

УДК 338.4

© В. В. Асаул, д-р экон. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: asaul@inbox.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2024-21-1-112-119

© V. V. Asaul, Dr. Sci. Ec., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: asaul@inbox.ru

СИНГУЛЯРНОСТЬ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

SINGULARITY OF DIGITAL TRANSFORMATION IN CONSTRUCTION

Важную роль в развитии строительства в России играет внедрение инструментов цифровизации и, в частности, искусственного интеллекта. Несмотря на многочисленные публикации по этой проблематике, практически отсутствуют исследования по системному внедрению цифровизации в строительную деятельность и вероятному пределу этого процесса. В связи с тем, что данное явление мало исследовано, проблема в такой постановке рассматривается впервые. Целью данного исследования является анализ возможностей появления предела использования искусственного интеллекта в строительстве. Исследовано понятие «сингулярность», изучено внедрение искусственного интеллекта в практику отечественного строительства и сделаны выводы о том, что появление «сверхразума» в строительной сфере представляется делом далекого будущего. Полученные результаты вносят вклад в развитие теории самоорганизации и открывают новое теоретическое направление в исследовании проблем предела развития искусственного интеллекта в строительстве.

Ключевые слова: строительство, цифровая трансформация, искусственный интеллект, сингулярность, сверхразум.

Introduction of digitalization tools and, in particular, artificial intelligence plays an important role in the development of construction in Russia. Despite the numerous publications on this issue, there are practically no studies on the systematic implementation of digitalization in construction activities and possible limits of this process. Due to the fact that this phenomenon has been little studied, the problem in this formulation is considered for the first time. The purpose of this study is to analyze the possibilities of the emergence of a limit to the use of artificial intelligence in construction. The concept of «singularity» is investigated, the introduction of artificial intelligence into the practice of domestic construction is studied and conclusions are made that the emergence of «super intelligence» in the construction sphere seems to be a matter of the distant future. The results obtained contribute to the development of the theory of self-organization and open a new theoretical direction in the study of the problems of the development limiting of AI in construction.

Keywords: construction, digital transformation, artificial intelligence, singularity, superintelligence.

Введение

Неоспоримые преимущества развития цифровизации в строительной сфере отмечаются многими учеными в рамках выполняемых исследований научных школ СПбГАСУ [1–14], которые подтверждаются главными трендами в строительстве в 2023 г.

В отчете Университета Иннополис¹ «Применение искусственного интеллекта в приоритетных отраслях экономики», опублико-

¹ Российская автономная некоммерческая организация высшего образования в городе Иннополисе (Верхнеуслонский район, Республика Татарстан), специализирующаяся на образовании, исследованиях и разработках в области информационных технологий и робототехники.

ванном в августе 2023 г.² были определены несколько тенденций развития искусственного интеллекта (ИИ) и результатов этого развития в строительстве:

1) проектирование, основанное на анализе данных, — оптимизация проектирования на основе данных о материалах, здании, окружающей среде и других параметрах;

2) ИИ в управлении проектами — упорядочивание всех видов строительномонтажных работ (СМР), их распределение, сокращение времени на обработку большого количества документации, устранение ошибок и недочетов при их оформлении;

3) геоинформационные системы и беспилотные летательные системы (БПЛА) (дроны, геопространственная информационная система (ГИС), геопространственный ИИ (GeoAI) могут сократить время и способствовать принятию решений в режиме реального времени — землеустроительные работы, аэрофотосъемка, контроль выполнения проекта, решение возникающих проблем на строительной площадке;

4) анализ документов и оптимизация тендерных процедур — составление более точных смет, сокращение времени отставания от графика, анализ конкурсной документации, цен на материалы и пр.;

5) повышение производительности беспилотных транспортных систем — выполнение земляных и подготовительных работ в точном соответствии со спецификациями, высвобождение рабочих, снижение производственных рисков с помощью использования самоуправляемых транспортных средств (например, автоматизированные и полуавтоматизированные бульдозеры для земляных и подготовительных работ);

6) прогнозирование рисков, контроль безопасности и качества работ на строительной площадке — компьютерное зрение, ана-

лиз изображений и видеоданных в реальном времени, предупреждение о потенциально опасных ситуациях в различных местах;

7) сокращение административных процессов — алгоритмы распознавания текста, обработка голосовых сообщений и пр.;

8) анализ состояния техники и технического обслуживания.

Обсуждение

Отдельного внимания в данной области заслуживает зарубежный опыт.

В Германии, например, в 2020 г. завершилась апробация системы Early Bird [15], цель которой — обнаружить кризисы строительных проектов уже при их возникновении. Это дает менеджменту проекта возможность своевременно принять меры противодействия и перераспределить обязанности. Для этого машинный искусственный интеллект анализирует все документы, которыми обмениваются в проекте с помощью проектной платформы или сервера. На четко структурированной панели мониторинга содержимое кластеризуется в тематические области и окрашивается с помощью системы светофора в зависимости от уровня риска, благодаря чему создается быстрый обзор. Для более точной оценки соответствующие документы и записи доступны руководителям проекта.

В 2018 г. консалтинговая фирма McKinsey в своем исследовании отводила теме ИИ в строительстве довольно второстепенную роль. Тем временем в немецкоязычных странах появляется все больше и больше исследовательских проектов, посвященных искусственному интеллекту, машинному обучению и робототехнике в строительной сфере, которые могут значительно упростить выполнение строительных проектов. Например, чтобы справиться с кризисом, нужны методы, позволяющие распознать, что компания находится в кризисе. Диагностические методы, которые существуют на данный момент в строительстве, не очень эффективны, так как обычно слишком поздно показыва-

² Маркетинговый и патентный ландшафт Межотраслевого центра трансфера технологий Университета Иннополис. Применение искусственного интеллекта в приоритетных отраслях экономики URL: https://innopolis.university/filespublic/patentnyj_landshaft.pdf

ют, что строительный проект переживает кризис. Данную ситуацию можно изменить с помощью ИИ.

Продукт Early Bird является немецким примером системы помощи для строительных проектов, использующих искусственный интеллект для своевременного выявления рисков. Для этого весь «цифровой шум» строительного проекта (электронные письма, журналы, планы и переписка) анализируется на предмет рисков с помощью машинно-обученного ИИ. При обнаружении риска на панели мониторинга определенная область строительного проекта выделяется красным цветом. При необходимости процесс по устранению данного риска может запуститься программой автоматически. Early Bird является вспомогательной системой для управления проектами. Окончательное решение о том, действительно ли существует риск, всегда принимает руководитель проекта.

Первые признаки кризиса часто незаметны, поэтому разработчики Early Bird аннотировали около 10 000 терминов, относящихся к конкретным зданиям, в контексте строительного проекта. Для этого они снабдили программу данными завершенных строительных проектов, специальной литературой и инструкциями. ИИ учится через повторение, поэтому его нужно тренировать.

В случае реализации крупных проектов через его платформу в течение длительного периода времени может проходить более 100 электронных писем в день. Этот поток данных не всегда возможно оперативно обработать. Чтобы обеспечить данную функцию, разработчики разделили Early Bird на различные области: эмоции, затраты, планирование, организация, охрана труда, окружающая среда, сроки и качество. Как только в документе распознается риск реализации строительного проекта, область на панели мониторинга проекта становится оранжевой или красной — за миллисекунды, то есть как раз вовремя.

Искусственный интеллект может упростить многие темы цифровизации, в частности процессы планирования и этапы строительства, и сделать их более эффективными.

Еще один заслуживающий внимания немецкий продукт — это Smart Moodz. Он позволяет «отфильтровывать» эмоции из «цифрового шума». С помощью психологического отчета разработчики определили 1200 слов и заполнили их эмоциями. ИИ ищет корреспонденцию по этому шаблону. Эмоции играют важную роль в успехе проекта или в отношениях с клиентами — если люди разочарованы, ничего не выходит. Например, участник проекта еще не предъявил претензию на дополнительную стоимость, но фраза «побудить снова» в его письме ясно показывает, что автор уже рассержен, вследствие чего может появиться проблема. Таким образом, ИИ позволяет ее решить до обострения ситуации.

Научная гипотеза

Наблюдая за развитием искусственного интеллекта, можно сформулировать научную гипотезу: потенциал ИИ огромен.

В настоящее время аккумулируется невероятный объем данных о проектах, поэтому следующая цель разработчиков — использовать искусственный интеллект, чтобы найти закономерности, объясняющие, почему и когда строительные проекты идут не так, как надо. Но есть ли предел развитию искусственного интеллекта? Есть ли границы цифровой трансформации? Ответы на эти вопросы можно попытаться найти с помощью исследования понятия «сингулярность».

В технологиях сингулярность описывает гипотетическое будущее, в котором технологический рост не поддается контролю и необратим [16]. Эти интеллектуальные и мощные технологии радикально и непредсказуемо преобразят нашу реальность.

Термин «сингулярность» имеет разные значения в естественных науках и матема-

тике. Все зависит от контекста. Например, в естественных науках сингулярность описывает динамические системы и социальные системы, где небольшое изменение может оказать огромное влияние.

Технологическое использование сингулярности получило свое название из физики. Термин впервые вошел в обиход в теории общей относительности Альберта Эйнштейна в 1915 г.³ В теории сингулярность описывает центр черной дыры, точку бесконечной плотности и гравитации, из которой никогда не сможет вырваться ни один объект, находящийся внутри, даже свет.

Когда сингулярность используется для описания будущего, основное внимание уделяется уровню крайней неизвестности и необратимости. Термин используется для описания гипотетической точки, в которой технология, в частности ИИ (AI)⁴, основанный на алгоритмах машинного обучения, достигает сверхчеловеческого уровня интеллекта и возможностей.

Сингулярностью в технологии считается ситуация, когда компьютерные программы становятся настолько продвинутыми, что ИИ превосходит человеческий интеллект, потенциально стирая границу между человеком и компьютерами. Сингулярность также повлечет за собой развитие генной инженерии, расширение технологических связей с человеческим телом, таких как интерфейс мозг-компьютер, биологические изменения мозга, мозговые имплантаты. Нейро-нанотехнологии, такие как экспериментальный мозговой имплантат Илона Маска Neuralink, воспринимаются как одна из ключевых технологий, которая сделает сингулярность реальностью.

³ What is theory of relativity? Definition from TechTarget theory of relativity. URL: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/theory-of-relativity#:~:text=According%20to%20the%20theory%20of,by%20the%20presence%20of%20mass>

⁴ What is Artificial Intelligence and How Does AI Work? TechTarget. URL: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence>

Этот интеллектуальный взрыв окажет значительное влияние на человеческую цивилизацию. ИИ достигнет человеческого уровня сознания, интеллекта и возможностей, известного как искусственный общий интеллект (AGI)⁵. В настоящее время реальных примеров AGI не существует. Некоторые технологии обладают возможностями, подобными человеческим, но они ограничены только одной областью, например, генеративные программы искусственного интеллекта. AGI относится к машинам, которые объединяют несколько мощностей, что позволяет им делать все, что может сделать человек. На рисунке отображены уровни развития ИИ.

Есть и другие определения сингулярности, например: единичное событие, противоположное множеству. Этот термин обычно используется в науке для описания одного события, имеющего важные последствия для рассматриваемой области⁶.

Технологическая сингулярность — это концепция и прогноз футурологии, основанные на быстром технологическом прогрессе и множестве общественных изменений, которые рано или поздно приведут к возникновению технологической сингулярности, представляющей собой искусственный интеллект как продолжение человеческого интеллекта.

В контексте физики, теории большого взрыва, это описывало бы сингулярность в нашей галактике, то есть нам неизвестно другое подобное событие.

Сингулярность объясняется математически по аналогии с рисованием непрерывной прямой линии на листе бумаги. В какой-то момент она не сможет продолжаться, или геометрически линия становится «непол-

⁵ What is Artificial General Intelligence? TechTarget. URL: [https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/artificial-general-intelligence-AGI#:~:text=Artificial%20general%20intelligence%20\(AGI\)%20is,system%20could%20find%20a%20solution](https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/artificial-general-intelligence-AGI#:~:text=Artificial%20general%20intelligence%20(AGI)%20is,system%20could%20find%20a%20solution)

⁶ Singularitätsbedeutung (Was ist das, Konzept und Definition). URL: <https://de.about-meaning.com/11036166-singularity-meaning>



Уровни развития ИИ и его перспективы

ной», поскольку бумага имеет границу, поэтому можно сказать, что линия исчезает. Прямая линия, проведенная на листе бумаги, будет представлять собой прямую линию, на которой все свободно падающие частицы притягиваются только силой тяжести. Сингулярность возникает тогда, когда линия, т. е. частица, «исчезает».

Наука и техника обусловили изучение гравитационной сингулярности вокруг необычных условий черных дыр и их гравитационных волн.

Уникальность человека или его поведения определяется чувством индивидуальности. В животном мире люди представляют собой уникальное явление, поскольку стремятся отличаться друг от друга, быть особенными.

В антропологии и психологии понятие «эмоциональная уникальность» является важной и означает, что каждый человек осо-

знает свою особую реляционную конструкцию с точки зрения связей между опытом и чувствами для личностного роста⁷.

Сингулярность в первую очередь потребовала бы искусственного общего интеллекта, который включает объединение различных типов искусственного интеллекта в одной машине.

Согласно теории сингулярности после достижения AGI эти компьютерные программы и искусственный интеллект превратятся в сверхразумные машины с когнитивными способностями⁸, превосходящими челове-

⁷ Künstliche Intelligenz hält Einzug ins Bauwesen. URL: <https://www.handwerkundbau.at/bauen/kuenstliche-intelligenz-haelt-einzug-ins-bauwesen-14836>. Datum der Bewerbung: 13.10.2020.

⁸ Artificial intelligence: How is it different from human intelligence? URL: <https://online.hull.ac.uk/blog/what-is-artificial-intelligence-and-how-is-it-different-from-human-intelligence#:~:text=While%20artificial%20intelligence%20includes%20technologies,creativity%2C%20perception%2C%20and%20memory> 9/12/22

ские. В этот момент люди уже не смогут контролировать себя.

Машинный интеллект, превосходящий человеческий мозг, с точки зрения весьма умозрительной концепции также известен как искусственный сверхразум. Согласно теории значительные инновации в генетике, нанотехнологиях, автоматизации и робототехнике заложат основу сингулярности в первой половине XXI в.

Предприниматели и общественные деятели, такие как Илон Маск и Стивен Хокинг, выражали обеспокоенность по поводу достижений в области искусственного интеллекта, ведущих к вымиранию человечества. В 2023 г. Маск и другие специалисты в области искусственного интеллекта подписали открытое письмо, в котором призвали к шестимесячной паузе в исследованиях в области искусственного интеллекта⁹ до тех пор, пока не будут установлены правила и сформирован ответственный искусственный интеллект¹⁰.

Выводы

В качестве вывода можно предположить следующее. Хотя термин «техническая сингулярность» часто встречается в дискуссиях об искусственном интеллекте, технологи и ученые расходятся во мнениях относительно его значения. Однако многие эксперты считают, что поворотным моментом станет появление сверхразума. Они также согласны с важнейшими аспектами сингулярности, такими как технологический прогресс интеллектуальных систем, самосовершенствующимся с экспоненциальной скоростью. Однако, судя по тем преимуществам, которые может дать внедрение ИИ в практику отечественного строительства, появление «сверх-

разума» в строительстве представляется делом далекого будущего.

Библиографический список

1. Асаул В. В., Кощев В. А., Цветков Ю. А. Оценка конкурентоспособности организаций в условиях цифровой экономики // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10, № 1. С. 533–548.
2. Асаул В. В., Рыбнов Е. И., Куралов С. П. Цифровая модернизация города: опыт проектов «умных городов» в Германии // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 5 (82). С. 199–206.
3. Асаул В. В., Кришталь В. В., Кощев В. А., Петухова Ж. Г. Государственно-частное партнерство как механизм привлечения инфраструктурных инвестиций: проблемы внедрения и снижение рисков // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 5 (82). С. 223–233.
4. Асаул В. В., Кришталь В. В., Петухова Ж. Г. Реализация национальных проектов, направленных на инвестиции в инфраструктурное обеспечение предпринимательской деятельности: проблемы и решения // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 4 (81). С. 209–218.
5. Асаул В. В., Аблязов Т. Х., Вишинецкая А. И. Формирование комфортной среды жизни человека на основе концепции «программируемого» города // Московский экономический журнал. 2020. № 8. С. 15.
6. Асаул В. В., Аблязов Т. Х. Цифровая трансформация жилищно-коммунального хозяйства России на основе применения междисциплинарного подхода // Международный научный журнал. 2020. № 4. С. 21–28.
7. Асаул В. В., Таранов А. И. Конкурентная разведка как инструмент повышения конкурентоспособности организации // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 6 (83). С. 214–219.
8. Асаул В. В. Границы цифровой трансформации строительной сферы // Московский экономический журнал. 2023. № 11. С. 773–782.
9. Asaul V., Pesotskaya E. Innovative technologies in construction: International experience and problems of incorporation in Russia // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. No 497 (1). 012004.
10. Asaul V. Ablyazov T. Development of the Arctic transport infrastructure in the digital economy // II International Conference «Transport Accessibility in the Arctic: Networks and Systems», Transportation Research Procedia, 2021. No 57. Pp. 1–8.
11. Петухов М. В. Конкурентные преимущества применения искусственного интеллекта в строительстве: снижение затрат, сроков и обеспечение качества

⁹ The call for an AI pause points to a major concern. URL: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/news/365534127/The-call-for-an-AI-pause-points-to-a-major-concern> 30/03/23

¹⁰ Responsible AI: Scale AI with confidence. URL: <https://www.accenture.com/us-en/services/applied-intelligence/ai-ethics-governance#:~:text=That's%20where%20Responsible%20AI%20comes,and%20scale%20AI%20with%20confidence>

строительства // Экономика и предпринимательство. 2021. № 8. С. 1129–1135.

12. Петухов М. В. Изменение ролей и традиционного уклада: развитие робототехники как фактор необходимости изменения подходов к формированию конкурентных преимуществ в строительстве // Экономика и предпринимательство. 2021. № 9. С. 931–936.

13. Петухов М. В. Переход к модульности и сборке компонентов в строительстве как фактор заимствования экономических конкурентных преимуществ промышленного производства // Экономика и предпринимательство. 2021. № 11. С. 1345–1349.

14. Петухов М. В. Конкурентные преимущества цифровизации для оптимизации строительного процесса — эффективное использование ресурсов данных системами ERP и CRM // Московский экономический журнал. 2022. № 4. С. 705–720.

15. Sonja Meßner. Künstliche Intelligenz hält Einzug ins Bauwesen. KÜNSTLICHE INTELLIGENZ 13.10.2020. URL: <https://www.handwerkundbau.at/bauen/kuenstliche-intelligenz-haelt-einzug-ins-bauwesen-14836>

16. Barney N., Zola A. What is the Singularity? Definition from Tech Target URL.: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/Singularity-the>

References

1. Asaul V. V., Koshcheev V. A., Tsvetkov Yu. A. *Otsenka konkurentosposobnosti organizatsiy v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki* [Assessment of competitiveness of organizations in the digital economy]. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki – Issues of innovation economy*, 2020, vol. 10, no. 1, pp. 533–548.

2. Asaul V. V., Rybnov E. I., Kuralov S. P. *Tsifrovaya modernizatsiya goroda: opyt proektov «umnykh gorodov» v Germanii* [Digital modernization of the city. The experience of projects of “smart cities” in Germany]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 5 (82), pp. 199–206.

3. Asaul V. V., Krishtal' V. V., Koshcheev V. A., Petukhova Zh. G. *Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo kak mekhanizm privlecheniya infrastrukturykh investitsiy: problemy vnedreniya i snizhenie riskov* [Public-private partnership as a mechanism for attracting infrastructure investments: problems of implementation and risk reduction]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 5 (82), pp. 223–233.

4. Asaul V. V., Krishtal' V. V., Petukhova Zh. G. *Realizatsiya natsional'nykh proektov, napravlennykh na investitsii v infrastrukturalnoye obespechenie predprinimatel'skoy deyatel'nosti: problemy i resheniya* [Implementation of national projects aimed at investment in infrastructure support of entrepreneurial activity:

problems and solutions]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 4 (81), pp. 209–218.

5. Asaul V. V., Ablyazov T. Kh., Vishnivetskaya A. I. *Formirovanie komfortnoy sredy zhizni cheloveka na osnove kontseptsii «programmiruемого» goroda* [Formation of comfortable human living environment on the basis of the concept of “programmable” city]. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal – Moscow Economics Journal*, 2020, no. 8, p. 15.

6. Asaul V. V., Ablyazov T. Kh. *Tsifrovaya transformatsiya zhilishchno-kommunal'nogo khozyaystva Rossii na osnove primeneniya mezhdistsiplinarnogo podkhoda* [Digital transformation of housing and communal services in Russia based on the application of interdisciplinary approach]. *Mezhdunarodniy nauchniy zhurnal – International Scientific Journal*, 2020, no. 4, pp. 21–28.

7. Asaul V. V., Taranov A. I. *Konkurentnaya razvedka kak instrument povysheniya konkurentosposobnosti organizatsii* [Competitive intelligence as a tool to improve the competitiveness of the organization]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 6 (83), pp. 214–219.

8. Asaul V. V. *Granitsy tsifrovoy transformatsii stroitel'noy sfery* [Borders of digital transformation of the construction sphere]. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal – Moscow Economics Journal*, 2023, no. 11, pp. 773–782.

9. Asaul V., Pesotskaya E. *Innovative technologies in construction: International experience and problems of incorporation in Russia*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 497 (1), 012004.

10. Asaul V., Ablyazov T. *Development of the Arctic transport infrastructure in the digital economy*. *Proceedings of the II International Conference «Transport Accessibility in the Arctic: Networks and Systems»*, Transportation Research Procedia, 2021, no. 57, pp. 1–8.

11. Petukhov M. V. *Konkurentnye preimushchestva primeneniya iskusstvennogo intellekta v stroitel'stve: snizhenie zatrat, srokov i obespechenie kachestva stroitel'stva* [Competitive advantages of application of artificial intelligence in construction: reducing costs, terms and ensuring the quality of construction]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo – Economics and Entrepreneurship*, 2021, no. 8, pp. 1129–1135.

12. Petukhov M. V. *Izmenenie roley i traditsionnogo ukлада: razvitie robototekhniki kak faktor neobkhodimosti izmeneniya podkhodov k formirovaniyu konkurentnykh preimushchestv v stroitel'stve* [Change of roles and traditional way of life: development of robotics as a factor of necessity of change of approaches to formation of competitive advantages in construction]. *Ekonomika*

i predprinimatel'stvo – Economics and Entrepreneurship, 2021, no. 9, pp. 931–936.

13. Petukhov M. V. *Perekhod k modul'nosti i sborke komponentov v stroitel'stve kak faktor zaimstvovaniya ekonomicheskikh konkurentnykh preimushchestv promyshlennogo proizvodstva* [Transition to modularity and component assembly in construction as a factor of borrowing economic competitive advantages of industrial production]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo – Economics and Entrepreneurship*, 2021, no. 11, pp. 1345–1349.

14. Petukhov M. V. *Konkurentnye preimushchestva tsifrovizatsii dlya optimizatsii stroitel'nogo protsessa — effektivnoe ispol'zovanie resursov dannykh sistemami ERP*

i CRM [Competitive advantages of digitalization for optimization of construction process - effective use of data resources by ERP and CRM systems]. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal – Moscow Economics Journal*, 2022, no. 4, pp. 705–720.

15. Sonja Meßner. *Künstliche Intelligenz hält Einzug ins Bauwesen*. *Künstliche Intelligenz*, 13.10.2020. Available at: <https://www.handwerkundbau.at/bauen/kuenstliche-intelligenz-haelt-einzug-ins-bauwesen-14836>

16. Barney N., Zola A. *What is the Singularity? Definition from Tech Target*. Available at: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/Singularity-the>