

Шабиев С.Г., Пичугов П.А., Ахмадуллина Э.И.

ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ВЫСОТНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Рассматриваются проблемы взаимного влияния энергоэффективных зданий и технологий искусственного интеллекта (ИИ) в процессе архитектурного формирования. Анализируются ключевые аспекты интеграции энергоэффективных решений и возможностей ИИ для оптимизации проектирования и эксплуатации зданий. Особое внимание уделено методам использования данных технологий в современных условиях, а также перспективам их дальнейшего развития.

Цель – исследование проблем взаимодействия между энергоэффективными зданиями и искусственным интеллектом в контексте архитектурного проектирования. Основное внимание уделяется выявлению возможных трудностей и преимуществ, связанных с интеграцией нейросетевых-технологий в процесс создания и эксплуатации энергоэффективных объектов. Задачи исследования: изучить современные тенденции в области энергоэффективных зданий и применения искусственного интеллекта в архитектуре; проанализировать существующие проблемы энергоэффективного проектирования; рассмотреть существующие подходы к интеграции машинного обучения в проектирование и эксплуатацию энергоэффективных сооружений; определить примеры успешного использования нейросетей для достижения энергоэффективности; оценить перспективы и риски интеграции. Применялись комплексные методы анализа и прогнозирования, такие как: аналитический метод для изучения современных трендов энергоэффективного проектирования; моделирование сценариев взаимодействия энергоэффективности и строительных технологий; сравнительный анализ существующих мировых зарубежных примеров; сбор и анализ эмпирических данных о функционировании зданий с интегрированными ИИ-системами; трендовый анализ – позволяет отслеживать и анализировать паттерны и изменения в данных за определённый период времени. С помощью этого метода можно отследить динамику показателей, идентифицировать тренды, составить прогнозы и стратегии.

Приводятся примеры успешной реализации проектов в мире, где сочетание энергоэффективных подходов и машинного обучения позволило достичь высоких показателей устойчивости и комфорта. В заключении делаются выводы о необходимости комплексного подхода к использованию этих технологий в архитектурной практике.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейросети, высотные общественные здания, энергоэффективность, архитектурное формирование, оптимизация проектирования.

PROBLEMS OF MUTUAL INFLUENCE OF ENERGY EFFICIENT HIGH-RISE PUBLIC BUILDINGS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The problems of mutual influence of energy-efficient buildings and artificial intelligence (AI) technologies in the process of architectural formation are considered. The key aspects of integrating energy-efficient solutions and AI capabilities to optimize building design and operation are analyzed. Special attention is paid to the methods of using these technologies in modern conditions, as well as the prospects for their further development.

The purpose of the study is to study the problems of interaction between energy—efficient buildings and artificial intelligence in the context of architectural design. The main focus is on identifying possible difficulties and advantages associated with the integration of neural network technologies into the process of creating and operating energy-efficient facilities. Research objectives: to study current trends in energy-efficient buildings and the use of artificial intelligence in architecture; to analyze existing problems of energy-efficient design and the role of AI; to consider existing approaches to the integration of machine learning into the design and operation of energy efficient facilities; to identify examples of successful use of neural networks to achieve energy efficiency; to assess the prospects and risks of integration. Complex methods of analysis and forecasting were used, such as: an analytical method for studying modern trends in energy-efficient design; modeling scenarios for the interaction of energy efficiency and construction technologies; a comparative analysis of existing global and foreign examples; collection and analysis of empirical data on the functioning of buildings with integrated AI systems; trend analysis - allows you to track and analyze patterns and changes in data over a certain period of time. Using this method, it is possible to track the dynamics of indicators, identify trends, make forecasts and strategies.

Examples of successful project implementation in the world are given, where the combination of energy-efficient approaches and machine learning has made it possible to achieve high levels of sustainability and comfort. In conclusion, conclusions are drawn about the need for an integrated approach to the use of these technologies in architectural practice.

Keywords: *artificial intelligence, neural networks, high-rise public buildings, energy efficiency, architectural formation, optimization of design.*

Энергоэффективность зданий становится все более актуальной темой в современном мире, особенно в свете глобальных экологических вызовов и стремления к устойчивому развитию. Архитекторы ищут способы минимизации потребления энергии без ущерба для функциональности и комфорта пользователей. Одним из наиболее перспективных направлений в этом контексте является использование технологий искусственного интеллекта (ИИ), которые позволяют автоматизировать процессы управления зданиями и оптимизировать их работу, что в свою очередь требует интеграции передовых технологий для обеспечения устойчивости и энергоэффективности. Интегрированные системы

автоматизации и управления становятся ключевым инструментом в достижении этих целей. Они позволяют не только оптимизировать энергопотребление и повышать комфорт пользователей, но и способствуют созданию устойчивой и адаптивной высотной архитектуры.

Одной из главных проблем является сложность сбора и обработки данных для систем нейросетей. Современные здания оснащены множеством датчиков и устройств, генерирующих большие объемы информации, которые часто оказываются разрозненными и трудно совместимыми. Также возникают вопросы безопасности и конфиденциальности данных, включая риск утечки личной информа-

ции и несанкционированного доступа. Кроме того, требуется постоянное обновление и совершенствование алгоритмов, что требует инвестиций в исследования и разработки [1].

Однако использование нейросетей имеет ряд преимуществ. Они сокращают расходы на энергию за счет оптимизации работы инженерных систем, улучшают качество жизни и комфорт пользователей благодаря персонализированным настройкам микроклимата и освещения [2-5]. Системы автоматизации и управления способствуют экологической устойчивости зданий за счет снижения выбросов углекислого газа и таким образом оказывают значительное влияние на архитектурное формирование энергоэффективных высотных зданий. Машинное обучение решает множество задач: оптимизирует проектные решения, улучшает управление инженерными системами, прогнозирует неисправности и снижает затраты на ремонт, адаптирует параметры среды под потребности пользователей, анализирует данные о потреблении, даёт персонализированные рекомендации и уведомляет о проблемах [6].

Теоретической основой являются работы отечественных и зарубежных авторов, посвященные вопросам устойчивого архитектурного проектирования и строительства, применения искусственного интеллекта в архитектуре и строительстве, а также анализу энергоэффективных технологий [7].

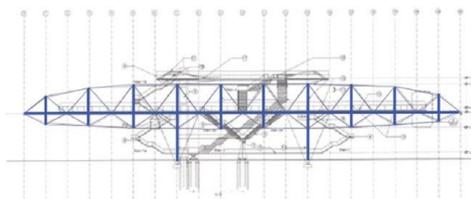
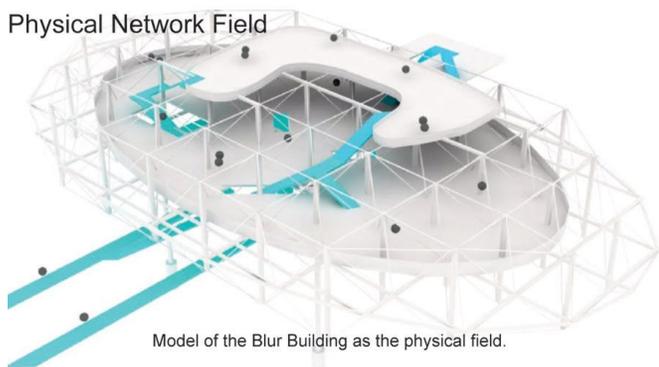
Работы таких авторов, как Э. Мазрия и П. Бьюкенен, содержат ценные рекомендации по интеграции экологических решений и взаимодействия энергоэффективных зданий и систем автоматизации и управления в контексте архитектурного проектирования. Исследования в области систем управления зданиями подчёркивают важность использования интеллектуальных технологий для автоматизации процессов, и показывают, что системы на основе искусственного интеллекта могут значительно снизить потребление энергии [8-10]. Научные работы по использованию машинного обучения и нейронных сетей для прогнозирования и оптимизации энергопотребления рассматриваются как важные элементы исследования интеграции систем автоматизации и управления в процесс проектирования и эксплуатации энергоэффективных высотных зданий [11-15]. Применение методологии анализа жизненного цикла зданий позволяет оценить энергоэффективность зданий на всех этапах их жизненного цикла, а также рассматривают вопросы адаптации архитектурных пространств к потребностям пользователей [16-19].

Зарубежные архитектурные бюро, например такие как Zaha Hadid Architects, Foster+Partners, BIG и Diller Scofidio+Renfro, активно используют искусственный интеллект и нейронные сети в архитектурном проектировании. Эти технологии помогают им создавать инновационные и устойчивые проекты, оптимизировать процессы проектирования и улучшать взаимодействие с клиентами. Zaha Hadid Architects и Foster + Partners, активно используют искусственный интеллект для оптимизации энергопотребления своих зданий, прогнозируя затраты и минимизируя влияние на окружающую среду. BIG и Diller Scofidio + Renfro применяют искусственный интеллект и нейронные сети для создания виртуальных моделей и визуализации сложных архитектурных форм, что помогает клиентам лучше представить конечный результат [20-25]. Diller Scofidio + Renfro применял искусственный интеллект в проекте Blur Building в Швейцарии. Система искусственного интеллекта в этом здании в реальном времени отслеживала температуру, влажность, направление и скорость ветра, чтобы регулировать интенсивность тумана вокруг строения (рис.1) [26].

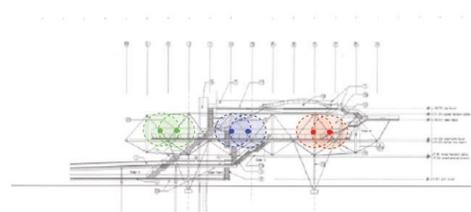
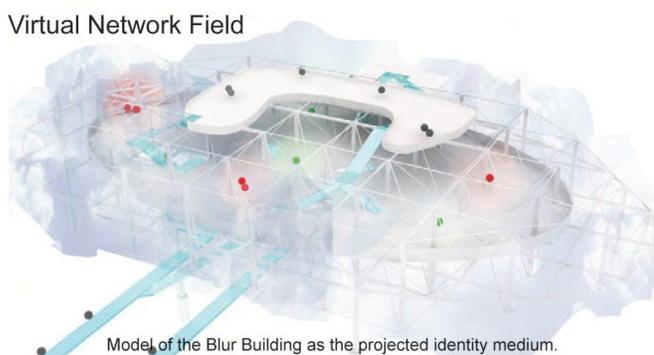
Машинное обучение используется для управления проектами, прогнозирования сроков и затрат на строительство, а также для анализа больших объемов данных, что способствует более обоснованным решениям на всех этапах проектирования. Экспериментальный проект архитектурной студии Nickok Cole с использованием ChatGPT. Чат-бот помог спроектировать 24-этажное многофункциональное здание. Архитектор Хикок Коул использовал ChatGPT для пошагового проектирования, выбор формы и внешнего вида фасада, а также выбор материалов (рис. 2) [27]. Компании учитывают экологические и социальные аспекты и оценивают воздействия на окружающую среду и оптимизацию использования природных ресурсов. Интерактивные модели и персонализированные решения, созданные с помощью искусственного интеллекта, позволяют клиентам взаимодействовать с проектами и получать решения, учитывающие их индивидуальные потребности.

Для анализа взаимовлияния энергоэффективных технологий и систем автоматизации и управления при архитектурном формировании высотных общественных зданий необходим сбор данных о различных аспектах их функционирования. Например, энергетические данные (потребление энергии, теплопотери и теплоснабжения), данные

Physical Network Field



Virtual Network Field



Circulation Transition Zones.

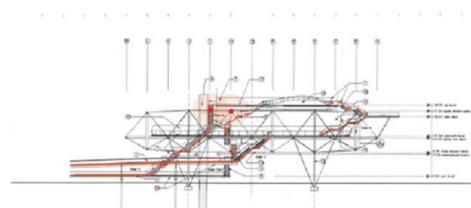
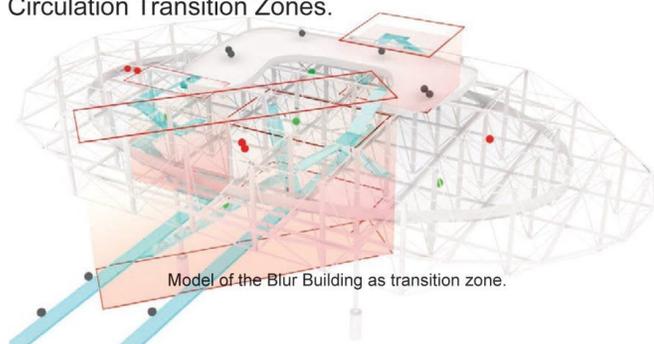


Рис. 1. Применение искусственного интеллекта в проекте Blur Building в Швейцарии, Diller Scofidio + Renfro

о системах управления зданием (состояние систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, энергопотребление систем освещения), данные о пользовательском опыте (анкетирование и опросы, данные об удовлетворенности пользователей зданиями и их предпочтениях, о посещаемости и использовании общественных пространств) и др. После сбора данных важно визуализировать их для наглядного представления изменений показателей во времени и выявления трендов.

Технологии машинного обучения и искусственного интеллекта играют ключевую роль в различных отраслях, включая энергетику и управление зданиями. Они позволяют прогнозировать будущие значения параметров, таких как энергопотребление, уровень комфорта пользователей и другие показатели, на

основе исторических данных. Эти модели обучаются на больших объемах информации, анализируя закономерности и тенденции, что делает их эффективными инструментами для принятия обоснованных решений.

Прогнозирование энергопотребления помогает оптимизировать расходы на электроэнергию, снизить выбросы углекислого газа и повысить устойчивость систем. Например, модели машинного обучения могут предсказать пики потребления в определенные часы, что позволяет энергетическим компаниям корректировать производство и распределение энергии.

Классификация данных используется для сегментации пользователей по различным критериям, таким как возраст, поведение или предпочтения. Это позволяет создавать персонализированные предложения и ре-



Рис. 2. Экспериментальный проект высотного многофункционального здания архитектурной студии Hickok Cole с использованием ChatGPT

комендации, повышая удовлетворенность клиентов и их лояльность. Например, системы умного дома могут предлагать настройки температуры и освещения в зависимости от привычек и предпочтений пользователя.

Анализ данных помогает выявить скрытые закономерности и аномалии, что важно для предотвращения аварийных ситуаций и обеспечения безопасности. Например, интеллектуальные модели могут обнаруживать необычные паттерны в энергопотреблении, которые могут указывать на потенциальные проблемы с оборудованием. Эти технологии также способствуют разработке стратегий для повышения энергоэффективности зданий и могут рекомендовать оптимальные настройки систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха для минимизации энергозатрат без ущерба для комфорта пользователей.

В целом, применение машинного обучения и ИИ в энергетике и управлении зданиями позволяет создавать более интеллектуальные и эффективные системы, которые

адаптируются к изменяющимся условиям и потребностям пользователей. Это не только способствует экономии ресурсов и снижению выбросов, но и повышает качество жизни людей, делая их окружение более комфортным и безопасным.

Заключение

Таким образом, сбор, визуализация, анализ и интерпретация данных являются ключевыми этапами исследования взаимодействия энергоэффективных технологий и ИИ при архитектурном формировании высотных общественных зданий. Интеграция технологий искусственного интеллекта в проектирование и эксплуатацию энергоэффективных зданий открывает новые перспективы для повышения устойчивости и комфорта. Однако этот процесс сопряжен с рядом трудностей, включая сбор и обработку данных, обеспечение безопасности и конфиденциальности, а также необходимость постоянного обновления и совершенствования ИИ-алгоритмов. Тем не менее, успешные мировые практики демонстрируют, что при

правильном подходе можно добиться значительных результатов. Важно продолжать исследования и разработки в этой области, а также привлекать к работе квалифицированных специалистов, способных эффектив-

но использовать потенциал ИИ для решения задач архитектуры и устойчивого развития. Все это в итоге будет способствовать созданию высокохудожественных произведений зодчества.

Литература

1. Рыбакова А.О., Каган П.Б. Повышение эффективности проектирования на основе применения облачных BIM-сервисов // Научно-технический журнал «Наука и бизнес: пути развития» - 2019.
2. Полежаев А. В. Применение искусственного интеллекта в архитектурном проектировании // Молодые исследователи в ответ на современные вызовы: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 04 мая 2022 года. - Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. - С. 261-268.
3. Власова Е.Л. Искусственный интеллект в архитектурноградостроительном проектировании / Е.Л. Власова, М. Л. Власова, Н. В. Боровикова, Д. В. Карелин // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. №4(65). С. 311-324.
4. Muller A. Smart materials in architecture, interior architecture and design. Switzerland: Birkhauser, 2020. 187 p.
5. Аль Бахри. Офисные центры. [Электронный ресурс]. <http://b-green-tech.blogspot.com/2013/05/bahar-towers-quick-glimpse-at-upcoming.html> (дата обращения: 09.02.2023).
6. Nimish Boloria, Yashkumar Thakkar. Integrating algae building technology in the built environment: A cost and benefit perspective. Frontiers of Architectural Research. 2020 (9, 2): 370-384. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263519300962>.
7. Пылов П.А., Дягилева А.В., Николаева Е.А., Шалыгина Т.А. Разработка интеллектуальной модели для автоматизированного определения стиля архитектуры здания // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 4. С. 38-44. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-38-44. EDN: IQFUPL
8. Р.М. Селевенко, Е.Н. Строева Исследование и разработка алгоритма формальной верификации и метрики оценки качества на основе методов понижения размерности ИНС // International Journal of Open Information Technologies. 2024. – №6 (12). – С. 14-25.
9. E. Stroeve, A. Tonkikh. Methods for formal verification of artificial neural networks: A review of existing approaches // International Journal of Open Information Technologies. — 2022. — Vol. 10. —P. 21-28.
10. Brandon Paulsen Jingbo Wang Chao Wang. Reludiff: Differential verification of deep neural networks // ICSE '20: Proceedings of the ACM/IEEE 42nd International Conference on Software Engineering. — 2020. — no. 42. — P. 714-726.
11. Пылов П.А., Майтак Р.В., Дягилева А.В., Шалыгина Т.А. Искусственный интеллект в задаче проектирования умного города (на примере Иннополиса) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 3. С. 37-46. DOI: 10.31675/1607-1859-202426-3-37-46. EDN: YZJAJG
12. Smith J. Cleaning Robots: Technology, Trends, and Future Perspectives. ABC Press, 2021. P. 250 p.
13. Пылов П.А., Дягилева А.В., Николаева Е.А., Майтак Р.В., Шалыгина Т.А. Генеративно-состязательная сеть как основа интеллектуальной модели формирования изображений архитектурных объектов заданного стиля по их текстовому описанию // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 5. С. 84-94. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-84-94. EDN: TFEVAN
14. Николаева Е.А., Шалыгина Т.А. Разработка интеллектуальной модели для автоматизированного определения стиля архитектуры здания // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 4. С. 38-44. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-38-44. EDN: IQFUPL
15. Wolohan J.T. Mastering large datasets with Python. Mannig Press. 2020. 312 p. ISBN 9781617296239

16. Акшов Э.А. Использование вычислительного проектирования и искусственного интеллекта при моделировании архитектурных объектов // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2023. №2(63). С. 298-315. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/2kvart23/PDF/19_akshov.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2023-2298-315
17. Radhakrishnan Mohesh. Is Midjourney-Ai the New Anti-Hero of Architectural Imagery & Creativity? // *Global Scientific Journals* 11 (2023): 94-114. URL: https://www.researchgate.net/publication/367252933_Is_Midjourney-Ai_the_New_Anti-Hero_of_Architectural_Imagery_Creativity (дата обращения: 11.04.2023). DOI: 10.11216/gsj.2023.01.102270
18. Nate Berg. AI tools like Dall-E 2 and Midjourney are helping architects and their clients design new buildings // *Fast Company*, 2021. URL: <https://www.fastcompany.com/90780871/ai-tools-like-dall-e-2-and-midjourney-are-helping-architects-and-their-clients-design-new-buildings> (дата обращения: 11.04.2023).
19. Майтак Р.В., Шалыгина Т.А. Концепт сверточной нейронной сети для классификации экстерьера и интерьера зданий // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2023. Т. 25. № 6. С. 58-67. DOI: 10.31675/16071859-2023-25-6-58-67. EDN: XMSGOE
20. Smith J. *Cleaning robots: technology, trends, and future perspectives*. ABC Press, 2021. 250 p.
21. Каширипур М.М., Николук В.А. Возможности искусственного интеллекта в строительной индустрии // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2024. Т. 26. № 1. С. 163-178. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-1-163-178. EDN: KRQYWZ
22. Using computer vision to detect and classify corrosion // *Infosys Knowledge Institute*. URL: <https://www.infosys.com/about/knowledge-institute/insights/documents/classify-corrosion.pdf> (дата обращения: 22.10.2023).
23. The AI data engine for computer vision & generative AI // V7. URL: <https://www.v7labs.com> (дата обращения: 30.10.2023).
24. Власова Е.Л. Искусственный интеллект в архитектурно-градостроительном проектировании / Е.Л. Власова, М.Л. Власова, Н.В. Боровикова, Д.В. Карелин // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2023. №4(65). С. 311-324. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/4kvart23/PDF/20_vlasova.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-20234-311-324
25. Салех М.С. Внедрение цифровых методов на различных этапах архитектурного проектирования // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2021. №1(54). С. 268-278. URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/1kvart21/PDF/18_saleh (дата обращения: 07.03.2023). DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-268-278
26. Blur Building – Concept Design <https://www.modlar.com/photos/1739/blur-building-concept-design/> (дата обращения 24.02.2025).
27. Эксперимент архитектурной студии Hickok Cole с ChatGPT <https://involta.media/post/ii-v-arhitekture-chatgpt-pomog-sproektirovat-24-etazhnoe-mnogofunkcionalnoe-zdanie> (дата обращения 24.02.2025).

References

1. Rybakova A.O., Kagan P.B. Improving the efficiency of design based on the use of cloud BIM services // *Scientific and Technical journal “Science and Business: development paths”* - 2019.
2. Polezhaev A.V. Application of artificial intelligence in architectural design // *young researchers in response to modern challenges: Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, May 04, 2022. - Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership “New Science” (IP Ivanovskaya I.I.), 2022. - pp. 261-268.*
3. Vlasova E.L. Artificial intelligence in architectural and urban design / E.L. Vlasova, M. L. Vlasova, N. V. Borovikova, D. V. Karelin // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2023. No.4(65). pp. 311-324.
4. Muller A. *Smart materials in architecture, interior architecture and design*. Switzerland: Birkhauser, 2020. 187 p
5. AlBahri. Office centers. [electronic resource]. <http://b-green-tech.blogspot.com/2013/05/bahar-towers-quick-glimpse-at-upcoming.html> (date of request: 02/09/2023).

6. Nimish Boloria, Yashkumar Thakkar. Integrating algae building technology in the built environment: A cost and benefit perspective. *Frontiers of Architectural Research*. 2020 (9, 2): 370-384. URL:
7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263519300962> 7. Pylov P.A., Diaghileva A.V., Nikolaeva E.A., Shalygina T.A. Development of an intelligent model for automated determination of building architecture style // *Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2023. Vol. 25. No. 4. pp. 38-44. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-38-44. EDN: IQFUPL
8. R.M. Selevenko, E.N. Stroeva Research and development of an algorithm for formal verification and quality assessment metrics based on methods of reducing the ANN dimension // *International Journal of Open Information Technologies*. 2024. – №6 (12). – Pp. 14-25.
9. E. Stroeva, A. Tonkikh. Methods for formal verification of artificial neural networks: A review of existing approaches // *International Journal of Open Information Technologies*. — 2022. — Vol. 10. — P. 21-28.
10. Brandon Paulsen Jingbo Wang Chao Wang. Reludiff: Differential verification of deep neural networks // *ICSE '20: Proceedings of the ACM/IEEE 42nd International Conference on Software Engineering*. 2020. No. 42. pp. 714-726.
11. Pylov P.A., Maitak R.V., Diaghileva A.V., Shalygina T.A. Artificial intelligence in the task of designing a smart city (using the example of Innopolis) // *Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2024. Vol. 26. No. 3. pp. 37-46. DOI: 10.31675/1607-1859-202426-3-37-46. EDN: YZJAJG
12. Smith J. *Cleaning Robots: Technology, Trends, and Future Perspectives*. ABC Press, 2021. p. 250 p.
13. Pylov P.A., Diaghileva A.V., Nikolaeva E.A., Maitak R.V., Shalygina T.A. Generative-competitive network as the basis of an intellectual model for forming images of architectural objects of a given style based on their textual description // *Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2023. Vol. 25. No. 5. pp. 84-94. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-84-94. EDN: TFEVAN
14. Nikolaeva E.A., Shalygina T.A. Development of an intelligent model for automated determination of the architectural style of a building // *Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2023. Vol. 25. No. 4. pp. 38-44. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-38-44. EDN: IQFUPL
15. Wolohan J.T. *Mastering large datasets with Python*. Mannig Press. 2020. 312 p. ISBN 9781617296239
16. Akshov E.A. The use of computational design and artificial intelligence in modeling architectural objects // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2023. No. 2(63). pp. 298-315. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/2kvart23/PDF/19_aksov.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2023-2298-315
17. Radhakrishnan Mohesh. Is Midjourney-Ai the New Anti-Hero of Architectural Imagery & Creativity? // *Global Scientific Journals* 11 (2023): 94-114. URL: https://www.researchgate.net/publication/367252933_Is_Midjourney-Ai_the_New_Anti-Hero_of_Architectural_Imagery_Creativity (accessed: 04/11/2023). DOI: 10.11216/gsj.2023.01.102270
18. Nate Berg. AI tools like Dall-E 2 and Midjourney are helping architects and their clients design new buildings // *Fast Company*, 2021. URL: <https://www.fastcompany.com/90780871/ai-tools-like-dall-e-2-and-midjourney-are-helping-architects-and-their-clients-design-new-buildings> (date of access: 04/11/2023).
19. Maitak R.V., Shalygina T.A. The concept of a convolutional neural network for classifying the exterior and interior of buildings // *Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2023. Vol. 25. No. 6. pp. 58-67. DOI: 10.31675/16071859-2023-25-6-58-67. EDN: XMSGOE
20. Smith J. *Cleaning robots: technology, trends, and future perspectives*. ABC Press, 2021. 250 p.
21. Kashiripour M.M., Nikolyuk V.A. The possibilities of artificial intelligence in the construction industry // *Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2024. Vol. 26. No. 1. pp. 163-178. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-1-163-178. EDN: KRQYWZ
22. Using computer vision to detect and classify corrosion // *Infosys Knowledge Institute*.

URL: <https://www.infosys.com/about/knowledge-institute/insights/documents/classify-corrosion.pdf> (date of request: 10/22/2023).

23. The AI data engine for computer vision & generative AI // V7. URL: <https://www.v7labs.com> (accessed: 10/30/2023).

24. Vlasova E.L. Artificial intelligence in architectural and urban planning design / E.L. Vlasova, M.L. Vlasova, N.V. Borovikova, D.V. Karelin // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. No. 4(b5). pp. 311-324. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/4kvart23/PDF/20_vlasova.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-20234-311-324

25. Salekh M.S. The introduction of digital methods at various stages of architectural design // Architecture and Modern Information Technologies. 2021. No. 1(54). pp. 268-278. URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/1kvart21/PDF/18_saleh (accessed: 03/07/2023). DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-268-278

26. Blur Building – Concept Design <https://www.modlar.com/photos/1739/blur-building-concept-design/> (date of issue 24.02.2025).

27. Ambiguusperment architectural studios Apostille <https://involta.media/post/ii-V-arhitekture-chatgpt-pomog-sproektirovat-24-etazhnoe-mnogofunkcionalnoe-zdanie> (accessed 02/24/2025).

Шабиев Салават Галиевич,

Заведующий кафедрой «Архитектура», доктор архитектуры, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, почетный архитектор России. E-mail: shabievsg@susu.ru

Shabiev Salavat Galievich,

Head of the Department of Architecture, Doctor of Architecture, Professor, honored worker of the Higher School of the Russian Federation, Honorary Architect of Russia. E-mail: shabievsg@susu.ru

Пичугов Павел Алексеевич,

Аспирант кафедры «Архитектура», E-mail: pashkesp@ya.ru

Pichugov Pavel Alekseevich,

Postgraduate student of the Department of Architecture, E-mail: pashkesp@ya.ru

Ахмадуллина Эльза Ильдусовна,

Студент-магистр кафедры «Архитектура», E-mail: elza.akhmadullina@inbox.ru

Akhmadullina Elsa Ildusovna,

Master's student of the Department of Architecture, E-mail: elza.akhmadullina@inbox.ru

Поступила в редакцию 24.02.2025