение N 3 к протоколу президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 27.08.2020 N 17). URL: https://ac.gov.ru/uploads/_Projects/AI_otbor/Passport.pdf (дата обращения: 09.06.2022).

³ Борьба за ИИ-кадры: сложности поиска специалистов в России // ICT. Moscow. 2021. 26 ноября. URL: <https://ict.moscow/news/ai-talents/> (дата обращения: 09.06.2022).

программистские школы, фундаментальное базовое образование в средней школе, существование уникальной системы поиска и отбора одарённых детей через математические школы, кружки, олимпиады [2]. В 2020 г. российские студенты портала онлайн-образования *Coursera* оказались на первом месте по уровню компетенций по всем разделам технологий, связанным с ИИ. Сегодня это реальные преимущества, т.к. центры создания стоимости перемещаются от производства в разработку и дизайн, и основной производительной силой становится интеллект разработчиков⁴. Особая роль в этих процессах принадлежит российским университетам, которые ведут образовательную деятельность по подготовке высококвалифицированных кадров в области технологий ИИ [3]. Именно кадры и образование становятся ключевыми факторами развития цифровой экономики [4].

На федеральном уровне проблеме подготовки кадров для новой цифровой экономики, в том числе для сферы искусственного интеллекта, уделяется особое внимание. В соответствии с Поручением Президента Пр-2242 от 31 декабря 2020 г. по итогам конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта»⁵ должна быть обеспечена актуализация образовательных программ высшего образования по специальностям и направлениям подготовки, связанным с разработкой и развитием технологий искусственного интеллекта, а также требуется увеличение контрольных цифр приёма на обучение за счёт бюджетных ассигнований федерального бюджета по специальностям

и направлениям подготовки, связанным с разработкой и развитием технологий искусственного интеллекта. В 2021 г. состоялся конкурсный отбор вузов на предоставление грантов в форме субсидий из федерального бюджета организациям на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю «Искусственный интеллект»⁶.

За последние пять лет в ведущих научных изданиях (журналы первого квартала Q1 и труды конференции уровня A/A*), индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science, по тематике ИИ было опубликовано около 2,5 тыс. статей. Большая часть из них была посвящена компьютерному зрению (15,5%), биометрическому распознаванию (15,9%), интеллектуальной сенсорике (10,2%) и онтологии знаний (15,4%) [5–7]. Публикации, касающиеся подготовки специалистов с компетенциями в сфере ИИ в системе профессионального образования, в анализируемых журналах отсутствовали.

Ряд научных публикаций посвящён подготовке кадров для цифровой экономики в целом, без выделения сферы ИИ. Интерес к таким исследованиям значительно возрос в связи с реализацией федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [8; 9]. Так, в работе Ю.В. Фролова, Т.М. Босенко [10] анализируются статистические данные о подготовке специалистов, обладающих необходимыми

⁴ Альманах «Искусственный интеллект»: аналитический сборник. Выпуск №8. Индекс 2020 года. URL: <https://aireport.ru/> (дата обращения: 09.06.2022).

⁵ Перечень поручений по итогам конференции по искусственному интеллекту Пр-2242 от 31 декабря 2020 г. // Президент России. 2020. 31 декабря. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/64859> (дата обращения: 09.06.2022).

⁶ Объявление о проведении в 2021 году конкурса на предоставление грантов в форме субсидий из федерального бюджета организациям на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю «искусственный интеллект», а также на повышение квалификации педагогических работников образовательных организаций высшего образования в сфере искусственного интеллекта // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. 2021. 11 июня. URL: https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=35315 (дата обращения: 09.06.2022).

компетенциями для работы в условиях цифровизации экономики, и предлагаются индексы, описывающие процессы кадрового обеспечения цифровой трансформации экономики в России. Основные вызовы цифровой экономики в сфере подготовки кадров, связанные с определением ключевых компетенций цифровой экономики, преодолением разрыва между системой образования и рынком труда, рассматриваются в исследовании А.А. Гибадуллина и А.В. Карагодина [11]. Мониторинг подготовки кадров для цифровой экономики также ведётся в ежегодных статистических сборниках НИУ ВШЭ, посвящённых основным аспектам развития цифровой экономики в России [12].

Что касается области искусственного интеллекта, то, по мнению ряда экспертов, в настоящее время в России выпускается крайне мало специалистов с компетенциями в сфере ИИ, а их профессиональная подготовка осуществляется только в шести ведущих российских университетах⁷. В то же время объективная оценка данного сегмента подготовки ИИ-специалистов затруднена по причине того, что в общероссийском классификаторе специальностей по образованию отсутствуют специальности/направления подготовки, напрямую относящиеся к искусственному интеллекту, что ведёт к невозможности сбора официальной статистики по объёмам подготовки ИИ-специалистов.

В связи с изложенным цель данной статьи заключается в формировании и введении в научный оборот информации об объёмах и профилях подготовки высококвалифицированных специалистов для области искусственного интеллекта в университетах России, в анализе и интерпретации этой информации, а также в выявлении потенциала роста подготовки ИИ-специалистов на среднесрочном горизонте планирования. Вопросы содержательного наполнения образова-

тельных программ в сфере ИИ, соответствия полученных выпускниками компетенций требованиям рынка технологий ИИ, трудоустройства и востребованности выпускников с компетенциями в сфере ИИ в данной статье не затрагиваются и будут представлены авторами в последующих публикациях.

Методология

Для подготовки специалистов в области ИИ вузы самостоятельно разрабатывают конкретные образовательные программы (профили подготовки), которые реализуются в рамках специальностей/направлений подготовки, определённых общероссийским классификатором. Поскольку формой официальной статистической отчётности № ВПО-1 сбор сведений от вузов ведётся только по направлениям подготовки/специальностям, а не по конкретным образовательным программам, то единственным источником получения информации о подготовке специалистов в области искусственного интеллекта является прямое обращение в вузы по данному вопросу.

С этой целью в рамках реализации федерального проекта «Искусственный интеллект» был проведён опрос вузов, в ходе которого запрашивались сведения о реализуемых и планируемых к реализации образовательных программах высшего образования в сфере ИИ с указанием численности приёма студентов на обучение по этим программам в 2019–2023 гг.

Принадлежность образовательных программ к сфере ИИ устанавливалась вузами самостоятельно по их собственной самооценке. Также для отнесения образовательной программы к сфере ИИ вузам было рекомендовано руководствоваться моделью компетенций в сфере искусственного интеллекта, разработанной Российским экономическим университетом им. Г.В. Плеханова. В соответствии с данной моделью образовательная программа относится к ИИ, если получение профессиональных компетенций в области ИИ реализуется как минимум в

⁷ Альманах «Искусственный интеллект»: аналитический сборник. Выпуск № 1. Обзор рынка ИИ России и мира. URL: <https://aireport.ru/> (дата обращения: 09.06.2022)

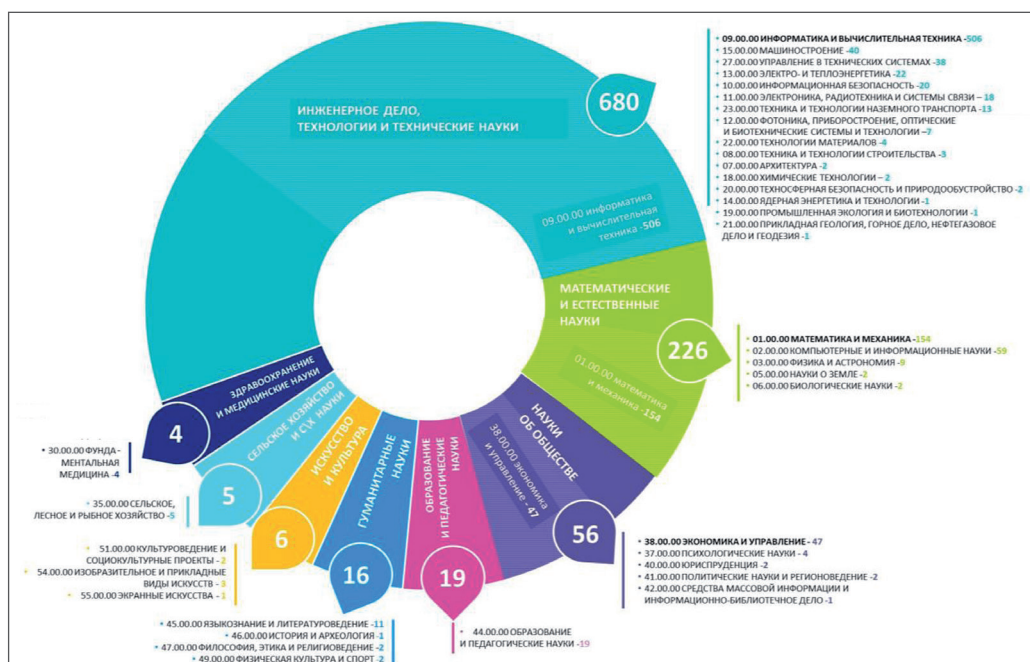


Рис. 1. Распределение количества реализуемых и планируемых к реализации образовательных программ в сфере искусственного интеллекта по областям образования и укрупнённым группам направлений подготовки/специальностей

Fig. 1. Distribution of implemented and planned AI learning programs by education areas and enlarged groups of majors

Источник: составлено авторами по результатам опроса вузов

Source: compiled by the authors according to the survey results

пяти–шести дисциплинах бакалавриата (более 20 зачётных единиц) или в четырёх–пяти дисциплинах магистратуры (более 24 зачётных единиц).

В ответ на запрос Минобрнауки 208 российских вузов сообщили о наличии образовательных программ в сфере искусственного интеллекта и предоставили запрашиваемые сведения о численности приёма студентов на обучение по этим программам. В число организаций высшего образования, предоставивших запрашиваемые сведения, входят университеты, которые уже проявили себя в сфере ИИ, а именно:

- пять университетов из числа победителей конкурса по созданию исследовательских центров по искусственному интеллекту;
- 15 университетов из числа 15 победителей грантового конкурса Минобрнауки Рос-

сии на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю «Искусственный интеллект»;

- 87 вузов-партнёров – победителей грантового конкурса Минобрнауки России на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю «Искусственный интеллект».

Далее будет представлен качественный и количественный анализ показателей подготовки кадров для сферы ИИ на основе результатов опроса российских университетов.

Результаты

В ходе опроса вузов получены сведения о 1012 образовательных программах в сфере искусственного интеллекта, реализуемых/планируемых к реализации вузами в период с 2019 по 2023 гг., из них – 388 программ

Таблица 1

Направления подготовки/специальности с максимальным количеством образовательных программ в сфере искусственного интеллекта

Table 1

Majors with the maximum number of AI learning programs

| Код и наименование направления подготовки | Количество заявленных вузами образовательных программ в сфере ИИ | Примеры наименований образовательных программ |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 09.04.01 Информатика и вычислительная техника (магистратура) | 118 | Анализ данных и интеллектуальные технологии Инженерия искусственного интеллекта Прикладной искусственный интеллект Интеллектуальный анализ больших данных в системах поддержки принятия решений Интеллектуальные системы Прикладной искусственный интеллект Безопасность и этика искусственного интеллекта |
| 01.04.02 Прикладная математика и информатика (магистратура) | 87 | Интеллектуальный анализ больших данных Математическая робототехника и искусственный интеллект Математическое моделирование и интеллектуальный анализ данных Машинное обучение и анализ данных Математическое моделирование и цифровые двойники |
| 09.04.03 Прикладная информатика (магистратура) | 64 | Искусственный интеллект в цифровой экономике Искусственный интеллект и бизнес-аналитика Машинное обучение и технологии больших данных Умный город и урбанистика Информационно-аналитическое обеспечение принятия решений |
| 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (бакалавриат) | 64 | Вычислительные машины, комплексы, системы и сети Интеллектуальные системы обработки информации Информационные технологии и искусственный интеллект Искусственный интеллект, робототехника и сенсорика Технологии искусственного интеллекта |
| 09.03.02 Информационные системы и технологии (бакалавриат) | 62 | Интеллектуальные информационные системы и технологии Интеллектуальные информационные системы и технологии Искусственный интеллект и программирование Системы и технологии искусственного интеллекта Системы искусственного интеллекта |

Источник: составлено авторами по результатам опроса вузов

Source: compiled by the authors according to the survey results

бакалавриата, 23 программы специалитета, 601 программа магистратуры. Эти образовательные программы распределены по 36 укрупнённым группам направлений подготовки/специальностей (УГСН), которые охватывают все области высшего образования в России.

На рисунке 1 представлено распределение количества реализуемых и планируемых

к реализации образовательных программ в сфере ИИ по восьми областям, с выделением ключевых УГСН в каждой области образования. Более половины (680) всех заявленных вузами образовательных программ в сфере ИИ относятся к области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки», при этом 506 образовательных программ в этой области приходится на УГСН

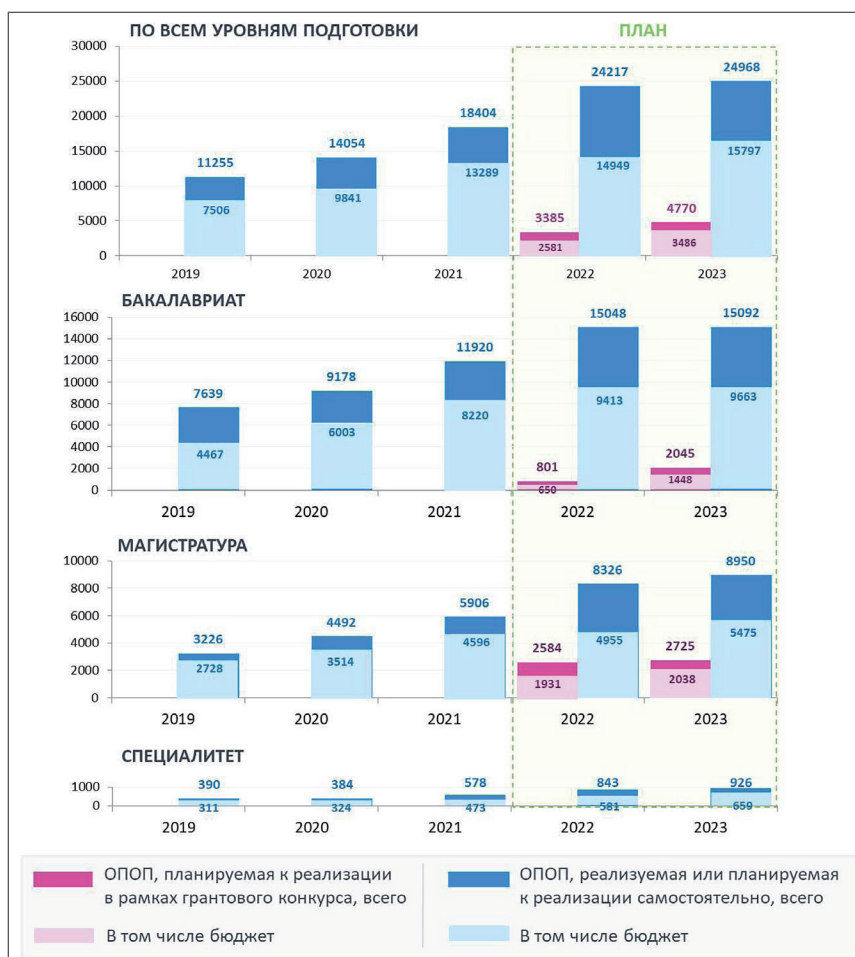


Рис. 2. Приём студентов на обучение по образовательным программам в сфере ИИ в разрезе уровней подготовки и статуса программы (планируемая к реализации в рамках грантового конкурса / реализуемая или планируемая к реализации самостоятельно)

Fig. 2. Student enrollment to AI learning programs in the context of the training levels and the program status (planned for implementation within the framework of a grant competition / implemented or planned for implementation independently)

Источник: составлено авторами по результатам опроса вузов
Source: compiled by the authors according to the survey results

«09.00.00 Информатика и вычислительная техника». Около 22% (226) всех образовательных программ в сфере ИИ приходится на область образования «Математические и естественные науки», в которой приоритетной УГСН является «01.00.00 Математика и механика». Ещё около 6% заявленных вузами образовательных программ приходится на область образования «Науки об обще-

стве», где преваляет УГСН «38.00.00 Экономика и управление».

Следующим уровнем иерархии является принадлежность образовательных программ в сфере ИИ к конкретному направлению подготовки/специальности (далее – НПС). В соответствии с представленным выше распределением максимальное число образовательных программ в сфере ИИ при-

ходится на направления подготовки, указанные в *таблице 1*. В качестве примера для этих направлений подготовки приводятся наименования заявленных вузами образовательных программ в сфере ИИ.

На перечисленные в таблице 1 пять направлений подготовки приходится 395 реализуемых/планируемых к реализации образовательных программ в сфере ИИ, что составляет 40% от общего количества образовательных программ в сфере ИИ. Остальные 617 образовательных программ распределяются по 114 различным направлениям подготовки/специальностям. Анализ частоты появлений отдельных слов и словосочетаний в наименованиях образовательных программ показал, что наиболее часто встречающимися ключевыми словами в наименованиях образовательных программ стали: «искусственный интеллект», «интеллектуальные системы», «анализ данных», «машинное обучение», «интеллектуальный анализ», «большие данные», «информационные системы», что напрямую подтверждает принадлежность заявленных вузами образовательных программ к сфере искусственного интеллекта.

На *рисунке 2* представлены показатели приёма студентов на обучение по образовательным программам в сфере ИИ за 2019–2023 гг. в разрезе уровней подготовки и статуса программы (планируемая к реализации в рамках грантового конкурса/ реализуемая или планируемая к реализации самостоятельно).

В соответствии с данными рисунка 2 можно выделить следующие характерные особенности подготовки кадров для сферы ИИ в вузах России.

- Российские университеты отреагировали на возникший спрос на ИИ-специалистов и с 2019 г. самостоятельно разрабатывают и реализуют образовательные программы по данному профилю, ежегодно наращивая объёмы подготовки. С 2022 г. приём студентов на обучение будет проходить также в рамках образовательных программ по про-

филю «Искусственный интеллект», разработанных вузами в рамках грантового конкурса. В результате этого общий планируемый приём по всем уровням подготовки в 2023 г. составит 29,7 тыс. чел., что на 11,3 тыс. чел. больше последнего состоявшегося приёма в 2021 г.

- Доля приёма студентов на обучение по образовательным программам в сфере ИИ в вузах-победителях грантового конкурса и их вузах-партнёрах не превышает 16% от общего приёма по программам ИИ. Роль самостоятельной разработки и реализации вузами образовательных программ в сфере ИИ остаётся достаточно весомой.

- Несмотря на то, что большее количество образовательных программ в сфере ИИ реализуется в сфере магистратуры, в численности приёма студентов на обучение по образовательным программам в сфере ИИ доминируют программы бакалавриата. Это обусловлено тем, что набор на обучение на программы бакалавриата в разы превышает набор на программы магистратуры. В 2021 г. на долю программ бакалавриата пришлось 65% от общего приёма по образовательным программам в сфере ИИ. Для программ магистратуры этот показатель в 2021 г. составил 32%, на долю программ специалитета пришлось лишь 3% общего приёма по образовательным программам в сфере ИИ.

- Подготовка ИИ-специалистов в вузах России ведётся в большей степени за счёт бюджетных средств. Планируется, что доля бюджетного приёма на образовательные программы в сфере ИИ в 2023 г. составит 65%.

Детализация фактического (2021 г.) и планируемого (2023 г.) приёма студентов на обучение по образовательным программам в сфере ИИ в разрезе уровней подготовки и УГСН приведена в *таблице 2*. Для каждого уровня подготовки можно выделить УГСН с наибольшими показателями приёма студентов на обучение в 2021 и 2023 гг.: для бакалавриата и магистратуры – «09.00.00 Информатика и вычислительная техника»

Таблица 2

Показатели приёма студентов по укрупнённым группам направлений подготовки/специальностей, в рамках которых реализуются образовательные программы в сфере ИИ

Table 2

Indicators of student enrollment by enlarged groups of majors within which AI learning programs are implemented

| Код и наименование УГСН, по которым реализуется образовательная программа в сфере ИИ | Приём студентов на обучение по образовательной программе в сфере ИИ, чел. | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|
| | Факт | | План | |
| | 2021 | | 2023 | |
| | Всего | Бюджет | Всего | Бюджет |
| БАКАЛАВРИАТ | | | | |
| 09.00.00 Информатика и вычислительная техника | 7288 | 4792 | 10683 | 6486 |
| 01.00.00 Математика и механика | 2135 | 1557 | 2573 | 1983 |
| 02.00.00 Компьютерные и информационные науки | 676 | 591 | 863 | 684 |
| 15.00.00 Машиностроение | 434 | 342 | 601 | 475 |
| 38.00.00 Экономика и управление | 239 | 87 | 425 | 162 |
| 10.00.00 Информационная безопасность | 257 | 109 | 360 | 160 |
| 27.00.00 Управление в технических системах | 169 | 112 | 388 | 235 |
| 03.00.00 Физика и астрономия | 205 | 185 | 175 | 150 |
| 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи | 100 | 100 | 205 | 197 |
| 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика | 45 | 34 | 236 | 176 |
| Другие УГСН (8) | 372 | 311 | 628 | 403 |
| Всего | 11920 | 8220 | 17137 | 11111 |
| МАГИСТРАТУРА | | | | |
| 09.00.00 Информатика и вычислительная техника | 2575 | 2168 | 5504 | 3687 |
| 01.00.00 Математика и механика | 1564 | 1004 | 1981 | 1220 |
| 02.00.00 Компьютерные и информационные науки | 485 | 375 | 714 | 519 |
| 15.00.00 Машиностроение | 285 | 250 | 506 | 383 |
| 38.00.00 Экономика и управление | 135 | 67 | 590 | 186 |
| 27.00.00 Управление в технических системах | 111 | 94 | 497 | 222 |
| 03.00.00 Физика и астрономия | 229 | 211 | 268 | 245 |
| 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика | 130 | 119 | 348 | 180 |
| 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи | 38 | 38 | 175 | 158 |
| 44.00.00 Образование и педагогические науки | 29 | 29 | 183 | 131 |
| Другие УГСН (22) | 325 | 241 | 909 | 582 |
| Всего | 5906 | 4596 | 11675 | 7513 |
| СПЕЦИАЛИТЕТ | | | | |
| 10.00.00 Информационная безопасность | 253 | 209 | 336 | 251 |
| 38.00.00 Экономика и управление | 44 | 0 | 135 | 15 |
| 30.00.00 Фундаментальная медицина | 63 | 46 | 113 | 76 |
| 14.00.00 Ядерная энергетика и технологии | 56 | 56 | 76 | 66 |
| 01.00.00 Математика и механика | 38 | 38 | 80 | 80 |
| Другие УГСН (7) | 124 | 124 | 186 | 171 |
| Всего | 578 | 473 | 926 | 659 |
| Общий итог | 18404 | 13289 | 29738 | 19283 |

Источник: составлено авторами по результатам опроса вузов

Source: compiled by the authors according to the survey results

Таблица 3

Прогнозный выпуск специалистов с компетенциями в сфере искусственного интеллекта по итогам реализации вузами образовательных программ в сфере ИИ

Table 3

Predicted specialists graduation with competencies in the AI field based on the results of the AI learning programs implementation by universities

| Уровни образования | 2022 г. | | 2023 г. | | 2024 г. | | 2025 г. | |
|--------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | Всего | Бюджет | Всего | Бюджет | Всего | Бюджет | Всего | Бюджет |
| Бакалавриат | | | 5592 | 3227 | 6716 | 4362 | 8815 | 6002 |
| Магистратура | 3186 | 2499 | 4184 | 3265 | 7707 | 4875 | 8256 | 5322 |
| Специалитет | | | | | 275 | 221 | 273 | 231 |
| Общий итог | 3186 | 2499 | 9776 | 6492 | 14698 | 9458 | 17344 | 11555 |

Источник: составлено авторами по результатам расчёта

Source: compiled by the authors according to the survey results

и «01.00.00 Математика и механика», для специалитета – «10.00.00 Информационная безопасность».

Обсуждение

Российские университеты оперативно отреагировали на развитие рынка ИИ-технологий, повлекшее за собой увеличение спроса на ИИ-специалистов, и с 2019 г. разрабатывают и реализуют образовательные программы по профилю «Искусственный интеллект», ежегодно наращивая объёмы подготовки.

Полученные в рамках опроса вузов количественные показатели приёма студентов на обучение по образовательным программам в сфере ИИ дают возможность оценить ожидаемый выпуск ИИ-специалистов на период до 2025 г. При расчёте выпуска учитывался период между приёмом и выпуском: четырёхлетний – для бакалавров, пятилетний – для специалистов, двухлетний – для магистров, а также значение коэффициента отсева в процессе обучения [13]. Величина коэффициента отсева рассчитывалась для каждого направления подготовки/специальности на пятилетнем ретроспективном периоде, была различной для каждой НПС и в среднем составляла 0,29. Рассчитанный по показателям приёма ожидаемый выпуск студентов с компетенциями в ИИ приведён в *таблице 3*.

К 2025 г. планируемый в 2022 г. выпуск специалистов, обучавшихся по образовательным программам высшего образования в сфере ИИ, составит 17,3 тыс. чел., в том числе 11,5 тыс. чел. – выпуск обучающихся за счёт бюджетных средств. Очевидно, что для реализации провозглашённых государством приоритетов развития сферы ИИ в России таких объёмов подготовки ИИ-специалистов недостаточно.

В соответствии с целевыми показателями федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» планируется ежегодное увеличение бюджетного приёма по программам высшего образования в сфере информационных технологий и математических специальностей, который в 2024 г. составит 120 тыс. чел., что в два раза больше аналогичного показателя в 2020 г. (60 тыс. чел.). С учётом планируемых показателей приёма выпуск таких ИКТ-специалистов в 2028 г. может быть оценён на уровне 85,2 тыс. чел. По мнению авторов, это служит хорошим заделом для наращивания объёмов подготовки ИИ-специалистов, поскольку выпускники ИКТ обладают компетенциями, достаточными для начальной работы в области ИИ, и образовательные программы в сфере информационных технологий могут быть ориентированы на подготовку кадров в сфере искусственного интеллекта.

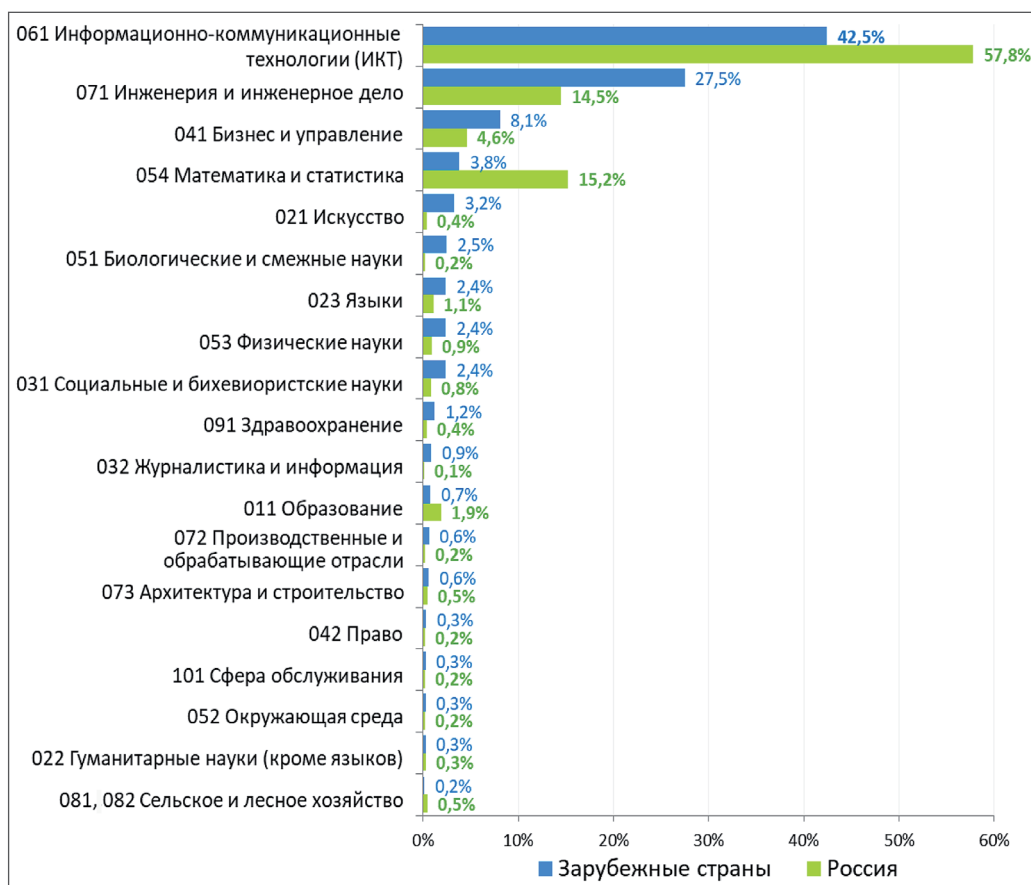


Рис. 3. Сопоставление структуры образовательных программ в сфере ИИ, реализуемых в зарубежных странах и реализуемых/планируемых к реализации в России по узким областям образования МСКО

Fig. 3. Comparison of the AI learning programs structure implemented in foreign countries and implemented/planned for implementation in Russia by ISCED narrow areas

Источник: составлено авторами по результатам опроса вузов и данным международного отчёта
Source: compiled by the authors according to the survey results and data of international report

Если обратиться к опыту зарубежных стран, то доля бакалавров и магистров, обучающихся в странах Европейского союза по программам ИИ в области ИКТ, по отношению ко всем бакалаврам и магистрам, обучающимся в области ИКТ, составляет 28% [14]. Следовательно, при использовании аналогичного соотношения потенциальный выпуск обучающихся с компетенциями в сфере ИИ в 2028 г. (при приёме в 2024 г. на ИКТ-направления подготовки/специальности 120 тыс. чел.) в России может составить 23,9 тыс. чел.

Для того чтобы реализовать национальные стратегические задачи в сфере ИИ и стать одним из международных лидеров в развитии ИИ, важно не только увеличивать объёмы подготовки ИИ-специалистов, но и ориентировать образовательные программы вузов на актуальные запросы рынка технологических решений в сфере ИИ, а также отраслей экономики и социальной сферы, где эти решения применяются. На рисунке 3 представлен сравнительный анализ структуры образовательных программ в сфере ИИ в России и в зарубежных странах (странах

Европейского союза, Великобритании, Норвегии, Швейцарии, Канаде, США, Австралии), являющихся в настоящее время лидерами в области ИИ. Структура образовательных программ приводится в международно-стандартной классификации образования по узким областям образования.

В России, как и в зарубежных странах, большая часть всех образовательных программ в сфере ИИ (57,8%) приходится на область образования «Информационные и коммуникационные технологии». Далее наблюдаются различия структур образовательных программ в сфере ИИ по областям образования МСКО. Для зарубежных стран более высокая доля программ в сфере ИИ приходится на области образования «Инженерия и инженерное дело», «Бизнес и управление», «Биологические науки», «Языки», «Социальные науки», а в России – на область образования «Математика и статистика». Это позволяет сделать вывод о том, что в зарубежных странах больше готовят кадры с компетенциями в сфере ИИ по отдельным отраслям экономики, а в России эта подготовка преимущественно сосредоточена в сфере информационно-коммуникационных технологий и математики.

Заключение

В ходе проведённого исследования впервые сформированы показатели, характеризующие текущие и планируемые объёмы подготовки специалистов в области искусственного интеллекта в разрезе образовательных программ высшего образования. Установлено, что в настоящее время необходимо предпринять дальнейшие меры по увеличению объёмов подготовки ИИ-специалистов в вузах России. Одной из мер в этом направлении может стать ориентация программ высшего образования в сфере информационных технологий на технологии искусственного интеллекта. В то же время необходимо отметить, что значительный рост числа выпускников в области информационных технологий, предусмотренный

национальным проектом «Цифровая экономика», требует соответствующей вовлечённости работодателей как основных потребителей образовательных услуг в процесс подготовки кадров для новой цифровой экономики. Необходимо активное участие бизнеса в предоставлении тематик для выпускных квалификационных работ, баз производственных практик и стажировочных площадок, мест трудоустройства, а также в корректировке образовательных программ с учётом ускоренной трансформации технологических и бизнес-процессов.

В настоящее время мониторинг подготовки кадров для сферы искусственного интеллекта в образовательных организациях высшего образования осложняется ввиду отсутствия официальных статистических данных в разрезе конкретных образовательных программ. С 1 сентября 2024 г. вступает в действие новый перечень специальностей и направлений подготовки высшего образования, в котором есть конкретные направления подготовки, связанные с искусственным интеллектом, – «33.07 Системы искусственного интеллекта» и «33.08 Интеллектуальные системы специального назначения»⁸. Это даст возможность осуществлять сбор статистики по количеству специалистов в области ИИ в рамках традиционных форм статистической отчётности ВПО-1.

Не вызывает сомнения, что успешность достижения амбициозных целей в области развития ИИ будет в значительной степени определяться тем, в какой мере Правительству России удастся мобилизовать и исполь-

⁸ Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 01.02.2022 № 89 «Об утверждении перечня специальностей и направлений подготовки высшего образования по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, программам ординатуры и программам ассистентуры-стажировки». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202203030033> (дата обращения: 09.06.2022).

зывать интеллектуальный потенциал нации [15], и прежде всего – адаптировать систему образования для подготовки квалифицированных кадров в области ИИ. По мнению авторов, целевым ориентиром для определения объёмов и профилей подготовки специалистов в области ИИ должен стать научно обоснованный прогноз потребности в кадрах [16; 17] с компетенциями в сфере ИИ на среднесрочную и долгосрочную перспективу, учитывающий как макроэкономические показатели российского рынка решений в сфере искусственного интеллекта, так и внутреннюю структуру технологий ИИ с выделением узкоспециализированных направлений развития (фронтиров) искусственного интеллекта.

Представленный в статье материал, характеризующий текущие и планируемые объёмы подготовки ИИ-специалистов в российских вузах, будет полезен вузовским работникам и разработчикам основных образовательных программ высшего образования в сфере ИИ, представителям компаний-работодателей, в которых трудятся специалисты в сфере ИИ, а также экспертам и учёным, проводящим аналитические исследования в данной предметной области.

Литература

1. *Окретилов В.В., Иванова Г.Н., Чудиновских И.В.* Цифровая экономика: проблемы и перспективы // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2017. № 3-4 (56-57). С. 5–28. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35128468> (дата обращения: 09.06.2022).
2. *Гайнанов Д.А., Климентьева А.Ю.* Приоритеты кадрового обеспечения цифровой экономики // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 12. С. 1963–1976. DOI: 10.18334/ce.12.12.39679
3. *Ендовицкий Д.А., Гайдар К.М.* Университетская наука и образование в контексте искусственного интеллекта // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 6. С. 121–131. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-6-121-131
4. *Стрижов С.А., Богатырева Т.Г.* Кадры и образование как ключевые факторы развития цифровой экономики // Развитие цифровой экономики в России как ключевой фактор экономического роста и повышения качества жизни населения / Андреева Г.Н., Бадальянц С.В., Богатырева Т.Г. и др. Н. Новгород: Профессиональная наука, 2018. 131 с. С. 50–80. ISBN: 978-1-370-96063-7
5. *Vasiliev A., Yasyukevich Yu., Garasbchenko A., Edemskiy I., Vesnin A., Sidorov D.* Computer vision for GNSS-based detection of the auroral oval boundary // International Journal of Artificial Intelligence. 2021. Vol. 19. No. 2. URL: <http://www.ceser.in/ceserp/index.php/ijai/article/view/6779> (дата обращения: 09.06.2022).
6. *Frolov A., Bobrov P., Biryukova E., Isaev M., Kerechanin Y., Bobrov D., Legin A.* Using Multiple Decomposition Methods and Cluster Analysis to Find and Categorize Typical Patterns of EEG Activity in Motor Imagery Brain-Computer Interface Experiments // Frontiers in Robotics and AI. 2020. Vol. 7. Article no. 88. DOI: 10.3389/frobt.2020.00088
7. *Samsonovich A.* Socially emotional brain-inspired cognitive architecture framework for artificial intelligence // Cognitive Systems Research. 2020. Vol. 60. P. 57–76. DOI: 10.1016/j.cogsys.2019.12.002
8. *Замятин А.В., Чучалин А.И.* Развитие кадрового потенциала российских вузов в области математики, информатики и цифровых технологий // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 11. С. 9–20. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-5-9-20
9. *Кузнецов Н.В., Лизяева В.В., Прохорова Т.А., Лесных Ю.Г.* Подготовка кадров для реализации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 1. С. 25–25. DOI: 10.17513/spno.29520
10. *Фролов Ю.В., Босенко Т.М.* Исследования статистических данных подготовки кадров для цифровой экономики в Российской Федерации // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 11. С. 29–41. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-11-29-41
11. *Гибадуллин А.А., Карагодин А.В.* Вызовы цифровой экономики в сфере подготовки кадров // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. 2019. № 2 (22). С. 33–42. URL: https://www.sstu.ru/upload/medialibrary/60c/Aktualnye-problemy-ekonomiki-i-menedzhmenta-02-22_2019.pdf (дата обращения: 09.06.2022).

12. Индикаторы цифровой экономики: 2020: статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, А.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2020. 360 с. ISBN 978-5-7598-2194-6
13. *Питухин Е.А., Семёнов А.А.* Прогнозирование приёмов, выпусков и численности студентов образовательных учреждений профессионального образования // Проблемы прогнозирования. 2012. № 2. С. 74–88. URL: <https://ecfor.ru/publication/prognozirovanie-studentov-uchrezhdenij-professionalnogo-obrazovaniya/> (дата обращения: 09.06.2022).
14. *Riccardo R., Montserrat L.C., Georgios A., Sofia S., Melisande C., Miguel V.B., Wojciech Z.L., Giuditta D.P.* Academic Offer of Advanced Digital Skills in 2019-20. International Comparison. Focus on Artificial Intelligence, High Performance Computing, Cybersecurity and Data Science. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020. 76 p. DOI: 10.2760/225355
15. *Коллин К.К.* Новый этап развития искусственного интеллекта: национальные стратегии, тенденции и прогнозы // Стратегические приоритеты. 2019. № 2(22). С. 4–12. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41414268> (дата обращения: 09.06.2022).
16. *Гуртов В.А., Серова Л.М., Стенуль И.С.* Прогнозирование потребности высокотехнологических секторов экономики в кадрах с высшим профессиональным образованием. Сер.: Экономика высшей школы: Аналитические обзоры по основным направлениям развития высшего образования. М.: ФИРО, 2010. Вып. 8. 80 с. URL: <http://openbudgetrf.ru/doc/75/> (дата обращения: 09.06.2022).
17. *Гуртов В.А., Серова Л.М.* Планирование приёма на подготовку бакалавров, специалистов и магистров // Высшее образование в России. 2009. № 9. С. 8–17. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12876274> (дата обращения: 09.06.2022).

Статья поступила в редакцию 29.03.22

После доработки 01.06.22

Принята к публикации 09.06.22

References

1. Okrepilov, V.V., Ivanova, G.N., Chudinovskikh, I.V. (2017). Digital Economy: Challenges and Prospects. *Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya = North-West Economics: Problems and Development Prospects*. No. 3-4 (56-57), pp. 5-28. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35128468> (accessed 09.06.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
2. Gainanov, D.A., Kliment'eva, A.Yu. (2018). The Priorities of Staffing the Digital Economy. *Kreativnaya ekonomika = Journal of Creative Economy*. Vol. 12, no. 12, pp. 5-28, doi: 10.18334/ce.12.12.39679 (In Russ., abstract in Eng.).
3. Endovitskiy, D.A., Gaidar, K.M. (2021). University Science and Education in the Context of Artificial Intelligence. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 30, no. 6, pp. 121-131, doi: 10.31992/0869-3617-2021-30-6-121-131 (In Russ., abstract in Eng.).
4. Strizhov, S.A., Bogatyreva, T.G. (2018). [Personnel and Education as Key Factors in the Digital Economy Development]. In: Andreeva, G.N., Badal'yants, S.V., Bogatyreva, T.G., et al. *Razvitie tsifrovoy ekonomiki v Rossii kak klyuchевой faktor ekonomicheskogo rosta i povysheniya kachestva zhizni naseleniya* [The Digital Economy Development in Russia as a Key Factor in Economic Growth and Improving the Population Life Quality]. Nizhnii Novgorod: Professional Science Publ., pp. 50-80. ISBN: 978-1-370-96063-7 (In Russ.).
5. Vasiliev, A., Yasyukevich, Yu., Garashchenko, A., Edemskiy, I., Vesnin, A., Sidorov, D. (2021). Computer Vision for GNSS-Based Detection of the Auroral Oval Boundary. *International Journal of Artificial Intelligence*. Vol. 19, no. 2. Available at: <http://www.ceser.in/ceserp/index.php/ijai/article/view/6779> (accessed 09.06.2022).
6. Frolov, A., Bobrov, P., Biryukova, E., Isaev, M., Kerechanin, Y., Bobrov, D., Legin, A. (2020). Using Multiple Decomposition Methods and Cluster Analysis to Find and Categorize Typical Patterns of EEG Activity in Motor Imagery Brain-Computer Interface Experiments. *Frontiers in Robotics and AI*. 2020. Vol. 7, article no. 88, doi: 10.3389/frobt.2020.00088

7. Samsonovich, A. (2020). Socially Emotional Brain-Inspired Cognitive Architecture Framework for Artificial Intelligence. *Cognitive Systems Research*. Vol. 60, pp. 57-76, doi: 10.1016/j.cog-sys.2019.12.002
8. Zamyatin, A.V., Chuchalin, A.I. (2021). Development of the Russian Universities' Human Capacity in the Field of Mathematics, Computer Science, and Digital Technologies. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 30, no. 5, pp. 9-20, doi: 10.31992/0869-3617-2021-30-5-9-20 (In Russ., abstract in Eng.).
9. Kuznetsov, N.V., Lizyaeva, V.V., Prokhorova, T.A., Lesnykh, Yu.G. (2020). Personnel Training for the Implementation of the National Program "Digital Economy of the Russian Federation". *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*. No. 1, pp. 25-25, doi: 10.17513/spno.29520
10. Frolov, Yu.V., Bosenko, T.M. (2021). Statistical Data Research on Staff Training for the Digital Economy in the Russian Federation. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 30, no. 11, pp. 29-41, doi: 10.31992/0869-3617-2021-30-11-29-41 (In Russ., abstract in Eng.).
11. Gibadullin, A.A., Karagodin, A.V. (2019). Challenges of Digital Economy in the Sphere of Personnel Training. *Aktual' nye problemy ekonomiki i menedzhmenta = Actual Problems of Economics and Management*. No. 2 (22), pp. 33-42. Available at: https://www.sstu.ru/upload/medialibrary/60c/Aktualnye-problemy-ekonomiki-i-menedzhmenta-02-_22_2019.pdf (accessed 09.06.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
12. Abdrakhmanova, G., Vishnevskiy, K., Gokhberg, L. et al. (2020). Digital Economy Indicators in the Russian Federation: 2020 : Data Book. National Research University Higher School of Economics. Moscow: HSE Publ., 360 p., ISBN 978-5-7598-2194-6 (In Russ.).
13. Pitukhin, E.A., Semenov, A.A. (2012). Forecasting Admissions, Graduations and the Number of Students of Vocational Educational Institutions. *Problemy prognozirovaniya = Studies on Russian Economic Development*. No. 2, pp. 74-88. Available at: <https://ecfor.ru/publication/prognozirovanie-studentov-uchrezhdenij-professionalnogo-obrazovaniya/> (accessed 09.06.2022). (In Russ.).
14. Riccardo, R., Montserrat, L.C., Georgios, A., Sofia, S., Melisande, C., Miguel, V.B., Wojciech, Z.L., Giuditta, D.P. (2020). *Academic Offer of Advanced Digital Skills in 2019-20. International Comparison. Focus on Artificial Intelligence, High Performance Computing, Cybersecurity and Data Science*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 76 p., doi: 10.2760/225355
15. Kolin, K.K. (2019). A New Stage in the Artificial Intelligence Development: National Strategies, Trends, and Forecasts. *Strategicheskie priority = Strategic Priorities*. No. 2 (22), pp. 4-12. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41414268> (accessed 09.06.2022). (In Russ., abstract in Eng.)
16. Gurtov, V.A., Serova, L.M., Stepus, I.S. (2010). *Prognozirovanie potrebnosti vysokotekhnologichnykh sektorov ekonomiki v kadrakh s vysshim professional' nym obrazovaniem* [Forecasting the High-Tech Sectors' Need of the Economy in Personnel with Higher Professional Education]. Series: *Ekonomika vysshei sbkoly: Analiticheskie obzory po osnovnym napravleniyam razvitiya vysshego obrazovaniya* [Economics of Higher Education: Analytical Reviews on the Main Areas of Higher Education Development]. Moscow : Federal Education Development Institute Publ., Vol. 8. 80 p. Available at: <http://openbudgetrf.ru/doc/75/> (accessed 09.06.2022). (In Russ.).
17. Gurtov, V.A., Serova, L.M. (2009). Planning for Admission to the Training of Bachelors, Specialists and Masters. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 9, pp. 8-17. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12876274> (accessed 09.06.2022). (In Russ., abstract in Eng.).

The paper was submitted 29.03.22

Received after reworking 01.06.22

Accepted for publication 09.06.22