

Искусственный интеллект в инженерном образовании

Научная статья

DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-79-95

Лёвин Борис Алексеевич – д-р техн. наук, президент, Scopus Author ID: 57200275062, lyevin@rut-miit.ru

Пискунов Александр Алексеевич – д-р техн. наук, зав. кафедрой, a.piskunov52@mail.ru

Поляков Владимир Юрьевич – д-р техн. наук, проф., ORCID: 0000-0002-6160-601X, Scopus Author ID: 57201723559, Web of Science Researcher ID: AAS-4866-2021, pyv55@mail.ru

Савин Александр Владимирович – д-р техн. наук, проректор, ORCID: 0000-0002-5561-5454, Scopus Author ID: 57194547441, a.v.savin@miit.ru

Российский университет транспорта, Москва, Россия

Адрес: 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9

***Аннотация.** В связи с ростом интереса к искусственному интеллекту (ИИ) в последние годы преподавание этой дисциплины студентам прикладных технических специальностей становится актуальным. Несмотря на формирование этого научного направления в течение уже почти 70 лет, до сих пор нет однозначного понимания терминологии этой науки, её задач на современном этапе и применения в инженерном образовании. Более того, часто терминология искусственного интеллекта вводит в заблуждение обучающихся. В статье рассматривается текущая ситуация с развитием представлений об искусственном интеллекте, возможность его применения в инженерном образовании. На основе анализа реальных возможностей ИИ определено актуальное содержание обучения по дисциплине «Искусственный интеллект в транспортном строительстве». В статье сделан акцент на пользователей ИИ, рассмотрены компетенции специалиста, которые могут формироваться при изучении вышеуказанной дисциплины, а также новые актуальные компетенции, необходимые специалисту в профессиональной деятельности в связи с распространением ИИ. Рассмотрена функциональная модель искусственного интеллекта, использованная при обучении студентов взаимодействию с ним. Приведены примеры задач, решаемых сегодня студентами с помощью технологии ИИ в ходе пробного обучения.*

Ключевые слова: инженерное образование, искусственный интеллект, содержание обучения, поддержка принятия решений, междисциплинарный подход

Для цитирования: 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

Artificial Intelligence in Engineering Education

Original article

DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-79-95

Boris A. Levin – Dr. Sci. (Engineering), President, Scopus Author ID: 57200275062, lyevin@rut-miit.ru

Alexander A. Piskunov – Dr. Sci. (Engineering), Head of the Department, a.piskunov52@mail.ru

Vladimir Yu. Poliakov – Dr. Sci. (Engineering), Assoc. Prof., ORCID: 0000-0002-6160-601X, Scopus Author ID: 57201723559, Web of Science Researcher ID: AAS-4866-2021, pvy55@mail.ru

Alexander V. Savin – Dr. Sci. (Engineering), Prof., ORCID: 0000-0002-5561-5454, Scopus Author ID: 57194547441, a.v.savin@miit.ru

Russian University of Transport, Moscow, Russia

Address: 9, bldg 9, Obraztsova str., Moscow, GSP-4, 127994, Russian Federation

Abstract. Due to the growing interest in artificial intelligence in recent years, teaching this discipline to students of applied technical specialties is becoming relevant. Despite the formation of this scientific direction for almost 70 years, there is still no clear understanding of the terminology of this science, its tasks at the present stage and its application in engineering education. Moreover, the artificial intelligence terminology often misleads students. The article examines the current situation with the development of ideas related artificial intelligence, the possibility of its using in engineering education. Based on the analysis of the real possibilities of artificial intelligence, the actual content of education in the discipline of “Artificial intelligence in transport construction” is determined. The article focuses on users of artificial intelligence, not developers. The authors consider the competencies of a specialist that can be formed during the study of the above indicated discipline, as well as new relevant competencies that are necessary for a specialist in connection with the wide dissemination of artificial intelligence in the conditions of his/her professional activity. The functional model of artificial intelligence used in teaching students how to interact with it is considered. The article gives the examples of tasks solved by students today with the help of artificial intelligence technology during trial training.

Keywords: engineering education, artificial intelligence, education content, AI in transport construction, supporting decision-making

Cite as: Levin, B.A., Piskunov, A.A., Poliakov, V.Yu., Savin, A.V. (2022). Artificial Intelligence in Engineering Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 31, no. 7, pp. 79-95, doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-6-79-95 (In Russ., abstract in Eng.).

Введение

В настоящее время наблюдается очередной рост интереса общества к проблематике искусственного интеллекта (ИИ). Словосочетание «искусственный интеллект» стало в средствах массовой информации одним из наиболее частотных. Опрос, проведённый ВЦИОМ¹, показал, что 75% опрошенных

слышали об ИИ, однако только 29% респондентов считают, что они понимают сущность этого понятия. На наш взгляд, непонимание реальных возможностей ИИ является причиной многих заблуждений, и это имеет большое значение для определения содержания обучения. История развития науки об ИИ демонстрирует не-

¹ Искусственный интеллект: угроза или возможность? Аналитический обзор // ВЦИОМ: результаты исследований. 2020. 27.01. URL: [https://](https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/iskusstvennyj-intellekt-ugroza-ili-vozmozhnost)

wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/iskusstvennyj-intellekt-ugroza-ili-vozmozhnost (дата обращения: 21.06.2022).

однократные подъёмы интереса к теме ИИ в обществе в целом и в науке в частности, которые сменялись длительными периодами разочарования (так называемая «зима ИИ») из-за неоправданных ожиданий и отсутствия достигнутых целей. Большинство опрошенных (87%) считают, что государство должно способствовать развитию ИИ, в том числе 36% (1-е место) полагают, что одним из основных направлений госполитики в этой сфере является подготовка кадров. Это ключевой вопрос развития ИИ, поскольку именно подготовка кадров к использованию ИИ в профессиональной деятельности позволит избавиться от разочаровывающих «зим» и направить развитие ИИ в результативном направлении.

В РФ приняты важные документы, касающиеся внедрения ИИ. В Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года², Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации³, Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы)⁴ отмечается необходимость применения ИИ для:

– перехода к передовым *цифровым, интеллектуальным* технологиям проектирования и способам конструирования, созда-

ния систем обработки *больших объёмов данных, искусственного интеллекта*;

– *поддержки принятия решений*;

– математических основ методов обработки и интеллектуального анализа данных для отдельных прикладных областей и направлений;

– разработки новых инженерных систем, обеспечения надёжности, безопасности;

– разработки и совершенствования новых *автоматизированных методов расчёта*, проектирования строительных объектов и *снижения материалоемкости*;

– *междисциплинарных* научных исследований в сфере строительных наук;

– перехода к *цифровым, интеллектуальным способам конструирования в строительстве*.

Нами выделены ключевые слова, имеющие большое значение для профессиональной деятельности инженеров. Документы такого уровня готовятся с участием лучших национальных экспертов, поэтому можно быть уверенным в том, что они отражают социальный заказ в области ИИ, по крайней мере, на сегодняшний день и на среднесрочную перспективу. Отметим, однако, что в этих документах отсутствует точное упоминание вида ИИ, что имеет значение для рассматриваемого вопроса.

Достижение указанных в этих документах целей требует подготовки соответствующих специалистов. На конференции «AI Journey 2020»⁵ Президентом РФ были поставлены задачи об обучении применению ИИ в профессиональной деятельности в вузах самого различного профиля уже в 2021/22 учебном году. В связи с этим особую актуальность приобретает определение целей и содержания обучения ИИ, в частности, в сфере инженерного образования. Актуальность проблемы обусловлена тем, что в ФГОС3++ в области строительства⁶,

² Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (Утв. указом Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490). URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (дата обращения: 21.06.2022).

³ Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации» (утв. указом Президента Российской Федерации от 1.12.2016 г. № 642). URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449> (дата обращения: 21.06.2022).

⁴ Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг). Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 31.12.20 г. № 3684-п. URL: <http://static.government.ru/media/files/skzOODEvyFOIBtXobzPA3zTyC71cRAOi.pdf> (дата обращения: 21.06.2022).

⁵ Artificial Intelligence Journey 2020. URL: <https://ai-journey.ru> (дата обращения: 21.06.2022).

⁶ ФГОС ВО (3++) по направлениям специалитета – Техника и технологии строительства. URL:

транспорта⁷ и других инженерных направлений⁸ отсутствуют даже отмеченные выше ключевые слова, употребляемые в вышеупомянутых стратегиях и программах (ИИ, поддержка принятия решений, междисциплинарный подход и т.д.). Эти ключевые слова отсутствуют также и в стандартах магистратуры по математике и компьютерным наукам⁹, фундаментальной информатике и информационным технологиям¹⁰. Не указаны соответствующие компетенции и в стандарте подготовки в аспирантуре¹¹, если не считать обобщённо сформулированную способность использования «новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2)», в которой сложно уловить даже намёк на ИИ. Можно полагать, что действу-

ющие образовательные стандарты высшей школы пока далеки от подготовки инженеров к использованию ИИ в профессиональной деятельности.

Таким образом, актуальность проблемы обучения ИИ обусловлена, с одной стороны, принятыми недавно государственными программами, с другой – отсутствием в образовательных стандартах регламентации подготовки инженеров к использованию ИИ. Данная статья посвящена определению цели и содержания обучения инженеров как пользователей ИИ, формулировке концепции программы обучения, выделению профессиональных компетенций инженера (в том числе новых), формируемых при обучении ИИ, и проверке возможности обучения использованию ИИ в ходе пробного обучения.

При личностно-ориентированном подходе под содержанием образования понимают систему знаний, навыков и умений, усвоение которой призвано обеспечить формирование личности, подготовленной к профессиональной деятельности [1]. Содержание образования, как известно, носит исторический характер, т.к. оно определяется целями образования на том или ином этапе развития общества. Поэтому, при всём многообразии мнений об ИИ, на данном историческом этапе его развития надо определить, какой ИИ возможен сегодня и в ближайшей перспективе, чему именно можно и нужно обучать студентов на данном этапе.

Искусственный интеллект: происхождение понятия и текущее состояние

Для того чтобы определить цель и содержание обучения применению ИИ в инженерной деятельности, необходимо сначала разобраться в вопросе о том, что, собственно, представляет собой ИИ на настоящем этапе.

Термин «искусственный интеллект» (artificial intelligence) был введён Джоном Маккарти в 1959 г. в статье «Программы со здравым смыслом» [2], где ИИ рассматривался именно как вычислительная система,

https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Spec/080501_C_3_18062021.pdf (дата обращения: 21.06.2022).

⁷ ФГОС ВО (3++) по направлениям специалитета – Техника и технологии наземного транспорта. URL: <https://fgosvo.ru/fgosvo/index/26/70> (дата обращения: 21.06.2022).

⁸ ФГОС ВО (3++) по направлениям специалитета – Физико-технические науки и технологии. URL: <https://fgosvo.ru/fgosvo/index/26/65> (дата обращения: 21.06.2022).

⁹ Проекты ФГОС ВО по направлениям магистратуры – Компьютерные и информационные науки. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/ProjFGOSVO3++/Mag3++/020401_M_3plus_21062017.pdf (дата обращения: 21.06.2022).

¹⁰ Проекты ФГОС ВО по направлениям магистратуры – Компьютерные и информационные науки. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/ProjFGOSVO3++/Mag3++/020402_M_3plus_21062017.pdf (дата обращения: 21.06.2022).

¹¹ Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Уровень высшего образования. Подготовка кадров высшей квалификации. Направление подготовки 08.06.01 Техника и технологии строительства. URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-08-06-01-tehnika-i-tehnologii-stroitelstva-uroven-podgotovki-kadrov-vysshey-kvalifikacii-873/> (дата обращения: 21.06.2022).

способная создавать подпрограммы. Позже Джон Маккарти уточнил, что искусственный «интеллект – это вычислительная часть способности достигать целей в мире» [3]. Все технические системы являются целенаправленными, и это демонстрирует применимость методологии ИИ в инженерной деятельности.

Заметим, однако, что если бы автор термина имел в виду именно «интеллект», то применил бы, по-видимому, слово «intellect», а не «intelligence». «Intelligence» означает «сообразительность», «понимание», «способности», «проницательность», «распознавание» и даже «сбор информации» [4]. Например, британская разведка Intelligence Service означает «Службу по сбору информации». Вероятно, слабая научная коннотация слова «intelligence» вынудила переводчиков несколько исказить смысл высказывания Дж. Маккарти, и сегодня это ведёт к существенной путанице и неоправданным ожиданиям в отношении ИИ.

Сегодня ИИ всё ещё остаётся относительно новым научным направлением, исследующим важные и пока не решённые фундаментальные проблемы. К ним относятся аспекты сознания, мышления, принятия решений [5], оптимизации систем [6], обработки больших данных и «машинного обучения» [7; 8], нечёткой логики [9] и генетических алгоритмов [10]. Интересно подчеркнуть, что методология ИИ используется в различных отраслях науки, как это уже видно из приведённой библиографии [5–10], где рассматриваются проблемы применения ИИ в социологии, механике, энергетике, экономике и экологии. Такая широта проникновения в различные отрасли науки делает ИИ своего рода современной философией, особенно если принять во внимание необходимость рассмотрения проблем сознания, мышления и их взаимодействие с материей (материальными носителями) при решении задач ИИ. Подробнее эти вопросы рассмотрены далее при обсуждении возможности имитации психических процессов на компьютере.

Сегодня ИИ используется для управления дорожным движением, логистическими процессами, рекламой и т.д. Практическое применение методов ИИ в инженерном деле находится на начальном этапе. Однако проектирование сложных технических систем остро требует *методов поддержки принятия решений* [11]. Такие методы нужны для решения *междисциплинарных* проблем техники, анализа больших данных и других. Нормативные материалы по разработке решений в области строительства и наземного транспорта весьма слабо связаны между собой, хотя в реальности сооружения наземного транспорта (мосты и другие) непосредственно взаимодействуют с объектами транспорта (подвижным составом). Такое разделение сложных систем сложилось из-за повсеместного применения анализа как основного метода познания. «Учебные дисциплины отражают содержание и логику не жизни и профессиональной деятельности людей, а логику деления науки на отдельные научные области» [12]. На наш взгляд, за анализом должен следовать синтез как методология воссоединения отдельных подсистем в единую систему, как это имеет место в действительности. На этом этапе и необходимо решать междисциплинарные проблемы, требующие объединения достижений разных направлений науки и подготовки специалистов. Однако это объединение без привлечения методологии ИИ представляется довольно тяжёлой задачей.

Принято делить ИИ на «сильный» и «слабый» [5]. «Сильный» ИИ, действительно мыслящий как человек, – дело весьма отдалённого будущего¹², поскольку в человеческом мышлении роль бессознательного значительна (примат интуиции), нейроны не являются переключателями в двоичной системе счисления, все знания невозможно

¹² Ветров Д. Восемь вопросов к искусственному интеллекту // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». 2020. 23 декабря. URL: <https://www.hse.ru/news/communication/428400557.html> (дата обращения: 21.06.2022).

формализовать и т.д. [13]. Такой ИИ способен решать любые ответственные задачи, которые под силу людям.

«Слабый», или узкий ИИ (Narrow AI¹³), – это ИИ, предназначенный для решения только определённого класса задач, возможен уже сегодня. Такой ИИ опирается на численные процедуры и сложные математические модели только определённой области знаний и не является универсальным («сильным»). *«Пока возможен лишь узкоспециализированный ИИ, способный выполнять лишь одну задачу, но на достойном уровне»*¹⁴.

На страницах журнала «Высшее образование в России» проблемы ИИ уже обсуждались. Однако в статье [14] при рассмотрении вопросов применения ИИ в высшем образовании «слабый» ИИ не рассматривается. Здесь предполагается, что ИИ возможен в двух вариантах: «универсального человекоподобного интеллекта» и второго, более высокого и сложного – «искусственного суперинтеллекта», причём первый вариант может не только решать задачи, подобно человеку, но и *формулировать* их. В качестве примера такого интеллекта приводятся шахматные программы, которые способны обыгрывать и чемпиона мира.

Здесь важно отметить, что формулировка задач, без сомнения, относится к высокому уровню развития интеллекта, поскольку предполагает операции с понятиями и смыслами, а не с формальными символами, лишёнными конкретного содержания. Уже это относит «универсальный человекоподобный

интеллект» к «сильному». Тогда пример шахматного компьютера как универсального человекоподобного, по-видимому, не относится к этой категории. Компьютер Deep Blue, обыгравший чемпиона мира в 1997 г., был узкоспециализированным, поскольку его архитектура включала 480 специализированных шахматных процессоров, которые с высокой скоростью осуществляли перебор вариантов на несколько ходов вперёд [15]. Для других задач Deep Blue не создавался. Таким образом, Deep Blue является носителем лишь «слабого» ИИ, способного решать определённую задачу на достойном, как видим, уровне, что и отмечал Д. Мортенсен¹⁵.

Суперинтеллект же обладает возможностями решать задачи с показателями, превосходящими человеческие. Подобный термин (Super AI) широко распространён и за рубежом, однако под ним понимается нечто большее. Философ из Оксфорда Н. Бостром определяет супер-ИИ как любой интеллект, который значительно превосходит когнитивные способности человека практически во всех областях [16]. Но обратим внимание, что и в этом случае, как следует из названия книги, употребляется термин «Super Artificial Intelligence», но не «Super Artificial Intellect». В этой работе также приводятся результаты опроса ведущих специалистов в ИИ относительно прогноза появления «сильного» интеллекта: он ожидается к 2050 г., и с вероятностью лишь 50%, а с приемлемой вероятностью 90% – только к 2100 г. [16, с. 19]. Отметим, что часть учёных полагают, что «сильный» ИИ либо не будет создан никогда, либо это произойдёт в очень далёком будущем [16, с. 20].

На наш взгляд, воспроизведение интеллектуальных способностей психики человека на компьютере ещё долго будет оставаться долговременной целью, а не свершившимся достижением. Это связано с тем, что человеческая интеллектуальная деятельность ещё далеко не полностью понятна, а мозг

¹³ Jajal T.D. Distinguishing between Narrow AI, General AI and Super AI // Mapping Out 2050. 2018. May 21. URL: <https://medium.com/mapping-out-2050/distinguishing-between-narrow-ai-general-ai-and-super-ai-a4bc44172e22> (дата обращения: 21.06.2022).

¹⁴ Oremus W. Terrifyingly Convenient // Slate. 2016, April 3. URL: http://www.slate.com/articles/technology/cover_story/2016/04/alexa_cortana_and_siri_aren_t_novelties_anymore_they_re_our_terrifyingly.html?via=gdpr-consent (дата обращения: 21.06.2022).

¹⁵ Там же.

является «последним неизвестным органом человеческого тела» [17]. Моделирование объекта, функционирование которого непонятно, как представляется, влечёт ошибки.

Проблема состоит в том, что современные компьютеры не обладают психикой. Сегодня это является фундаментальным ограничением вычислительной техники. Психика является свойством высокоорганизованной живой материи, которая заключается в построении *субъектом неотчуждаемой от него* картины мира. Из определения следует, что психика – это неотъемлемое свойство только высокоорганизованной живой материи, а кроме того, это неотчуждаемое от субъекта явление. Её невозможно перенести другому субъекту на носителях информации, не все психические процессы можно отобразить формальными символами и т.д.

Формальные операции с символами, что и делают современные компьютеры, вовсе не означают понимания, а значит, мышления. Для его моделирования понадобятся принципиально иные технические носители мыслительных процессов, которые оперировали бы не формальными символами, а смыслами, и ещё много чем оперировали бы, например, эмоциями, без которых обучение невозможно. В работе [18], например, упоминается «эмоциональный интеллект». Именно через эмоциональную сферу мы в детстве начинаем понимать, «что такое хорошо, и что такое плохо». Можно ли говорить о том, что у сегодняшних компьютеров есть эмоции?

Далее. Человеческая деятельность неразрывно связана с целью [19], а понимание цели выполняемых действий у современных компьютеров отсутствует, как отсутствует мышление. Тем не менее говорят, что компьютеры способны даже к «глубокому обучению» (deep learning) [7]. Здесь уместно вспомнить об известной антитезе дедукции и индукции. Для данной статьи дедукция будет означать вооружение ИИ совокупностью знаний в виде детерминированных суждений (законов), опираясь на которые ИИ разрабатывает решения в частных ситуациях.

В противоположность дедукции «машинное обучение» приводит ИИ к обобщённым закономерностям через обнаружение зависимостей во множестве частных ситуаций. Авторы полагают, что в процессе обучения важно демонстрировать обучающимся причинно-следственные связи между явлениями. Так называемое «машинное обучение», являясь по сути индукцией, как правило, устанавливает статистические, а не причинно-следственные связи. Эти рассуждения о реальных возможностях искусственного интеллекта очень важны для определения содержания обучения будущих инженеров на современном этапе.

В итоге можно констатировать, что современный уровень развития технической базы вычислительной техники является фундаментальным препятствием для создания *интеллекта*, поскольку на нынешнем уровне невозможно воспроизвести психические процессы на искусственных носителях. Реально действующим сегодня и в среднесрочной перспективе является т.н. «слабый» (узкий) ИИ. Это позволяет прогнозировать сегодня социальный заказ для подготовки инженеров к использованию «слабого» ИИ на протяжении ближайших 50–75 лет.

Таким образом, реально существующим сегодня и на перспективу до 75 лет является т.н. «слабый» (узкий) ИИ, который предназначен для решения узкоспециальных задач. Высшее техническое образование должно предусматривать подготовку к применению «слабого» ИИ, задачей которого является воссоздание с помощью современных вычислительных систем целенаправленных действий, осуществляемых человеком, осознающим законы природы.

О цели и содержании обучения инженеров искусственному интеллекту

Рассмотрим некоторые (первоочередные) аспекты содержания обучения ИИ. Как уже было показано во введении, в настоящее время ФГОС ВО не предусмотрены требования к компетенциям в области ИИ. Так чему же

учить сегодня студентов? Сказать – «слабому интеллекту» было бы явно недостаточно. Представляется, что учить следует применительно методологии «слабого» ИИ в задачах, на решение которых человеческий интеллект не способен. Важно при этом, что будущий инженер должен применять уже освоенные знания и навыки в рамках своей специальности, используя систему поддержки принятия решений, которая является одним из направлений развития ИИ.

Широко применяемая ныне в одном из направлений ИИ, а именно в так называемых «рекомендательных системах», методология машинного обучения, основанная на выявлении закономерностей в больших данных и перенесении этих закономерностей на другие данные (индукция), больше подходит к социальным приложениям (реклама, маркетинг, социология и т.д.). В таких приложениях значительную роль играют трудно учитываемые субъективные предпочтения, которые невозможно обобщить в виде детерминированных закономерностей. Адекватным подходом в таких случаях представляется применение стохастических моделей, статистики и теории вероятности. Здесь и заложена основная идея машинного обучения – систематизация информации о статистических и случайных связях. В точных науках, где накоплен огромный массив знаний в виде законов, т.е. математических выражений, возможно создание систем поддержки принятия решений на основе законов природы.

Известные законы, необходимые для решения определённого класса задач, можно заложить в ИИ до начала решения задач (дедукция) и использовать это в учебном процессе. При обучении инженеров очень важно демонстрировать обучающимся причинно-следственные связи между явлениями. Такие связи детерминированы законами природы, они не могут быть выявлены при вероятностном подходе, как наблюдаемые случайные связи. Поэтому так называемое «машинное обучение» вряд ли применимо в

инженерном образовании, где традиционно и обосновано применяется дедуктивный подход, при котором студенту «начитывается» лекционный теоретический контент до применения изложенных знаний на практике или в проектном обучении.

Разработка систем поддержки принятия решений означает введение человека в контур управления системы. В этом предположении и содержится ключевой тезис об обучении ИИ в высшем образовании. *Студент должен принимать содержательные решения в конкретной предметной области при поддержке ИИ, который будет выявлять неочевидные зависимости в сложных системах, помогая тем самым обучающемуся в принятии решений, осознании сложности многообразных связей в сложных технических системах.* Таким образом обучающийся и приобретает навыки взаимодействия с ИИ.

Разработанная в РУТ(МИИТ) методология проектирования сооружений транспортной инфраструктуры с использованием ИИ позволяет решать многие из поставленных в указах Президента и программах задач. Так, например, как будет показано далее, она позволяет не только прогнозировать риски и неблагоприятные события, но и предотвращать их методами управления проектными параметрами. При этом применяется не проверка по нормативным документам уже принятого на основании опыта решения, а именно синтез решения с заданными параметрами поведения, отвечающего нормам и предотвращающего в определённом смысле неблагоприятные события [20].

Отсутствие этого опыта особенно характерно для студентов. Таким образом, система поддержки принятия решений на основе ИИ является востребованной. Схематически система поддержки принятия решений приведена на *рисунке 1*. Здесь процесс проектирования начинается с первичного назначения проектных параметров $O(x)$, изменяющихся в пространстве управляющими функциями $u_i(x)$. Первоначально эти функции могут за-

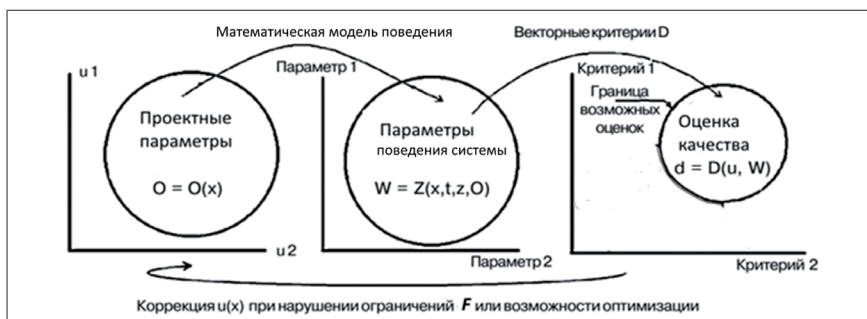


Рис. 1. Этапы поддержки принятия решений на основе «слабого» ИИ

Fig. 1. Stages of supporting decision-making on the basis of "weak" AI

даваться произвольными (но технологически ограниченными) и постоянными. С помощью математической модели поведения системы во времени $Z(x, t)$ [21] происходит переход в пространство состояний, где описывается поведение системы. Затем с помощью критериев D производится оценка качества решения и поведения системы в пространстве оценок [22]. В случае возможности дальнейшего улучшения качества и/или в случае нарушения заранее установленных ограничений на поведение системы и/или технологических ограничений на проектные параметры производится коррекция управляющих функций $u_i(x)$ и повторение процедуры. Поскольку процесс синтеза оптимальной системы носит итерационный характер, студентам демонстрируется процесс трансформации проектных решений для соответствия нормам и оптимальности.

В описанном выше алгоритме искусственный интеллект проявляется в нескольких фрагментах [6]. Прежде всего, оценка качества конструкции непосредственно не вытекает из описания системы, между этими этапами действует сложная математическая модель (в данном случае – система обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных) [21]. Кроме того, оценка опосредована функционалами качества (критериями) в форме двукратных интегралов [22]. Анализ тенденций в поведении системы и чувствительность этого поведения к изменению управления (проектных параме-

тров) не поддаётся осмыслению человеческим интеллектом, поскольку требует ориентации в многомерном (более 1000 измерений) пространстве состояний, где описано поведение подсистем в тех или иных условиях. Описание состояния системы необходимо фиксировать каждые 0,0001 с, что порождает массив Больших Данных, выявление закономерностей в которых теперь уже является традиционной прерогативой ИИ. Выбор направления изменения управления (проектных параметров) в пространстве оценок для улучшения показателей системы и выполнения предписанных ограничений на взаимодействие также недоступно человеку, поскольку последствия выбора направления изменения неочевидны, т.к. опосредованы достаточно сложными взаимосвязями и операциями. Наконец, метод «роя частиц» для поиска глобального экстремума в пространстве оценок также традиционно относится к сфере ИИ.

Очевидно, что многие вопросы, в частности безопасности, решаются на основе междисциплинарного подхода, поскольку взаимодействие между компонентами сложной системы, рассматриваемыми в разных дисциплинах и даже специальностях, должно изучаться комплексно.

В процессе обучения ИИ студент овладевает следующими компетенциями, отражёнными в ФГОС ВО¹⁶, например, по специаль-

¹⁶ Приказ от 12.09.16 N 1160 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по спе-

ности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей»:

- способностью решать задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования (ОПК-1);

- владением основными методами, способами и средствами получения, хранения и переработки информации, наличием навыков работы с компьютером как средством управления информацией и автоматизированными системами управления базами данных (ОПК-5);

- способностью применять современные программные средства для разработки проектно-конструкторской документации (ОПК-10);

- способностью разрабатывать проекты с использованием средств автоматизированного проектирования (ПК-17).

Необходимо отметить особую важность последней компетенции. Здесь подчеркнута не автоматическое проектирование, т.е. полностью выполняемое «сильным» ИИ, а лишь автоматизированное, т.е. с включением человека (учащегося) в управление процессом, осуществляемым при поддержке «слабого» ИИ. При этом ИИ работает не как «чёрный ящик», выдающий окончательное решение, а лишь как средство решения задачи, показывая путь к нему. Таким образом студенты РУТ(МИИТ) и взаимодействуют с ИИ. Это делает возможным *применение в образовательном процессе «слабого» ИИ, существующего уже сегодня.*

Кроме того, на наш взгляд, преподавание основ ИИ может формировать и *новые компетенции*, пока не отмеченные в стандартах, но актуальные и важные для использования ИИ в профессиональной деятельности, в частности, в процессе проектирования, а

также управления техническим состоянием в эксплуатации. В их числе:

- системное видение инженерной деятельности в её целостности, многоаспектности, стадийности, взаимосвязях в *междисциплинарном аспекте* (ОПК-N);

- способность оценки проектных решений по *нескольким критериям*, включая оценку влияния решений, принимаемых на ранней стадии разработки, на конечные показатели и работоспособность на всём жизненном цикле (ОПК-NN).

Для формирования этих новых компетенций было сформулировано содержание обучения ИИ в виде программы обучения по дисциплине «Искусственный интеллект в транспортном строительстве» для специальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей». Обучение предполагается в 8-м или 9-м семестре после прохождения всех необходимых предшествующих дисциплин, которые заканчиваются в 7-м семестре. Программа создана в двух вариантах – для двух и трёх зачётных единиц. В первом варианте курс объёмом 72 часа включает 14 часов лекций и 58 часов самостоятельной работы. Во втором варианте 108 часов делятся на лекции и семинарские занятия по 14 часов и 80 часов самостоятельной работы для написания реферата или выполнения проекта. Курс обучения может проводиться как дисциплина по выбору. Возможен и более развитый курс в объёме второго варианта, включающий курсовое проектирование (примеры проектов рассмотрены далее). В этом случае дисциплина относится к обязательным в вариативной части программы.

Лекционный материал (содержание обучения) делится на следующие разделы:

- Общие сведения об ИИ. Классификация методов ИИ и сферы их применения (2 час.);

- Задачи ИИ в области транспортного строительства. Проблемы транспортного строительства, которые могут решены с помощью ИИ. Неудачные проектные решения человеческого интеллекта (4 час.);

циальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей». URL: <https://base.garant.ru/71499696/> (дата обращения: 21.06.2022). Впоследствии определение компетенций ПК и ПСК были отнесены к ведению университетов.

– Прикладная теория ИИ в транспортном строительстве. Математические основы прикладной теории ИИ. Математические модели. Вариационное исчисление. Методы поиска экстремумов функционалов качества в условиях ограничений (4 час.);

– Практические приложения ИИ в транспортном строительстве. Критерии оптимальности в транспортном строительстве. Оптимальное проектирование пролётных строений мостов. Проектирование плавающего тоннеля. Проектирование верхнего строения пути в зоне моста (4 час.)

Как показало пробное обучение, применение ИИ делает возможным формирование этих компетенций не только у уже работающих инженеров в рамках дополнительных программ повышения квалификации, но и у студентов – в виде отдельного курса, который может быть спецкурсом, элективом, факультативом, а после получения преподавателями опыта – внутри различных дисциплин.

Итак, целью обучения использования ИИ в инженерном образовании может быть не только усвоение знаний, умений и навыков, предусмотренных в госстандартах высшего образования, но и новые компетенции, необходимые для взаимодействия с ИИ. Определён объём необходимых знаний для взаимодействия с ИИ, т.е. содержание обучения в виде основ конкретного направления науки об ИИ – системы поддержки принятия решений.

Пробное обучение применению искусственного интеллекта

В преддверии внедрения вышеуказанной программы в университете с 2017 г. предпринималась экспериментальная проверка применения ИИ в процессе курсового и дипломного проектирования. Пробное обучение предусматривало введение в методологию ИИ, постановку задачи оптимального проектирования, предоставление поддержки принятия решений ИИ для решения различных задач проектирования.

Приведём примеры обучения студентов РУТ(МИИТ) взаимодействию с ИИ. Как

известно, эффективной образовательной технологией является проектное обучение [23; 24], используемое в университете более 100 лет. При выполнении проекта без ИИ обычно студент назначает первоначальные параметры (например, высоту и площадь поперечного сечения и др.) традиционной и хорошо известной конструкции на основе опыта строительства, изложенного в учебниках. Затем выполняются многочисленные проверки конструкции с первоначальными параметрами по нормам, в результате конструкция оказывается далека от оптимальной вследствие многочисленных поправок для удовлетворения проверкам.

В работах [6; 21; 22; 25] приведён математический аппарат, отражающий в детерминированной форме законы механики, методы вариационного исчисления и дедукции для системы поддержки принятия решений (рис. 1) как одного из возможных сегодня направлений развития ИИ. С помощью системы поддержки принятия решений студент получает представление о реальном взаимодействии в многокомпонентной системе, включающей конструкции и механизмы, изучаемые в разных специальностях, которые указаны ранее. Тем самым студент овладевает новой компетенцией – системным видением инженерной деятельности в её целостности, многоаспектности, стадийности, взаимосвязях в *междисциплинарном аспекте* (ОПК-N). Студенту предлагается принять конструктивные решения, после того как преподаватель, используя программный комплекс ИИ, выдал рекомендации по изменению проектных параметров по длине сооружения. Векторные функционалы качества (критерии) показывают, что конструкция может быть оптимизирована по *нескольким критериям* одновременно [25]. Это очень важно для формирования новой компетенции (ОПК-NN). Студенту демонстрируется пространство компромиссов (парето-оптимальные решения) при многокритериальном подходе, в котором ИИ не может принимать решения, он только опре-

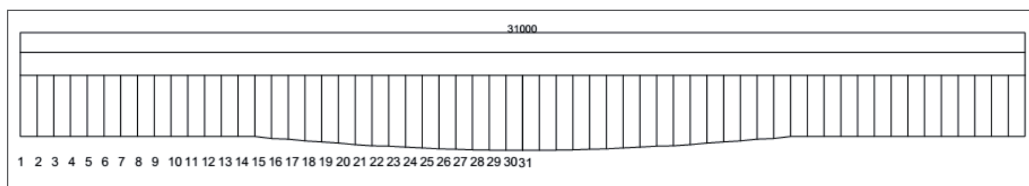


Рис. 2. Фасад балки с переменными параметрами по длине (обозначены номера поперечных сечений)
Fig. 2. The beam front with variables in length (the numbers of cross sections are indicated)

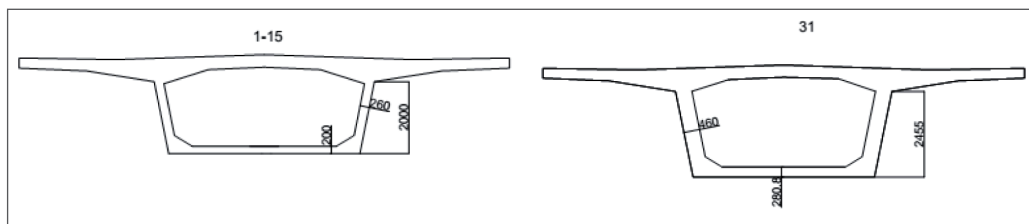


Рис. 3. Эскизы поперечных сечений балки моста: слева – сечения №№ 1–15, справа – № 31
Fig. 3. The drawings of the bridge cross sections: on the left – sections 1-15, on the right – section 31

делает это пространство, например, в виде диаграммы. Компромиссные решения может принять только человек.

Для простоты изложения здесь рассматривается один критерий – минимум массы балки моста. Оптимизация происходит при строгом соблюдении ограничений, таких как технологические ограничения на параметры конструкции, ограничения на вертикальное ускорение в вагоне по соображениям комфорта, ограничения на деформации балки и т.п. Обратим внимание, что динамическое поведение конструкции моста и вагона изучается на разных специальностях, что демонстрирует обучающимся *междисциплинарный аспект*, а также оценку проектных решений по *нескольким критериям* как новых компетенций ОПК-N и ОПК-NN, указанных выше.

Кратко приведём примеры задач, которые студенты решают в рамках проектного обучения с помощью ИИ. Подробнее эти примеры рассмотрены в [26].

1. Специализация «Мосты». В случае выполнения всех ограничений ИИ рекомендует постоянные свойства по длине балки, действуя в интересах критерия качества. В качестве прототипа выбран проект одного из ведущих проектных институтов страны

[20]. Студент принял решение о выполнении рекомендаций по снижению материалоемкости (т.е. массы и жёсткости) за счёт уменьшения толщины железобетонной плиты проезжей части и общей высоты стальной балки. В результате для балки длиной 50 м масса стали уменьшилась на 45 т (на 19%), железобетона – на 191 т (24%). Вспомним Программу¹⁷ в отношении материалоемкости. В другом случае (полностью железобетонная балка) для выполнения одновременного требования о снижении материалоемкости, неизменности максимального динамического изгибающего момента и вышеуказанных ограничений ИИ рекомендовал балку с переменными свойствами по длине. Студент принял решение о неизменности параметров верхней плиты, изменяя высоту балки и толщину наклонной стенки для выполнения рекомендаций ИИ (Рис. 2, 3). Экономия

¹⁷ Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг). Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 31.12.20 г. № 3684-п. URL: <http://static.government.ru/media/files/skzOODEvyFOIBtXobzPA3zTyC71cRAOi.pdf> (дата обращения: 21.06.2022).

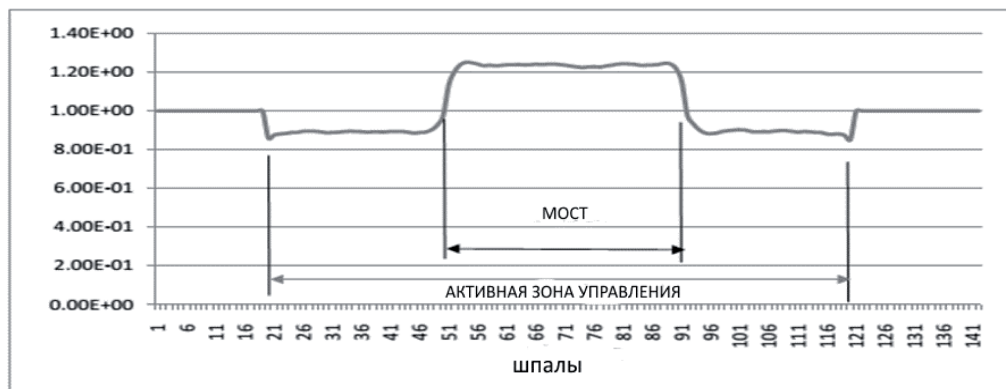


Рис. 4. ИИ рекомендует функцию изменения жёсткости пути для выполнения всех требований
 Fig. 4. AI recommends the path rigidity variation function to meet all the requirements

железобетона в сравнении с прототипом (проект другого ведущего проектного института) составила 145 т (16%).

2. Специализация «Управление техническим состоянием железнодорожного пути». Система поддержки принятия решений на основе ИИ предложила оптимальное распределение жёсткости железнодорожного пути, оптимизированного по критерию минимального воздействия на наименее стабильный элемент пути – щебёночный балласт, причём с требованием максимально равномерного воздействия для снижения расстройств по длине (многокритериальные оценки системы рассматриваются в [22; 25]).

Одновременно необходимо выполнение обязательных требований, в том числе – обеспечение надёжного прижатия колеса к рельсу для предотвращения схода с рельса (требование безопасности). Рассмотрение проекта-прототипа показывает, что после прохода моста вследствие возбуждённых колебаний балки, рельса и вагонов происходит отрыв колеса от рельса, что недопустимо. ИИ предлагает управляющую функцию $\gamma(x)$, от которой зависит жёсткость пути, показанную на рисунке 4. Обучающийся подбирает жёсткость упругих элементов пути в соответствии с рекомендациями ИИ с помощью кусочно-линейной аппроксимации

функции $\gamma(x)$. В результате максимальное усилие и локальные перегрузки основания снижены, а главное – выполнено ограничение по безопасности, т.к. отрыв колеса за всё время прохода поезда через мост не наблюдается [26]. Вспомним Указ Президента в отношении безопасности¹⁸.

В приведённых примерах отчётливо видна роль ИИ в рекомендации неочевидных закономерностей, обусловленных сложным процессом взаимодействия в многокомпонентной системе и многоэтапными вычислительными процедурами. Очень важным представляется факт применения деятельностного подхода, при котором студент переходит от учения к практической профессиональной деятельности.

Таким образом, можно констатировать следующие итоги пробного обучения:

- обучение применению ИИ на инженерных направлениях подготовки возможно, т.к. обучаемые справляются с задачей взаимодействия с ИИ;
- студенты смогут применять ИИ с опорой на уже изученные предметы, полученные знания и умения, следуя рекомендациям ИИ;

¹⁸ Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (Утв. указом Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490). URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (дата обращения: 21.06.2022).

- студентам предоставляется возможность выявления неочевидных междисциплинарных связей, ранее не рассматриваемых;
- обучение применению ИИ возможно не только в рамках отдельной дисциплины, но и в традиционных дисциплинах;
- в процессе обучения осуществлялся переход от учебной к профессиональной практической деятельности.

Заключение

1. В настоящее время сложился социальный заказ на использование искусственного интеллекта в технике, что нашло отражение в указах Президента и среднесрочных программах Правительства РФ. Однако действующие образовательные стандарты высшего образования не содержат требований в отношении подготовки к использованию ИИ.

2. В настоящее время и в среднесрочной перспективе актуальной задачей высшего технического образования является обучение применению ИИ. Реально существует т.н. «слабый» (узкий) ИИ, который может быть использован в инженерном образовании. Именно «слабый» ИИ в виде поддержки принятия решений, лишь подсказывающий путь решения задачи, необходим в высшей технической школе.

3. В процессе обучения ИИ у обучающихся должны не только закрепиться известные компетенции, но и сформироваться новые компетенции, позволяющие реализовать междисциплинарный подход к решению инженерных проблем оптимизации решений.

4. Обучение ИИ может осуществляться как в рамках отдельной дисциплины, так и в традиционных дисциплинах. Подготовка к использованию ИИ обеспечит современный уровень высшего технического образования. Студенты благодаря ИИ приобретают системное видение инженерной деятельности в её целостности, междисциплинарных взаимосвязях. Им демонстрируется процесс трансформации проектных

решений для соответствия нормам и оптимальности.

5. Пробное обучение студентов применению ИИ в процессе проектирования по направлению подготовки «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» показало возможность обучения «слабому» ИИ и применения технологий ИИ в инженерном образовании. Достигнутый уровень подготовки студентов позволяет им применять концепцию «слабого» ИИ в проектном подходе. Обучение студентов технических университетов применению ИИ является перспективным, поскольку с его помощью возможно продемонстрировать междисциплинарный аспект инженерных проблем, производить многокритериальную оценку решений, принимаемых обучающимися в проектном обучении.

Литература

1. Педагогика: Учеб. пособие для студентов педагогических учебных заведений / В.А. Сластенин, И.Ф. Исаев, А.И. Мищенко, Е.Н. Шиянов. М.: Школа-Пресс, 1997. 512 с. ISBN: 5-88527-171-2
2. McCarthy J. Programs with common sense // Minsky M. Semantic Information Processing. Cambridge, MA: The MIT Press, 1968. P. 403–418. URL: <https://www.cs.cornell.edu/selman/cs672/readings/mccarthy-upd.pdf> (дата обращения: 21.06.2022).
3. McCarthy J. What is artificial intelligence? Stanford University, 2004. URL: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/> (дата обращения: 21.06.2022).
4. Webster's new world thesaurus / Laird C.G. The new American library. Inc., 1971. 78 p. ISBN: 978-0446360272
5. Бруссард М. Искусственный интеллект: Пределы возможного. Пер. с англ. М.: Альпина, 2020. 362 с. ISBN: 978-5-00139-080-0
6. Poliakov V. The artificial intelligence and design of multibody systems with predicted dynamic behavior // Int. J. of Circuits, Systems and Signal Processing. 2020. Vol. 14. P. 972–977. DOI: 10.46300/9106.2020.14.124
7. Duan X. Application of Deep Learning in Power Load Analysis // Int. J. of Circuits, Systems and Signal Processing. 2020. Vol. 14. P. 726–735. DOI: 10.46300/9106.2020.14.92

8. *Huang W.* Power system Frequency Prediction after Disturbance Based on Deep Learning // *Int. J. of Circuits, Systems and Signal Processing.* 2020. Vol. 14. P. 716–725. DOI: 10.46300/9106.2020.14.91
9. *Zhu X., Zhang H.* A Lean Green Implementation Evaluation Method Based on Fuzzy Analytic Net Process and Fuzzy Complex Proportional Assessment // *Int. J. of Circuits, Systems and Signal Processing.* 2020. Vol. 14. P. 646–655. DOI: 10.46300/9106.2020.14.83
10. *Tingting Ye.* Research on the Risk Crisis Prediction of Enterprise Finance by Genetic Algorithm // *Int. J. of Circuits, Systems and Signal Processing.* 2018. Vol. 12. P. 319–324. URL: <https://www.naun.org/main/NAUN/circuitssystemssignal/2018/a922005-aes.pdf> (дата обращения: 21.06.2022).
11. *Poliakov V.* The artificial intelligence and optimization of multibody dynamical system with predicted dynamic behavior // *Proceedings of the 24th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers, Chania, Crete Island, Greece, July 19–22, 2020.* DOI: 10.46300/9106.2020.14.124
12. *Вербичкий А.А.* Теория и технологии контекстного образования. М.: МПГУ, 2017. 340 с. ISBN: 978-5-4263-0384-3
13. *Dreyfus H.* What Computers Still Can't Do: A Critique of Artificial Reason. MIT Press, 1992. 408 p. ISBN: 9780262540674
14. *Ракитов А.И.* Высшее образование и искусственный интеллект: эйфория и алармизм // *Высшее образование в России.* 2018. Т. 27. № 6. С. 41–49. URL: https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1392?locale=ru_RU (дата обращения: 21.06.2022).
15. *Hsu F.-H.* Behind Deep Blue – Building the Computer That Defeated the World Chess Champion. Princeton University Press, 2004. 320 p. ISBN: 9780691235134
16. *Bostrom N.* Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford University Press, 2014. 328 p. ISBN: 9780199678112
17. Университет третьего поколения в стратегии развития современного образования (круглый стол) // *Высшее образование в России.* 2018. Т. 27. № 5. С. 59–73. URL: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1367> (дата обращения: 21.06.2022).
18. *Немов Р.С.* (2004). Психология. Кн. 1. Общие основы психологии. М.: Владос, 2004. 148 с. ISBN: 978-5-691-01742-1
19. *Леонтьев А.Н.* Деятельность. Сознание. Личность. М.: Политиздат, 1975. 130 с. ISBN: 5-89357-153-3
20. *Poliakov V.Y., Saurin V.V.* Optimization of a composite beam for high-speed railroads // *Steel and Composite Structures.* 2020. Vol. 37. No. 4. P. 493–501. DOI: 10.12989/scs.2020.37.4.493
21. *Поляков В.Ю.* Численное моделирование взаимодействия подвижного состава с мостовыми конструкциями при высокоскоростном движении // *Строительная механика и расчёт сооружений.* 2016. № 2. С. 54–60. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26700903> (дата обращения: 21.06.2022).
22. *Поляков В.Ю.* Синтез оптимальных пролётных строений для высокоскоростной магистрали // *Строительная механика и расчёт сооружений.* 2016. № 3. С. 35–42. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26135687> (дата обращения: 21.06.2022).
23. *Дёмин О.Б., Аленичева Е.В., Лятина Е.Д.* Проектная деятельность – основа подготовки строителей // *Высшее образование в России.* 2010. № 6. С. 67–72. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15111077> (дата обращения: 21.06.2022).
24. *Данейкин Ю.В., Калтинская О.Е., Федотова Н.Г.* Проектный подход к внедрению индивидуальной образовательной траектории в современном вузе // *Высшее образование в России.* 2020. № 8-9. С. 104–116. DOI: 10.31992/0869-3617-2020-29-8-9-104-116
25. *Поляков В.Ю.* Парето-оптимальные пролётные строения для высокоскоростных магистралей // *Транспортное строительство.* 2016. № 6. С. 21–24. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27451007> (дата обращения: 21.06.2022).
26. *Poliakov V.* Optimization Facilities for Bridges and Track on High Speed Railways // *Ingegneria Ferroviaria, Transportation Science and Economy Journal.* 2018. Vol. 73. No. 3. P. 191–205. URL: https://www.researchgate.net/publication/324924888_Optimization_facilities_for_bridges_and_track_on_high_speed_railways (дата обращения: 21.06.2022).

Благодарности. Статья подготовлена при финансовой поддержке РНФ по проекту 22-19-00430.

Статья поступила в редакцию 15.03.22

Принята к публикации 16.06.22

References

1. Slastenin, V.A., Isaev, I.F., Mishchenko, A.I., Shiyanov, E.N. (1997). *Pedagogika: Ucheb. posobie dlya studentov pedagogicheskikh uchebnykh zavedeni* [Pedagogy: Textbook for Students of Teacher Training Institutions]. Moscow : Shkola-Press, 512 p. ISBN: 5-88527-171-2 (In Russ.).
2. McCarthy, J. (1968). Programs with Common Sense. In: Minsky, M. *Semantic Information Processing*. Cambridge, MA: The MIT Press, pp. 403-418. Available at: <https://www.cs.cornell.edu/selman/cs672/readings/mccarthy-upd.pdf> (accessed 21.06.2022).
3. McCarthy, J. (2004). What Is Artificial Intelligence? Stanford University. Available at: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/> (accessed 21.06.2022).
4. Laird C.G. (1971). Webster's New World Thesaurus The New American Library, Inc., 678 p. ISBN: 978-0446360272
5. Broussard, M. (2018). *Artificial Unintelligence: How Computers Misunderstand the World*. Cambridge, MA: MIT Press. (Russian translation: Moscow : Alpina, 2020, 362 p. ISBN: 978-5-00139-080-0).
6. Poliakov, V. (2020). The Artificial Intelligence and Design of Multibody Systems with Predicted Dynamic Behavior. *Int. J. of Circuits, Systems and Signal Processing*. Vol. 14, pp. 972-977, doi: 10.46300/9106.2020.14.124
7. Duan, X. (2020). Application of Deep Learning in Power Load Analysis. *Int. J. of Circuits, Systems and Signal Processing*. Vol. 14, pp. 726-735, doi: 10.46300/9106.2020.14.92
8. Huang, W. (2020). Power System Frequency Prediction after Disturbance Based on Deep Learning. *Int. J. of Circuits, Systems and Signal Processing*. Vol. 14, pp. 716-725, doi: <https://doi.org/10.46300/9106.2020.14.91>
9. Zhu, X., Hua Zhang, H. (2020). A Lean Green Implementation Evaluation Method Based on Fuzzy Analytic Net Process and Fuzzy Complex Proportional Assessment. *Int. J. of Circuits, Systems and Signal Processing*. Vol. 14, pp. 646-655, doi: 10.46300/9106.2020.14.83
10. Tingting, Ye. (2018). Research on the Risk Crisis Prediction of Enterprise Finance by Genetic Algorithm. *Int. J. of Circuits, Systems and Signal Processing*. Vol. 12, pp. 319-324. Available at: <https://www.naun.org/main/NAUN/circuitssystemssignal/2018/a922005-aes.pdf> (accessed 21.06.2022).
11. Poliakov, V. (2020). The Artificial Intelligence and Optimization of Multibody Dynamical System with Predicted Dynamic Behavior. In: Proc. 24th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers, Chania, Crete Island, Greece, July 19–22, 2020, doi: 10.46300/9106.2020.14.124
12. Verbitsky, A.A. (2017). *Teoriya i tekhnologii kontekstnogo obrazovaniya* [Theory and Technologies of Contextual Education]. Moscow : MPGU, 340 p. ISBN: 978-5-4263-0384-3 (In Russ.).
13. Dreyfus, H. (1992). *What Computers Still Can't Do: A Critique of Artificial Reason*. MIT Press. 408 p. ISBN: 9780262540674
14. Rakitov, A. I. (2018). Higher Education and Artificial Intelligence: Euphoria and Alarmism. *Vyshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 27, no. 6, pp. 41-49. Available at: https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1392?locale=ru_RU (accessed 21.06.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
15. Hsu, F.-H. (2004). *Behind Deep Blue – Building the Computer That Defeated the World Chess Champion*. Princeton University Press, 320 p. ISBN: 9780691235134
16. Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press, 328 p. ISBN: 9780199678112

17. (2018). Third Generation University in the Strategy of Modern Education Development (Round Table). *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 27, no. 5, pp. 59-73. Available at: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1367> (accessed 21.06.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
18. Nemov, R.S. (2004). *Psychology. Book 1. General Fundamentals of Psychology*. Moscow : Vlados Publ., 148 p. ISBN: 978-5-691-01742-1 (In Russ.).
19. Leontiev, A.N. (1975). *Deyatel'nost'. Soznanie. Lichnost'* [Activity. Consciousness. Personality]. Moscow : Politizdat Publ., 130 p. ISBN: 5-89357-153-3 (In Russ.).
20. Poliakov, V.Yu., Saurin, V.V. (2020). Optimization of a Composite Beam for High-Speed Railroads. *Steel and Composite Structures*. Vol. 37, no. 4, pp. 493-501, doi: 10.12989/scs.2020.37.4.493
21. Poliakov, V.Yu. (2016). [Numerical Simulation of the Interaction of Rolling Stock with Bridge Structures in High-Speed Traffic]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy* [Construction Mechanics and Calculation of Structures]. No. 2, pp. 54-60. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26700903> (accessed 21.06.2022). (In Russ.).
22. Poliakov, V.Yu. (2016). [Synthesis of Optimal Superstructures for a High-Speed Highway]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy* [Construction Mechanics and Calculation of Structures]. No. 3, pp. 35-42. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26135687> (accessed 21.06.2022). (In Russ.).
23. Demin, O.B., Alenicheva, E.V., Lyapina, E.D. (2010). Project Activities – Basis for Preparation of Future Builders. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 6, pp. 67-72. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15111077> (accessed 21.06.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
24. Daneikin, Yu.V., Kalpinskaya, O.E., Fedotova, N.G. (2020). Project Approach to the Implementation of an Individual Educational Trajectory in a Modern University. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 8-9, pp. 104-116, doi: 10.31992/0869-3617-2020-29-8-9-104-116 (In Russ., abstract in Eng.).
25. Poliakov, V.Yu. (2016). Pareto-Optimal Superstructures for High-Speed Highways. *Transportoe stroitel'stvo* [Transport Construction]. No. 6, pp. 21-24. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27451007> (accessed 21.06.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
26. Poliakov, V. (2018). Optimization Facilities for Bridges and Track on High Speed Railways. *Ingegneria Ferroviaria, Transportation Science and Economy Journal*. . Vol. 73, no. 3, pp. 191-205. Available at: https://www.researchgate.net/publication/324924888_Optimization_facilities_for_bridges_and_track_on_high_speed_railways (accessed 21.06.2022).

Acknowledgement. The research was funded by Russian Science Foundation (project 22-19-00430).

*The paper was submitted 15.03.22
Accepted for publication 16.06.22*