

*Левщанов С.В.**Специалист по машинному обучению и науки о данных*<https://doi.org/10.5281/zenodo.14546674>**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ СОВМЕСТНО С ТЕХНОЛОГИЕЙ BIM В АРХИТЕКТУРНОЙ, ИНЖЕНЕРНОЙ И СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛЯХ***Levschanov S.V.**Machine Learning and Data Science Specialist***ANALYSIS OF THE USE OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS WITH BIM TECHNOLOGY IN ARCHITECTURAL, ENGINEERING AND CONSTRUCTION INDUSTRIES****Аннотация**

*Цель.* Выявить эффективность совместного использования алгоритмов машинного обучения и технологии BIM в архитектурной, инженерной и строительной отраслях, для увеличения производительности.

*Методика.* Для решения поставленных задач использовался комплексный подход с применением общенаучных и специальных методов исследований – теоретических (анализ, объяснение, обобщение, сравнение).

*Результаты.* Проанализированы научные данные зарубежных ученых. Проведенное исследование позволило определить практическую эффективность совместного использования алгоритмов машинного обучения и технологии BIM в архитектурной, инженерной и строительной отраслях, для увеличения производительности.

*Практическая значимость.* Результаты исследований позволяют обосновать эффективность более широкого внедрения алгоритмов машинного обучения и технологии BIM в архитектурную, инженерную и строительную отрасли, для увеличения производительности.

**Abstract**

*Objective.* To identify the effectiveness of the combined use of machine learning algorithms and BIM technology in the architectural, engineering and construction industries to increase productivity.

*Methodology.* To solve the tasks, an integrated approach was used with the use of general scientific and special research methods - theoretical (analysis, explanation, generalization, comparison).

*Results.* Scientific data of foreign scientists were analyzed. The conducted study made it possible to determine the practical effectiveness of the combined use of machine learning algorithms and BIM technology in the architectural, engineering and construction industries to increase productivity.

*Practical significance.* The research results allow us to justify the effectiveness of a wider implementation of machine learning algorithms and BIM technology in the architectural, engineering and construction industries to increase productivity.

**Ключевые слова:** машинное обучение, архитектура, строительство, инженерия, наука о данных, информационное моделирование зданий, искусственный интеллект.

**Key words:** machine learning, architecture, construction, engineering, data science, building information modeling, artificial intelligence.

Низкая производительность как следствие медленного внедрения цифровых технологий являются глобальными проблемами в архитектурной, инженерной и строительной отраслях [1, с. 1].

Информационное моделирование зданий (BIM) – это технология трехмерных интеллектуальных моделей – цифровых двойников объектов инфраструктуры, постепенно внедряемая по всему миру, и как ожидается в скором будущем значительно повысит производительность в архитектурной, инженерной и строительной отраслях. Модели BIM содержат информацию о физических и функциональных характеристиках объекта инфраструктуры. Включая не только геометрическую информацию, но и также может содержать различные спецификации, точные данные о том из какого материала изготовлено здание, сооружение или лю-

бой другой объект инфраструктуры, включая название производителя материала и гарантийный срок. За счет этого с помощью моделей BIM можно эффективно управлять объектом инфраструктуры, на протяжении всего его жизненного цикла [1, с. 2-3; 2, с.1-3].

Машинное обучение является подмножеством искусственного интеллекта, которое учится и совершенствуется на основе опыта, использует статистические алгоритмы для анализа больших объемов данных, обучения на основе полученных знаний и принятия обоснованных решений. Успешно применяется в архитектурной, инженерной и строительной отраслях. Имеет широкую функциональность которая включает обработку естественного языка, компьютерное зрение, распознавание речи [3, с. 1-3; 4, с. 1-4].

Методы машинного обучения для моделей BIM имеют большой потенциал для развития. Так например широкое распространение получила практика использования машинного обучения для создания 3-D моделей BIM. Суть процесса заключается в большой эффективности машинного обу-

чения создавать точную модель BIM любого объекта инфраструктуры. Для этого необходимо получить облако точек рисунок 1, того или иного существующего объекта инфраструктуры. Что решается посредством использования БПЛА с фотокамерой высокого разрешения [5, с. 32-34].



Рис. 1. Процесс обработки снимков здания (верхние фото) с помощью алгоритма (нижние фото) [6]

Так же этот подход эффективен для создания 3D BIM моделей объектов инженерной инфраструктуры, рисунок 2 и 3.



Рис. 2. БПЛА залетает в трубу и производит съемку [7]



Рис. 3. Процесс 3D моделирования слева на право текстуры внутри стенок трубопровода до обработки; текстуры стенок трубопровода после обработки [7]

Различные алгоритмы машинного обучения, такие как искусственные нейронные сети, опорные векторные машины, и байесовские нейронные сети, эффективны для прогнозирования цен на недвижимость. Что так же, позволяет получать данные стоимости как строящейся недвижимости так и давно введенной в эксплуатацию в течении всего жизненного цикла объекта недвижимости.

Для обучения интеллектуальной модели оценки недвижимости широкое распространение получил метод ансамблевого обучения, который основывается на нескольких алгоритмах машинного обучения. Что позволяет достичь высокой точности прогнозирования. Структура данных алгоритма ансамблевого обучения представляет собой дерево решений, рисунок 4 [8, с. 4-5].

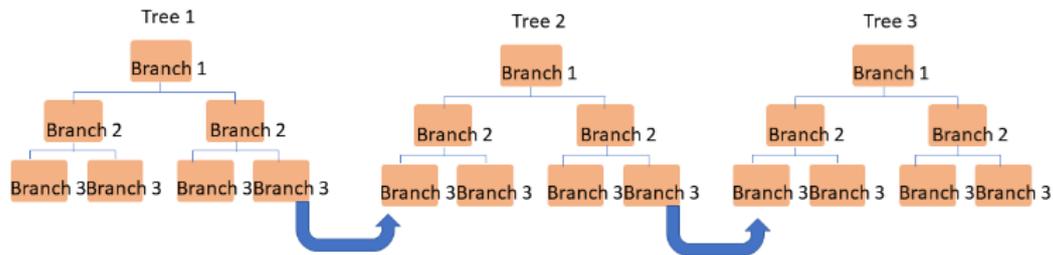


Рисунок 4 Структура и рабочий процесс модели ансамблевого обучения [8, с. 5]

Как видно из выше изложенного материала, совместное использование алгоритмов машинного обучения и моделей BIM показывает их высокую эффективность в архитектурной, инженерной и строительной отраслях. Обе технологии дополняют друг друга, что позволяет масштабировать цифровизацию отраслей и как следствие увеличить их производительность. Данное исследование имеет дальнейший потенциал для развития, так как необходимо сравнить изучать более широкое совместное внедрение обеих технологий в архитектурную, инженерную и строительную отрасли.

#### Список литературы

1. Ishizawa T. BIM Steering Force — Devising a Data-Driven Approach to Identify Key Factors to Promote Cooperative BIM in Large-Scale Projects. March 2022. DOI: 10.13140/RG.2.2.13658.62401.

2. Kim H.M., Jeon J. BIM의 도입으로 인해 건축설계 분야뿐만 아니라 건설 산업(Architecture, Engineering and Construction) 분야 전 사회연결망 분석을 통한 한국과 미국 건축설계사무소의 BIM 조직 구성과 BIM 매니저 역할에 관한 연구 [A Study on the BIM Team Structure and the Role of BIM Managers of Architectural Firms in Korea and United States

through Social Network Analysis]. Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 2024, vol. 40, no. 9, pp. 103-114. DOI: 10.5659/JAIK.2024.40.9.103.

3. Johansson R. Machine Learning. In: Numerical Python, 2024, pp. 365-384. DOI: 10.1007/979-8-8688-0413-7\_15.

4. Perepu S.S. Machine learning. November 2024, New York Institute of Technology.

5. Aghabayli A. Machine Learning Applied to Building Information Models. September 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.21936.48643.

6. Li L., Chen J., Su X., Nawaz A. Advanced-Technological UAVs-Based Enhanced Reconstruction of Edges for Building Models. Buildings, 2022, vol. 12, no. 8, pp. 1-5, 17-18. DOI: 10.3390/buildings12081248.

7. Chen X., Zhu X., Liu C. Real-Time 3D Reconstruction of UAV Acquisition System for the Urban Pipe Based on RTAB-Map. Applied Sciences, 2023, vol. 13, no. 24, pp. 1-11. DOI: 10.3390/app132413182.

8. Su T., Li H. BIM-based machine learning engine for smart real estate appraisal. In: Proceedings of the Conference, October 2020. DOI: 10.1201/9780367823085-12. School of Engineering, Cardiff University, Cardiff, United Kingdom.