

ЩЕГОЛЕВА Людмила Владимировна

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры
прикладной математики и кибернетики
Петрозаводский государственный университет
(г. Петрозаводск, Российская Федерация)

schegoleva@petsu.ru

АВЕРЬЯНОВ Александр Олегович

аспирант, ведущий специалист Центра бюджетного
мониторинга
Петрозаводский государственный университет
(г. Петрозаводск, Российская Федерация)

aver@petsu.ru

ГУРТОВ Валерий Алексеевич

доктор физико-математических наук, профессор, ди-
ректор Центра бюджетного мониторинга
Петрозаводский государственный университет
(г. Петрозаводск, Российская Федерация)

vgurt@petsu.ru

ИСТОЧНИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В СФЕРЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация: предметом исследования в настоящей статье являются источники и содержание профессиональных компетенций для образовательных программ высшего образования в сфере искусственного интеллекта (ИИ), их формулировки и способы выявления в условиях недостаточной определенности границ и составляющих сферы искусственного интеллекта и резкой активизации спроса на специалистов в этой сфере. По результатам исследования в качестве источников могут выступать два профессиональных стандарта в сфере ИИ, компетенции, предложенные Альянсом ИИ, требования работодателей, представленные в виде формулировок требований по профессиям к соискателям работ в текстах вакансий на порталах поиска работы. Специализация образовательных программ может проходить в рамках областей технологий ИИ и их субтехнологий на основе подхода, опирающегося на распределение долей востребованности методов, инструментов и областей применения в соответствующей области технологий или субтехнологий ИИ. Приведены примеры трансформации профессиональных компетенций в дисциплины учебного плана.

Ключевые слова: профессиональные компетенции, образовательная программа, искусственный интеллект.

Дата поступления: 14.03.2023

Дата публикации: 26.06.2023

Для цитирования: Щеголева Л. В., Аверьянов А. О., Гуртов В. А. Источники компетенций для образовательных программ в сфере искусственного интеллекта // Непрерывное образование: XXI век. 2023. Вып. 2 (42). DOI: 10.15393/j5.art.2023.8466

SHEGOLEVA Lyudmila V.

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Applied Mathematics and Cybernetics Department
Petrozavodsk State University
(Petrozavodsk, Russian Federation)

schegoleva@petsu.ru

AVERYANOV Alexandr O.

Postgraduate student, Leading Specialist of the Budget Monitoring Center
Petrozavodsk State University
(Petrozavodsk, Russian Federation)

aver@petsu.ru

GURTOV Valery A.

Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Director of the Budget Monitoring Center
Petrozavodsk State University
(Petrozavodsk, Russian Federation)

vgurt@petsu.ru

SOURCES OF COMPETENCIES FOR EDUCATIONAL PROGRAMS IN THE FIELD OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract: the subject of research in this article is the sources and content of professional competencies for educational programs of higher education in the field of artificial intelligence (AI), their formulations and methods for identifying in conditions of insufficient definition of the boundaries and components of the field of artificial intelligence and a sharp increase in demand for specialists in this field. According to the results of the study, two professional standards in the field of AI, competencies proposed by the AI Alliance, employers' requirements presented in the form of wording of requirements for professions to job seekers in the texts of vacancies on job search portals can serve as sources. Specialization of educational programs can take place within the scope of AI technologies and their subtechnologies based on an approach based on the distribution of the shares of demand for methods, tools and areas of application in the corresponding field of AI technologies or subtechnologies. Examples of the transformation of professional competencies into disciplines of the curriculum are given.

Keywords: professional competencies, educational program, artificial intelligence.

Received: March 14, 2023

Date of publication: June 26, 2023

For citation: Shegoleva L. V., Averyanov A. O., Gurtov V. A. Sources of competencies for educational programs in the field of artificial intelligence. *Nepreryvnoe obrazovanie: XXI vek [Lifelong education: the 21st century]*. 2023. No. 2 (42). DOI: 10.15393/j5.art.2023.8466

Современная экономика развивается быстрыми темпами за счет появления новых технологий, для создания и работы с которыми требуются высококвалифицированные специалисты. К таким активно развивающимся технологиям относятся технологии искусственного интеллекта (ИИ). В России указом Президента РФ утверждена «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года» [1]. В мероприятиях федерального проекта

«Искусственный интеллект» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» детализированы стратегические задачи по разработке и реализации продуктов и технологий ИИ [2].

Для кадрового обеспечения сферы ИИ Минобрнаукой России в 2021 г. был проведен конкурсный отбор вузов для предоставления грантов организациям на разработку основных профессиональных образовательных программ (ОПОП) бакалавриата и магистратуры по профилю «искусственный интеллект» [3]. В 2022 г. в рамках этих грантов начали обучение первые студенты по программам магистратуры, а с 2023 г. будут учиться студенты по программам бакалавриата. Количество вузов, вовлеченных в грантовую деятельность, составляет 85. Из них 16 разрабатывают базовые наборы образовательных программ (ОПОП) и каждую реализуют в 5–6 вузах как региональных соисполнителях. Общий прием на программы магистратуры составил 3250 человек в 2022 г. и немного более в последующие два года; бакалавриата – 1525 человек в 2023 г. и в два раза больше в 2024 г.

При разработке и реализации ОПОП необходимо опираться на компетенции, востребованные работодателями применительно к их предметной деятельности в сфере экономики. К этим компетенциям относятся как общепрофессиональные, так и профессиональные компетенции. Предметом исследования в настоящей статье являются источники и содержание профессиональных компетенций для ОПОП в сфере ИИ, их формулировки и способы выявления в условиях недостаточной определенности границ и составляющих сферы искусственного интеллекта и резкой активизации спроса на специалистов в этой сфере.

Формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций выпускника вуза должно осуществляться в рамках направлений подготовки и специальностей (НПС) на основе федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) и профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников.

Многие исследователи, строя компетентностную модель выпускника вуза, указывают, что заказчиком для вуза являются работодатели [4–6]. И эффективность работы вуза определяется механизмами синхронизации потребностей экономики и возможностей высшей школы, что выражается в согласовании компетентностной модели выпускника вуза с компетентностной моделью специалиста в профессиональной деятельности [7]. Особенно это выражено для ИТ-индустрии, которая бурно развивается и постоянно требует специалистов, обладающих новыми знаниями и владеющих современными технологиями [5; 8].

В сфере искусственного интеллекта дела обстоят еще сложнее. Специалисты в этой сфере нужны уже сегодня [9], а что они должны знать и уметь, пока четко не определено [10]. Как следствие, у разработчиков ОПОП в этой сфере возникают проблемы с формулировкой профессиональных компетенций и формированием содержания учебных дисциплин по искусственному интеллекту.

К сфере ИИ в части обработки данных можно отнести два профессиональных стандарта в ИКТ-области «06.046 – Специалист по моделированию, сбору и анализу данных цифрового следа» и «06.042 – Специалист по большим дан-

ным» и один профессиональный стандарт в области научных исследований и разработок «08.022 – Статистик». В эти профстандарты включены трудовые функции по сбору, хранению и обработке данных, а также развитию методов и методик обработки данных. Знания и умения, описанные в разделе «трудовые функции» этих профессиональных стандартов, также только частично охватывают профессиональную деятельность по сбору, обработке и анализу данных в сфере ИИ.

Первый опыт разработки ОПОП в сфере искусственного интеллекта описан в статье Н. Ю. Ершовой [11], где были использованы компетенции из «Модели компетенций в сфере искусственного интеллекта» для магистратуры и бакалавриата [12] (далее модель компетенций). Эта модель компетенций опирается на перечень из 32 профессиональных компетенций в рамках шести профессиональных ролей, предложенный группой ведущих ИИ-организаций (Альянс ИИ) [13]. Также требования со стороны работодателей можно извлечь из описаний вакансий и резюме на кадровых порталах. Эти требования сформулированы недостаточно четко в силу отсутствия единой терминологии по профессиям и компетенциям в сфере ИИ.

Сама сфера ИИ охватывает личные направления профессиональной деятельности. Существуют разные подходы к классификации технологий искусственного интеллекта. В «Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года» выделено четыре области технологий и отдельно указаны смежные технологии и перспективные методы ИИ. В аналитических материалах альманаха «Искусственный интеллект» [14] перечислены актуальные прикладные направления (16 направлений), по которым в 2019 г. велись разработки и которые, по мнению авторов, в совокупности определяют значение термина «искусственный интеллект».

В статье [15] для описания технологий ИИ используются наборы методов, инструментов и областей применения, на основе чего сформированы перечни из 15 областей технологий и около 100 субтехнологий ИИ. С учетом этого ОПОП должны предусматривать получение знаний и умений в области методов и инструментов ИИ, а также давать представление, при решении каких задач в различных областях экономики может быть применен ИИ, какие инструменты для этого уже есть на рынке и как ими пользоваться. В рамках такого подхода в «Модели компетенций в сфере искусственного интеллекта» рассматривается два направления: «разработка систем ИИ» и «использование систем ИИ».

Таким образом, разнообразие подходов к классификации задач и технологий в сфере ИИ, недостаток профессиональных стандартов, узконаправленная модель компетенций Альянса ИИ и неопределенные описания вакансий, покрывающих только часть требований работодателей в сфере ИИ к компетенциям выпускников, требуют систематизации и разработки подхода для формирования ОПОП в рамках компетентностной модели выпускника для работы в сфере ИИ.

Целью исследования является анализ разнородных источников, содержащих требования работодателей в сфере ИИ к знаниям, умениям и практическо-

му опыту работника для последующего использования этих требований при разработке образовательных программ.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Выделить знания и умения в профессиях, востребованных в сфере ИИ.
2. Выделить структурные компоненты областей технологий ИИ как источника профессиональных компетенций для ОПОП и соотнести их со знаниями и умениями востребованных в сфере ИИ профессий.
3. Исследовать модели компетенций в сфере искусственного интеллекта для бакалавриата на предмет соответствия знаниям и умениям в профессиях, востребованных в сфере ИИ.
4. Сформулировать принципы трансляции профессиональных компетенций для формирования ОПОП разного профиля.

В исследовании использованы следующие материалы:

- модель из 32 профессиональных компетенций для шести профессиональных ролей, предложенная Альянсом ИИ;
- тексты профессиональных стандартов 06.046, 06.042, 08.022;
- «Модель компетенций в сфере искусственного интеллекта» для магистратуры и бакалавриата;
- тексты резюме и вакансий по профессиям в сфере ИИ;
- описание профессий в сфере ИИ в классификаторах США и Евросоюзе;
- описание методов и инструментов по областям технологий ИИ;
- описание ОПОП в сфере ИИ, реализуемых в зарубежных вузах.

Проводится сравнительный анализ компетенций, сформированных из разных источников для трансляции при формировании ОПОП.

Достигнуты следующие результаты:

1. Источники формирования компетенций. Рассмотрим сначала предложенную модель компетенций в сфере искусственного интеллекта для бакалавриата. В этой модели учтена большая часть профессиональных компетенций, сформулированных Альянсом ИИ. В то же время такие компетенции Альянса ИИ, как «Методы оптимизации», «Теория игр», «Методы точного физико-химического математического моделирования (CFD, FEM, FVM...)», «SQL базы данных (GreenPlum, Postgres, Oracle)», не нашли своего отражения в профессиональных компетенциях модели компетенций. Первые две компетенции почему-то записаны в общепрофессиональную компетенцию для направления «использование систем ИИ» и не попали в компетенции направления «реализация систем ИИ». Последняя компетенция является «стандартной» для направлений ИКТ и входит в блок общепрофессиональных компетенций.

Для формирования ОПОП, соответствующих профессиональным ролям Альянса ИИ, можно учитывать профессиональные компетенции 2–3-го уровня. В таблице 1 представлены наборы компетенций из модели, покрывающие третий уровень для каждой профессиональной роли.

Соответствие профессиональных компетенций модели компетенций профессиональным ролям Альянса ИИ

Correspondence of professional competencies of the competency model with the professional roles of the AI Alliance

Профессиональная роль (перевод на русский язык)	Набор компетенций из модели
AI Analytic (Аналитик ИИ)	ПК-1, ПК-9
AI Architect (Архитектор ИИ)	ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-8
AI Project Manager (Менеджер проектов ИИ)	ПК-1
Data Architect (Архитектор данных)	ПК-1, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8
Data Engineer (Инженер данных)	ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8
Data Scientist (Аналитик данных)	ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Учитывая рекомендации Минобрнауки по разработке приоритетных бакалаврских программ в сфере ИИ по минимальному количеству профессиональных компетенций, которые должны быть учтены в образовательных программах по разработке систем ИИ, в набор компетенций каждой профессиональной роли, за исключением «Data Scientist», необходимо будет еще добавить другие компетенции, чтобы довести их количество до 7.

Рассмотрим профессиональные стандарты. Следующие компетенции модели необходимы для выполнения трудовых функций профессии «06.046 – Специалист по моделированию, сбору и анализу данных цифрового следа»: ПК-1, ПК-2, ПК-4-9. В целом большая часть знаний и умений, востребованных для этой профессии, отражена в профессиональных компетенциях модели.

Для выполнения трудовых функций профессии «06.042 – Специалист по большим данным» необходимы все профессиональные компетенции модели, а также «методы оптимизации», «теория игр» и другие разделы теории принятия решений, не вошедшие в профессиональные и общепрофессиональные компетенции модели для разработчиков ИИ.

В других странах (например, Евросоюза и США) в действующих реестрах профессий есть только одна профессия «Data Scientist», касающаяся исключительно искусственного интеллекта. В статье [16] был проведен сопоставительный анализ компетенций («Essential Skills and Competences» – основные навыки и компетенции, «Essential Knowledge» – основные знания, «Technology Skills» – умения) остальных близких профессий с профессиями Альянса, который показал, что названия компетенций значительно отличаются и мало сопряжены с ИИ.

Следующим источником компетенций являются тексты вакансий и резюме по профессиям в сфере ИИ. Для примера проанализирован перечень требований работодателей для профессии из сферы ИИ «Data Scientist» на портале для поиска работы HeadHunter [17]. Были собраны тексты 293 уникальных вакан-

сий, в 207 из которых удалось выделить отдельные требования работодателей. В таблице 2 приведен ТОП-15 требований работодателей.

Таблица 2

ТОП-15 требований работодателей для профессии Data Scientist

Table 2

TOP 15 employer requirements for Data Scientist profession

Требования к компетенциям работников, указанные работодателями в описании вакансий	Кол-во упоминаний	Доля по отношению к числу всех вакансий (207), %
Python	186	89,9
SQL	136	65,7
Машинное обучение	124	59,9
Математическая статистика (статистический анализ)	69	33,3
Анализ данных	56	27,1
Data Science	44	21,3
Pandas	35	16,9
Spark	33	15,9
PyTorch	31	15,0
Hadoop	28	13,5
Big Data	26	12,6
Математическое моделирование	25	12,1
Numpy	24	11,6
Scikit-learn	24	11,6
Английский язык	22	10,6

В 90 % случаев (186 вакансий) основным требованием является знание языка программирования Python, а также других языков программирования, таких как R, Scala, Java или C/C++, последние встречаются значительно реже – менее 10 вакансий на каждый язык. Далее по популярности следует язык SQL, он требуется в 65,7 % случаев (136). Затем следует тройка требований, отражающая области знаний, в которых необходимо разбираться соискателю – машинное обучение (60 % – 124 вакансии), математическая статистика (33 % – 69 вакансий), анализ данных (27 % – 56 вакансий) и Data Science (21 % – 44 вакансии). Остальные позиции представленного перечня требований занимают инструменты – прикладные библиотеки Python и программы для работы с большими данными. Также в ТОП-15 попали универсальные требования – владение английским языком и математическое моделирование.

Аналогично были проанализированы резюме соискателей работы в сфере ИИ. Поиск осуществлялся по ключевым словам: искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети и т. п. Найденные резюме верифицировались вручную, и были оставлены только те, которые непосредственно относились

к сфере ИИ. В результате отобрано 4,6 тыс. резюме. Для оценки навыков соискателя работы в сфере ИИ использовалось поле «ключевые навыки», в котором соискатель отмечает свои основные компетенции (профессиональные, общепрофессиональные, универсальные). Всего было выявлено свыше 10 тыс. уникальных навыков (без учета специфики написания). В таблице 3 приведен перечень навыков, которые были указаны у более 10 % соискателей.

Таблица 3

Навыки соискателей работы в сфере ИИ с порогом 10 %

Table 3

AI job seeker skills with 10 % threshold

Ключевые навыки	Кол-во упоминаний	Доля упоминаний по отношению к общему числу резюме (4,6 тыс.), %
Python	2427	51,7
Управление проектами / Project management	1547	32,9
SQL (без учета привязки к СУБД)	1518	32,3
Machine Learning / машинное обучение	1421	30,3
Data analysis / анализ данных	1320	28,1
Git	1155	24,6
Английский язык	840	17,9
Linux	828	17,6
Pandas	815	17,4
C/C++	771	16,4
Numpy	692	14,7
Работа в команде	599	12,8
Scikit-learn	578	12,3
Tensorflow	572	12,2
Ведение переговоров	550	11,7
Организаторские навыки	538	11,5
Pytorch	530	11,3
Agile project management	508	10,8
MS Excel	495	10,5
Postgresql	471	10,0

Ожидаемо лидируют базовые инструменты для работы с данными, языки программирования Python, C/C++ и язык для работы с реляционными базами данных SQL, их отметили 52 % и 32 % соискателей, соответственно; методы машинного обучения указали 30 % соискателей; методы анализа данных – 28 % соискателей, Deep Learning, Data Mining, Computer vision, а также навыки владения библиотеками Tensorflow, Scikit-learn и Pytorch, Keras и OpenCV. Отдельно необходимо отметить навыки управления проектами, организаторские навыки, работу в команде, которые относятся к универсальным компетенциям.

2. Вариабельность программ подготовки. Сфера искусственного интеллекта достаточно широкая. В рамках подготовки бакалавров можно дать как базовое представление о методах ИИ, так и сформировать программы, имеющие более узкую специализацию, ориентированную и на разработку новых систем ИИ, и на применение уже существующих методов и инструментов в разных областях деятельности человека. В обоих случаях ОПОП не будет реализовывать все компетенции для всех областей технологий сферы ИИ. Тогда возникает проблема выбора специализации и формирования набора компетенций, соответствующих этой специализации. Выше рассматривались отдельные профессии в сфере ИИ, которые могут выступать в качестве направлений специализации. К ним относятся 6 профессий Альянса ИИ и две профессии, для которых разработаны профессиональные стандарты.

На проблему можно посмотреть также со стороны самой области искусственного интеллекта. В последние годы в связи с активным применением ИИ в экономике предпринимались попытки систематизации знаний и разработок в сфере ИИ [14; 15]. В основе таких классификаций лежит иерархическая структура, начинающаяся с трех типов когнитивных действий человека: распознавание, осмысление, действие. В статье [15] дальнейшая классификация определяет области технологий и субтехнологий ИИ. Понятие технологии рассматривается как совокупность методов (математические методы и алгоритмы), инструментов (языки программирования, библиотеки, компьютерные программы и базы данных / знаний) и областей применения. Методы и инструменты определяют набор знаний и умений, предъявляемых со стороны работодателя к соискателю работы, а третья компонента – отрасли экономики, где востребованы эти знания и умения. Комбинации элементов в каждой из трех компонент, а также их доленое распределение дают конкретную область технологий. Например, для области технологий «Компьютерное зрение» в таблице 4 описаны по пять наиболее значимых элементов для трех компонент с указанием уровня востребованности, рассчитанного на основе количества научных публикаций в высокорейтинговых научных журналах и трудах конференций, индексированных в международных базах данных. Из текста публикации выделялись упоминания конкретных методов и инструментов, использованных при проведении исследования или разработке конкретного продукта, которые ассоциировались с областью технологии, к которой относилась публикация.

Анализ полученных данных показал достаточно сильное пересечение перечней методов и инструментов в разных областях технологий, но доли использования каждого метода и инструмента, определяемые по количеству соответствующих публикаций, позволяют идентифицировать любую область технологий ИИ с привязкой к видам экономической деятельности.

**Ключевые математические методы, инструменты и области применения
для области технологий ИИ «Компьютерное зрение»**

Table 4

**Key mathematical methods, tools, and applications
for the computer vision AI technology field**

Ключевые методы (знания)	Ключевые инструменты (умения)	Ключевые области применения (практический опыт)
Автоматический семантико-синтаксический, дискурсивный и сюжетно-композиционный анализ: Генерация образов – высокий, Синтез образов – высокий	Языки программирования: Python – высокий, C – средний	Раздел М – Деятельность профессиональная, научная и техническая: Техника – высокий, Наука – средний
Искусственные нейронные сети, алгоритмы обучения: Машинное обучение – высокий	Библиотеки для глубокого обучения: Tensorflow – высокий, Keras – средний, PyTorch – умеренный	Раздел J – Деятельность в области информации и связи: Информационные технологии – высокий, Технологии обработки данных – высокий
Распознавание образов, классификаторы: Регрессия – высокий, Обучение с учителем – высокий, Бинарная классификация – средний, Обучение без учителя – средний	Библиотеки для машинного обучения: AdaBoost – высокий, XGBoost – средний	Раздел F – Строительство: Реконструкция – высокий, Строительство – средний
Эволюционные вычисления, генетические алгоритмы: Автоматическое машинное обучение – высокий, Генетические алгоритмы – высокий	Библиотеки для обработки изображений: OpenCV – высокий	Раздел N – Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги: Обеспечение безопасности – высокий, Проведение расследований – высокий
Вероятностные модели прогнозирования и адаптации: Прогнозирование – высокий	Инструменты разработки роботов: Arduino – высокий, LabView – высокий	Раздел R – Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений: Библиотеки – высокий, Культура – высокий

С точки зрения формирования матрицы компетенций для специализации / профиля направления обучения, соответствующего области технологий ИИ «Компьютерное зрение», должны быть реализованы компетенции с индикаторами знаний на основе приоритетных методов: распознавание образов; машинное обучение; искусственные нейронные сети, алгоритмы глубокого обучения;

методы обработки изображений, а с индикаторами умений на основе приоритетных инструментов: языки программирования Python и C; библиотеки OpenCV, Tensorflow, PyTorch и др.; линейки продуктов LabView, MatLab, Simulink. Приоритетные области применения: безопасность, промышленность, робототехника, медицина, торговля, транспорт, культура, спорт, организация досуга и развлечений, библиотеки и другие могут выступать в качестве мест прохождения практики.

Субтехнологии области технологий «Компьютерное зрение» (распознавание объектов, отслеживание и идентификация человека по лицу, видам движения и эмоциональному состоянию, обработка изображений и визуальная аналитика сцен, генерация изображения по текстовому описанию, семантика изображений в реальном времени, аугментация изображений и др.) могут рассматриваться в качестве тем одной или нескольких дисциплин.

Если взглянуть на другую область технологий ИИ, например «Обработка естественного языка», то можно увидеть значительное пересечение методов, инструментов и областей применения с областью технологий «Компьютерное зрение». Но для области технологий «Промышленные роботы» отличия в наборе методов, инструментов и областей применения будут уже более существенными.

Таким образом, рассматривая всю линейку из 15 областей технологий ИИ, выделили кластеры методов и инструментов, которые могут быть основой для формирования спектра компетенций для различных образовательных программ бакалавриата и магистратуры со специализацией по областям технологий и областям применения ИИ.

3. Трансляция профессиональных компетенций через перечень дисциплин. Компетентностная модель выпускника в разрезе знаний и умений реализуется через набор дисциплин, содержательная часть которых включает тематику и глубину их рассмотрения, что отражается в заданиях лабораторных и практических работ, а также в списке аттестационных вопросов по дисциплине.

Например, для дисциплины «Нейронные сети и глубокое обучение в задачах обработки изображений», разработанной ДГТУ в рамках образовательной программы «Искусственный интеллект в обработке и анализе изображений» по направлению подготовки «02.04.03 – Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» [18], сформулирован вопрос «18. Классификация изображений сверточной нейронной сетью», соответствующий по содержательной части одному из ключевых методов «Искусственные нейронные сети, алгоритмы обучения: Машинное обучение» для технологии «Компьютерное зрение», а практическая работа «3. Разработка приложения, строящего рекуррентную нейронную сеть, на основе существующих библиотек и фреймворков» соответствует ключевому инструменту «Библиотеки для глубокого обучения: Tensorflow, Keras, PyTorch» для технологии «Компьютерное зрение». Пример взят из текста фонда оценочных средств ОПОП, разработанной в рамках конкурса Минобрнауки России 2021 г. [3] на предоставление грантов университетам для разработки образовательных программ в сфере ис-

художественного интеллекта. Все разработанные программы размещены в открытом доступе на официальных интернет-сайтах вузов. Разработчики ОПОП по искусственному интеллекту в других вузах в праве воспользоваться этими материалами для определения структуры и наполнения своей образовательной программы, включая учебный план и РПД профильных дисциплин.

В качестве информации для наполнения учебных дисциплин можно использовать курсы ДПО, размещенные на платформах <https://www.coursera.org/>, <https://www.edx.org>, <https://dpo.mephi.ru> и других. Примером такого материала служит онлайн-курс С. И. Запечникова [19], где представлены актуальные ссылки на русскоязычные и англоязычные учебники по дисциплинам в сфере ИИ, находящиеся в открытом доступе.

Еще одним источником информации является опыт других стран по подготовке специалистов в сфере ИИ. Например, массив открытых курсов по имитационной нейронауке [20] проекта Blue Brain, возглавляемых Федеральным политехническим университетом Лозанны.

В качестве источников для определения профессиональных компетенций выпускника бакалавриата или магистратуры могут служить два профессиональных стандарта «06.046 – Специалист по моделированию, сбору и анализу данных цифрового следа» и «06.042 – Специалист по большим данным»; компетенции, предложенные Альянсом ИИ, требования работодателей, представленные в виде формулировок требований по профессиям к соискателям работ в текстах вакансий на порталах поиска работы.

Для специализации образовательных программ в рамках профессиональных стандартов и профессий Альянса ИИ советуем использовать предложенные в статье перечни профессиональных компетенций. Кроме этого, специализация ОПОП может проходить в рамках областей технологий ИИ и их субтехнологий на основе подхода, опирающегося на распределение долей востребованности методов, инструментов и областей применения в соответствующей области технологий или субтехнологий. Дальнейшая детализация и компоновка методов, инструментов и областей применения приводит к определению наполнения конкретных дисциплин в рамках образовательной программы.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Гарант.ру. Электрон. дан. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72738946/> (дата обращения 11.04.2023).
2. Паспорт федерального проекта «Искусственный интеллект» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Электрон. дан. URL: https://ac.gov.ru/uploads/_Projects/AI_otbor/Passport.pdf (дата обращения 11.04.2023).
3. 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 (шифр конкурса – 2021-ИИ-01) [Электронный ресурс]. Электрон. дан. URL: https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=35315 (дата обращения 11.04.2023).

4. Гончаров А. С. Реформирование ВПО на основе новых подходов, пропорций и методов взаимодействия механизмов организации, самоорганизации и управления // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. Электрон. дан. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=6549> (дата обращения 11.04.2023).
5. Тельнов Ю. Ф., Лебедев С. А., Гаспариан М. С. Проектирование основных профессиональных образовательных программ по направлению подготовки «Прикладная информатика» на основе профессиональных стандартов // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 17-й международной научно-практической конференции 31 января – 1 февраля 2017 г. Москва, 2017. С. 20–26.
6. Кононова О. В. Компетентностная модель выпускника как инструмент управления, контроля и оценки образовательных результатов ООП ВПО на базе ФГОС // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2012. № 5 (18). С. 124–132.
7. Екимова Т. А., Ершова Н. Ю., Назаров А. И., Прохорова Е. И. Разработка и реализация программ для непрерывного профессионального образования в области наукоемких технологий // Непрерывное образование: XXI век. 2021. Вып. 1 (33). DOI: 10.15393/j5.art.2021.6686
8. Багдасарьян Н. Г., Петрунева Р. М., Васильева В. Д. От компетентностной модели специалиста-инженера к STEM-образованию, или... Вперёд в прошлое? // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 5. С. 67–83. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-5-67-83
9. 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
10. Лёвин Б. А., Пискунов А. А., Поляков В. Ю., Савин А. В. Искусственный интеллект в инженерном образовании // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 7. С. 79–95. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-79-95
11. Ершова Н. Ю. Подготовка магистров по программе «Прикладной искусственный интеллект» // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Сборник научных трудов Двадцатой открытой Всероссийской конференции, 19–20 мая 2022 г. Москва, 2022. С. 165–166.
12. Письмо от Минобрнауки России № МН-5/22720 от 21.12.2021 «О направлении доработанной модели компетенций» [Электронный ресурс]. Электрон. дан. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles//metod/Ps_MON_5_22720_21122022.pdf (дата обращения 11.04.2023).
13. Альянс в сфере искусственного интеллекта. Образование // Базовая модель профессий и компетенций [Электронный ресурс]. Электрон. дан. URL: https://ai.ru/education/#specialist_family (дата обращения 11.04.2023).
14. Альманах «Искусственный интеллект». Сборники № 1–10. МФТИ. Москва, 2019–2022.
15. Гуртов В. А., Аверьянов А. О., Корзун Д. Ж., Смирнов Н. В. Система классификации технологий в сфере искусственного интеллекта для кадрового прогнозирования // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2022. Т. 15. № 3. С. 113–133. DOI: 10.15838/esc.2022.3.81.6
16. Гуртов В. А., Питухин Е. А., Щеголева Л. В. Сопоставительный анализ профессий в сфере искусственного интеллекта на основе компетентностного подхода // Перспективы науки и образования. 2023. № 1 (61). С. 142–160. DOI: 10.32744/pse.2023.1.9
17. HeadHunter [Электронный ресурс]. Электрон. дан. URL: <https://hh.ru/> (дата обращения 11.04.2023).
18. Учебный план ОПОП ДГТУ по обработке изображений. НПС «02.04.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» [Электронный ресурс]. Электрон. дан. URL: <https://edu.donstu.ru/Plans/Plan.aspx?id=42733> (дата обращения 11.04.2023).

19. Онлайн-программа повышения квалификации «Актуальные зарубежные образовательные практики и исследовательская повестка в сфере искусственного интеллекта» [Электронный ресурс]. Электрон. дан. URL: https://ismc.mephi.ru/archive/priority_2030/educational_practices_ai (дата обращения 11.04.2023).

20. EPFL: Massive Open Online Courses [Электронный ресурс]. Электрон. дан. URL: <https://www.epfl.ch/research/domains/bluebrain/blue-brain/massive-open-online-courses/> (дата обращения 11.04.2023).

References

1. Decree of the President of the Russian Federation of October 10, 2019 No. 490 «On the development of artificial intelligence in the Russian Federation» [Electronic resource]. *Garant.ru*. Electron. dan. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72738946/> (date of access 04.11.2023). (In Russ.)

2. Passport of the federal project «Artificial Intelligence» of the national program «Digital Economy of the Russian Federation» [Electronic resource]. Electron. dan. URL: https://ac.gov.ru/uploads/_Projects/AI_otbor/Passport.pdf (date of access 04.11.2023). (In Russ.)

3. Announcement of a competition in 2021 for the provision of grants in the form of subsidies from the federal budget to organizations for the development of undergraduate and graduate programs in the field of «artificial intelligence», as well as for the advanced training of teachers of educational institutions of higher education in the field of artificial intelligence (code competition – 2021-II-01) [Electronic resource]. Electron. dan. URL: https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=35315 (date of access 04.11.2023). (In Russ.)

4. Goncharov A. S. Reforming HPE based on new approaches, proportions and methods of interaction between the mechanisms of organization, self-organization and management. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]*. 2012. No. 4. Electron. dan. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=6549> (date of access 04.11.2023). (In Russ.)

5. Telnov Yu. F., Lebedev S. A., Gasparian M. S. Designing the main professional educational programs in the direction of training «Applied Informatics» based on professional standards. *New information technologies in education: Collection of scientific papers of the 17th international scientific-practical conference January 31 – February 1, 2017*. Moscow, 2017. P. 20–26. (In Russ.)

6. Kononova O. V. Competence model of a graduate as a tool for managing, monitoring and evaluating the educational results of the OOP HPE on the basis of the Federal State Educational Standard. *Territoriya novyh vozmozhnostej. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa. [Territory of new opportunities. Bulletin of the Vladivostok State University of Economics and Service]*. 2012. No. 5 (18). P. 124–32. (In Russ.)

7. Ekimova T. A., Ershova N. Yu., Nazarov A. I., Prokhorova E. I. Development and implementation of programs for continuous vocational education in the field of high technologies. *Nepreryvnoe obrazovanie: XXI vek [Lifelong Education: The 21st Century]*. 2021. Is. 1 (33). 1–19. (In Russ.)

8. Bagdasaryan N. G., Petruneva R. M., Vasilyeva V. D. From the competence model of a specialist engineer to STEM education, or... Forward to the past? *Vysshee obrazovanie v Rossii [Higher education in Russia]*. 2022. Vol. 31. No. 5. P. 67–83. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-5-67-83 (In Russ.)

9. Ryabko T. V., Gurtov V. A., Stepus I. S. Analysis of personnel training indicators for the sphere of artificial intelligence based on the results of university monitoring. *Vysshee obrazovanie v Rossii [Higher education in Russia]*. 2022. Vol. 31. No. 7. P. 9–24. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-9-24 (In Russ.)

10. Levin B. A., Piskunov A. A., Polyakov V. Yu., Savin A. V. Artificial intelligence in engineering education. *Vysshee obrazovanie v Rossii [Higher education in Russia]*. 2022. Vol. 31. No. 7. P. 79–95. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-79-95 (In Russ.)
11. Ershova N. Yu. Training of masters in the program «Applied artificial intelligence». *Teaching information technologies in the Russian Federation: Collection of scientific papers of the Twentieth Open All-Russian Conference, May 19–20, 2022*. Moscow, 2022. P. 165–166. (In Russ.)
12. Letter from the Ministry of education and science of Russia No. MN-5/22720 dated December 21, 2021 «On the direction of the improved competency model» [Electronic resource]. Electron. dan. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles//method/Ps_MON_5_22720_21122022.pdf (date of access 04.11.2023). (In Russ.)
13. Alliance in the field of artificial intelligence. Education / Basic model of professions and competencies [Electronic resource]. Electron. dan. URL: https://a-ai.ru/education/#specialist_family (date of access 04.11.2023). (In Russ.)
14. Almanac «Artificial Intelligence». Collections #1–#10. MIPT. Moscow, 2019–2022. (In Russ.)
15. Gurtov V. A., Averyanov A. O., Korzun D. Zh., Smirnov N. V. Technology classification system in the field of artificial intelligence for personnel forecasting. *Ekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz [Economic and social changes: facts, trends, forecast]*. 2022. Vol. 15. No. 3. P. 113–133. DOI: 10.15838/esc.2022.3.81.6 (In Russ.)
16. Gurtov V. A., Pitukhin E. A., Shchegoleva L. V. Comparative analysis of professions in the field of artificial intelligence based on the competency-based approach. *Perspektivy nauki i obrazovaniya [Prospects of science and education]*. 2023. No. 1 (61). P. 142–160. doi:10.32744/pse.2023.1.9 (In Russ.)
17. HeadHunter [Electronic resource]. Electron. dan. URL: <https://hh.ru/> (date of access 04.11.2023). (In Russ.)
18. Curriculum OPOP DSTU on image processing. NPS «02.04.03 Mathematical support and administration of information systems» [Electronic resource]. Electron. dan. URL: <https://edu.donstu.ru/Plans/Plan.aspx?id=42733> (date of access 04.11.2023). (In Russ.)
19. Online advanced training program «Actual foreign educational practices and research agenda in the field of artificial intelligence» [Electronic resource]. Electron. dan. URL: https://ismc.mephi.ru/archive/priority_2030/educational_practices_ai (date of access 04.11.2023). (In Russ.)
20. EPFL: Massive Open Online Courses [Electronic resource]. Electron. dan. URL: <https://www.epfl.ch/research/domains/bluebrain/blue-brain/massive-open-online-courses/> (date of access 11.04.2023).