

Научная статья

Original article

УДК 69, 338.12

doi: 10.55186/2413046X_2023_8_11_590

**ГРАНИЦЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ
СФЕРЫ**
FRONTIERS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF CONSTRUCTION



Асаул Вероника Викторовна, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономики строительства и ЖКХ, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, E-mail: asaul@inbox.ru

Asaul Veronika Viktorovna, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Construction Economics and Housing and Communal Services, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, E-mail: asaul@inbox.ru

Аннотация. В статье представлен научный обзор применения искусственного интеллекта в строительстве, проанализированы результаты исследований практического внедрения инструментов искусственного интеллекта при реализации инвестиционно-строительных проектов. На основании произведенного анализа предложены классификация границ цифровой трансформации строительной сферы, а также математическая модель, применение которой позволяет анализировать и прогнозировать возможные границы развития в этой области. Предложенный подход может не только расширить научное понимание влияния цифровой трансформации на строительство, но и способствовать разработке стратегий для более устойчивого и эффективного его развития.

Abstract. The article presents a scientific review of the use of artificial intelligence in the construction field, analyzed the results of research on the practical introduction of artificial intelligence tools in the implementation of investment and construction projects. Based on the analysis, a classification of the boundaries of the digital transformation of the construction sphere, as well as a mathematical model that allows you to analyze and predict possible boundaries of development in this area, are proposed. The proposed approach can not only expand the scientific understanding of the impact of digital transformation on construction, but also contribute to the development of strategies for a more sustainable and effective development of this area.

Ключевые слова: цифровая трансформация, строительная сфера, искусственный интеллект, сингулярность, границы трансформации

Keywords: digital transformation, construction industry, artificial intelligence, singularity, transformation

Современное строительство переживает период значительных изменений, поддерживаемых инновационными технологиями и цифровой трансформацией. Применение искусственного интеллекта, геоинформационных систем, и технологий анализа данных уже демонстрируют свою эффективность, повышая производительность и оптимизируя строительные процессы. Однако, на пути к неограниченным возможностям цифрового развития, становятся актуальными вопросы возможных границ этого процесса. [1, 2, 3]

Зарубежный опыт внедрения цифровых решений в строительной сфере, особенно в Германии, представляет интерес и может пролить свет на эффективность таких инноваций. В 2020 г. в Германии успешно завершилась апробация системы под названием «Early Bird» [4], разработанной с целью выявления кризисов в строительных проектах на ранних этапах и предоставления возможности руководителям проекта своевременно

реагировать, предпринимать меры по предотвращению кризиса и перераспределению задач. Эта система использует искусственный интеллект для анализа всех документов, которыми обмениваются участники проекта через проектную платформу или сервер. Анализ проводится с учетом структурированности информации, которая кластеризуется по тематическим областям и отображается с использованием светофорной системы, указывающей на уровень риска. Таким образом, обеспечивается оперативный обзор событий, и для более детальной оценки рисков руководители проектов имеют доступ к соответствующим документам и записям с помощью нескольких кликов мыши.

В 2018 г. исследование консалтинговой фирмы McKinsey преуменьшало роль искусственного интеллекта в строительстве, но в немецкоязычных странах наблюдается растущий интерес и увеличивается количество исследовательских проектов, посвященных применению искусственного интеллекта, машинного обучения и робототехники в строительной сфере. Эти проекты предоставляют новые инструменты и методы для выявления и управления кризисами в строительстве, что ранее было затруднительно.

Продукт «Early Bird» представляет собой немецкий пример системы, использующей искусственный интеллект для своевременного обнаружения рисков. Система анализирует всю цифровую информацию, создаваемую в ходе строительного проекта, включая электронные письма, журналы, планы и переписку, и применяет машинное обучение для анализа рисков. При выявлении риска, соответствующая область отображается в красном цвете, и запускаются процедуры по его решению. Эта система является вспомогательным инструментом для управления проектами, и окончательное решение о наличии риска всегда принимается руководителем проекта.

Часто первые признаки кризиса в строительных проектах остаются незамеченными, и поэтому разработчики системы аннотировали около 10 000 терминов, связанных с конкретными зданиями, используя данные из

завершенных строительных проектов, специализированную литературу и инструкции. Эти данные используются для обучения искусственного интеллекта, что позволяет системе более точно выявлять риски.

В случае крупных проектов, система может обрабатывать более 100 электронных писем в день, создавая значительный поток данных. Для обеспечения более эффективного анализа, система разделяет панель управления на различные области, включая эмоции, затраты, планирование, организацию, охрану труда, окружающую среду, сроки и качество. При обнаружении риска, соответствующая область окрашивается в оранжевый или красный цвет, обеспечивая мгновенное уведомление.

Искусственный интеллект и цифровые решения способны значительно упростить многие аспекты в строительной сфере, включая улучшение планирования и эффективности проектов. Примером другого продукта является «Smart Moodz», который позволяет выделять эмоциональный контекст из цифровых данных. С использованием психологического анализа разработчики определили около 1200 слов, связанных с эмоциями, и используют их для анализа эмоционального состояния участников проекта. Эмоции играют важную роль в успехе проектов и взаимоотношениях с клиентами, поскольку диссонанс эмоций может негативно сказаться на результате. Раннее выявление эмоциональных проблем позволяет принимать меры до их обострения.

В свете быстрого развития искусственного интеллекта (ИИ) в строительной сфере, возникает интерес к вопросу о пределах цифровой трансформации и возможном наступлении «сингулярности». Сингулярность представляет собой гипотетическое будущее, в котором технологический рост становится необратимым и выходит из-под человеческого контроля [5]. В этом контексте, термин «сингулярность» описывает критический момент, когда технология, включая ИИ, достигает сверхчеловеческого уровня интеллекта и способностей.

Слово «сингулярность» имеет разные значения в различных областях наук, но в контексте технологии оно описывает период крайней неизвестности и необратимости. Этот термин берет начало из области физики, где сингулярность описывает центр черной дыры, точку бесконечной гравитации, из которой ничто не может выбраться, включая свет.

Сингулярность в технологии относится к гипотетическому моменту, когда компьютерные программы и ИИ становятся настолько развитыми, что превосходят человеческий интеллект, и возникает потенциал стирания границы между человеком и машиной. Этот интеллектуальный взрыв, который также может включать в себя технологическую интеграцию с человеческим телом, как, например, мозг-компьютерные интерфейсы, биологические изменения мозга, мозговые имплантаты и генетическую инженерию, будет иметь значительное воздействие на человеческую цивилизацию.

Искусственный общий интеллект (AGI) – это понятие, которое включает в себя искусственные системы, способные выполнять широкий спектр задач, аналогичных человеческому интеллекту [6]. В настоящее время, реальных примеров AGI пока нет, но растущие достижения в области машинного обучения и ИИ приближают нас к этому уровню. AGI предполагает машины, способные выполнять разнообразные задачи, аналогичные тем, что выполняет человек.

В данной статье, сингулярность рассмотрена в контексте технологической эволюции и искусственного интеллекта. Сингулярность в технологии является концепцией, основанной на предположении о быстром технологическом прогрессе, который, в конечном итоге, может привести к необратимым изменениям и возникновению так называемой «технологической сингулярности». Это представляет собой идею о том, что технологии, включая искусственный интеллект, могут достичь уровня, на

котором они превосходят человеческий интеллект и способности. [7] В контексте физики, термин «сингулярность» описывает точку бесконечной плотности и гравитации, например, в центре черной дыры. Эта точка обладает такой силой притяжения, что ничто, даже свет, не может покинуть ее.

Сингулярность также может быть объяснена математически как концепция, при которой непрерывная линия на бумаге не может продолжаться бесконечно, и она становится «неполной» из-за ограничения бумаги. Это иллюстрируется как момент, когда линия «исчезает». В контексте искусственного интеллекта и сингулярности, считается, что после достижения искусственного общего интеллекта (AGI), компьютерные программы и ИИ станут сверхразумными машинами, которые превосходят человеческий интеллект и могут перейти за пределы человеческого контроля.

В данной статье предпринята попытка исследования важности и потенциала цифровой трансформации в строительной сфере, а также рассмотрения возможных границы этой трансформации через призму концепции сингулярности. В Таблице 1 классифицированы границы цифровой трансформации в строительной сферы, с учетом современных факторов и аспектов.

Таблица 1

Классифицированы границ цифровй трансформации строительной сферы

Границы	Описание
Этические и юридические	Развитие технологий, особенно в контексте сингулярности, порождает новые этические и правовые вопросы. Создание нормативных норм и правил, которые будут учитывать фактор развития искусственного интеллекта на супер человеческом уровне и защищать права и интересы всех участников строительных процессов, могут стать ограничением в процессе внедрения новых технологий в строительную сферу.
Обучение и квалификация персонала	С развитием технологий сингулярности потребуются высококвалифицированные специалисты, способные взаимодействовать с машинами на новом уровне. Обеспечение

	обучения и развития компетенций среди работников в строительной сфере возможно лишь с учетом и на уровне возможностей человека.
Кибербезопасность	При использовании высокоразвитых технологий и соединении различных систем возрастает уровень уязвимости перед кибер атаками. Требования по защите данных и информационных систем на строительных объектах могут ограничить уровень технологий, которые возможно внедрить в строительную сферу.
Доступность и инфраструктура	Неравномерность доступа к современным технологиям может создать разрыв в цифровой трансформации между различными регионами. Необходимость равного доступа к цифровой инфраструктуре становится важным вызовом и возможным фактором, ограничивающим уровень цифровой трансформации строительной сферы.
Интеграция технологий	С разнообразием технологий в строительстве возникают вызовы по их взаимодействию и совместимости. Стандартизация и согласование между различными системами и устройствами накладывают дополнительные ограничения для успешной цифровой трансформации.
Финансирование и инвестиции	Разработка и внедрение новых технологий будут требовать более значительных инвестиций, эффективность которых станет со временем недостаточной для привлечения новых источников финансирования.

Таким образом, цифровая трансформация строительной сферы в контексте сингулярности сталкивается с рядом ограничений и вызовов, связанных с этикой, квалификацией, безопасностью, социальным влиянием и ресурсами. Понимание и учет этих границ играют важную роль в успешной реализации цифровой трансформации в строительстве. [8]

Важно подчеркнуть, что достижение технологических, ресурсных, этнических или других границ может означать не только фактическое ограничение цифровой трансформации в строительной сфере, но и ограничение потенциала для дальнейшего улучшения производительности и других ключевых показателей. Достижение максимально возможного уровня цифровой трансформации в данном контексте, могут создавать ограничения для дальнейшего развития и применения инноваций. Поэтому необходимо

внимательно анализировать и учитывать такие аспекты, чтобы разрабатывать устойчивые стратегии и решения, способствующие долгосрочной успешной цифровой трансформации в строительной сфере.

Научные модели, описывающие ограничения цифровой трансформации, могут варьироваться в зависимости от конкретных аспектов исследования. [9, 10, 11] Однако можно рассмотреть простую математическую модель, которая иллюстрирует ограничение роста производительности в контексте ограниченных ресурсов.

Допустим, мы анализируем функцию производительности (P) строительной сферы, которая зависит от ряда факторов, включая доступные технологии (T), количество ресурсов (R), и этнические факторы (E):

$$P = f(T, R, E),$$

где: T – представляет уровень технологического развития,

R – представляет количество доступных ресурсов, таких как материалы, рабочая сила и финансовые средства,

E – представляет этнические и культурные факторы, влияющие на производительность,

Мы можем представить, что каждый из этих факторов может быть представлен числовой шкалой от 0 до 1, где 0 представляет полное отсутствие фактора, а 1 представляет его максимальное воздействие.

Теперь, если мы хотим оценить производительность строительной сферы в условиях ограниченных ресурсов, мы можем использовать следующее уравнение:

$$P = T * R * E.$$

Это уравнение показывает, что производительность (P) ограничена перемножением уровней технологического развития (T), доступных ресурсов (R) и этнических факторов (E). Если хотя бы один из этих факторов близок к нулю, производительность будет сильно ограничена. Таким образом, даже при высоком уровне технологического развития, ограниченные ресурсы или

этнические противоречия могут стать серьезными ограничениями для дальнейшей цифровой трансформации.

Подобные модели могут быть более сложными и учитывать множество факторов, но данная простая иллюстративная модель демонстрирует, как ограничения могут влиять на производительность и трансформацию в строительной сфере.

Цифровая трансформация в строительстве представляет собой неотъемлемую часть современного развития, принося множество инноваций и улучшений. В данной статье был проведен анализ трансформационных процессов, используя концепцию сингулярности, предостерегая о возможных границах этого развития.

Научные исследования, представленные в статье, подчеркнули значительные преимущества применения искусственного интеллекта в строительстве. Системы, основанные на анализе данных, управление проектами с применением искусственного интеллекта, геоинформационные технологии, исследование документов, повышение производительности транспортных систем – все эти нововведения призваны оптимизировать строительные процессы и повысить их эффективность.

Однако, используя концепцию сингулярности, можно выделить возможные границы этой цифровой трансформации. Сингулярность, как технологическое явление, указывает на возможность достижения уровня, где технологический рост становится необратимым и не поддается контролю. В контексте строительной сферы, это может означать достижение точки, где дальнейшее увеличение производительности и инноваций становится труднореализуемым из-за технологических, ресурсных, этнических или других границ.

Предложенная модель исследования границ цифровой трансформации предоставляет инструмент для более глубокого анализа влияния различных параметров на эти границы. Такой подход может стать отправной точкой для

будущих исследований в области цифровой трансформации строительной сферы, обеспечивая более точные прогнозы и стратегии развития.

Список источников

1. НИУ МГСУ. Технический отчет «Цифровизация строительной отрасли на всех этапах жизненного цикла ОКС» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://digital-build.ru/wp-content/uploads/2022/07/13029866.179299560164735928.1.2-1.pdf> (дата обращения 27.10.2023)
2. Абдрахманова Г. И., Васильковский С. А., Вишневский К. О., Гершман М. А., Гохберг Л. М. и др. Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г. // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. – 221 с.
3. Аблязов Т.Х. сущность междисциплинарного взаимодействия при развитии территорий в условиях цифровой экономики // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2020. № 7. С. 9-12.
4. Von: Sonja Meßner Künstliche Intelligenz hält Einzug ins Bauwesen KÜNSTLICHE INTELLIGENZ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.handwerkundbau.at/bauen/kuenstliche-intelligenz-haelt-einzug-ins-bauwesen-14836> (дата обращения 31.10.2023)
5. Barney, N. What is the Singularity? Definition from Tech Target / Barney N., Zola A. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/Singularity-the> (дата обращения 20.10.2023)
6. What is Artificial General Intelligence? - TechTarget [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/artificial-general->

of Economics. – М.: Publishing house. house of the Higher School of Economics, 2022. – 221 с.

3. Ablyazov T.Kh. the essence of interdisciplinary interaction in the development of territories in the digital economy // Modern science: current problems of theory and practice. Series: Economics and Law. 2020. № 7. С. 9-12.

4. Von: Sonja Meßner Künstliche Intelligenz hält Einzug ins Bauwesen
KÜNSTLICHE INTELLIGENZ – Access mode:
<https://www.handwerkundbau.at/bauen/kuenstliche-intelligenz-haelt-einzug-ins-bauwesen-14836> (date of the application 31.10.2023)

5. Barney, N. What is the Singularity? Definition from Tech Target / Barney N., Zola A. – Access mode:
<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/Singularity-the> (date of the application 20.10.2023)

6. What is Artificial General Intelligence? – TechTarget – Access mode:
[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) (date of the application 25.10.2023)

7. Petukhov, M. V. Changing roles and traditional way of life: the development of robotics as a factor in the need to change approaches to the formation of competitive advantages in construction / M. V. Petukhov // Economics and Entrepreneurship, No 9, 2021 г. – С. 931 – 936.

8. Ablyazov T., Asaul V. On competitive potential of organization under conditions of new industrial base formation – SHS Web of Conferences. 2018. T. 44. С. 00003.

9. Evsikov I., Ablyazov T., Aleksandrov A. Tools for modeling heat flows from buildings in the context of digital transformation of the urban environment – Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. T. 387. С. 191-201.

Московский экономический журнал. № 11. 2023

Moscow economic journal. № 11. 2023

10. Neshataev I. R. Digital construction in the Russian Federation // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2022. № 2. С. 77-82.

11. 114. Chen X., Chang-Richards A.Y., Pelosi A., Jia Y., Shen X., Siddiqui M.K., Yang N. Implementation of technologies in the construction industry: A systematic review // Eng. Constr. Archit. Manag. 2022. № 29. P. 3181–3209.

Для цитирования: Асаул В.В. Границы цифровой трансформации строительной сферы // Московский экономический журнал. 2023. № 11.

URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-11-2023-57/>

© Асаул В.В. 2023. Московский экономический журнал, 2023, № 11.