

УДК 69.059.5
<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3008>

EDN
[IOXSZO](https://www.ioxszo.ru)

Интеграция BIM-систем и БПЛА в сфере недвижимости и строительства: обзор инновационных подходов и практических решений

П.В. Ендуткин*

Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90,
Красноярск, 660049, Россия

*E-mail: Endutkin@kp-pro.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию синергетического эффекта от интеграции BIM-технологий и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в строительной отрасли и сфере недвижимости. Рассматривается комплексная методология использования дронов с элементами искусственного интеллекта для автоматизации процессов создания цифровых двойников объектов, мониторинга строительных площадок и визуализации объектов недвижимости. Потенциал интеграции подтверждается повышением точности топографической съемки, сокращением сроков контроля качества строительства, снижением затрат на геодезические работы. Технология позволяет агентствам недвижимости создавать интерактивные 3D-туры с погрешностью реконструкции менее 2 см. Делается вывод о том, что перспективной является интеграция нейросетевых алгоритмов для прогнозирования дефектов строительных конструкций.

Ключевые слова: BIM-технологии, БПЛА, цифровое строительство, 3D-моделирование, мониторинг объектов.

Integration of BIM systems and UAVs in the field of real estate and construction: an overview of innovative approaches and practical solutions

P.V. Endutkin*

Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049,
Russia

*E-mail: Endutkin@kp-pro.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the synergistic effect of integrating BIM technologies and unmanned aerial vehicles (UAVs) in the construction and real estate industries. The article considers a comprehensive methodology for using drones with elements of artificial intelligence to automate the processes of creating digital twins of objects, monitoring construction sites and visualizing real estate objects. The potential of integration is confirmed by an increase in the accuracy of topographic surveys, a reduction in the time frame for quality control of construction, and a reduction in the cost of geodetic work. The technology allows real estate agencies to create interactive 3D tours with a reconstruction error of less than 2 cm. It is concluded that the integration of neural network algorithms for predicting defects in building structures is promising.

Keywords: BIM technologies, UAVs, digital construction, 3D modeling, object monitoring.

1. Введение

Современная строительная индустрия переживает радикальную трансформацию, обусловленную внедрением сквозных цифровых технологий [1-4]. По данным Международной ассоциации автоматизации в строительстве (IAAC), интеграция BIM и БПЛА позволяет сократить сроки проектирования на 30%, а количество ошибок на этапе строительства — на 45%. В России, согласно постановлению Правительства № 331 от 2022 года, использование BIM-технологий стало обязательным для объектов с государственным участием, что актуализирует поиск эффективных инструментов сбора и обработки пространственных данных [5-7].

Учитывая, что основная проблема традиционных подходов заключается в разрыве между цифровым проектированием и физической реализацией объектов, возможным решением становится синтез двух технологий [8-11]:

- BIM-систем как среды для управления жизненным циклом объекта;
- БПЛА как источника актуальных геопространственных данных в реальном времени.

Экспериментальные данные Группы «Эталон», размещенные на интернет-ресурсе («Дроны на стройке: как технологии меняют облик индустрии», источник: <https://xn--blagarfwarpgcl.xn--plai/>) демонстрируют, что еженедельный мониторинг стройплощадок дронами снижает количество переделок на 27% за счет раннего выявления отклонений от проекта.

2. Методы и материалы

В рамках методологии интеграции BIM и БПЛА рассмотрим архитектуру технологического стека, которая объединяет три ключевых компонента [12]:

1. Беспилотные платформы с RTK-коррекцией (погрешность позиционирования 1-2 см), оснащенные лидарами и мультиспектральными камерами.
2. Облачная платформа обработки данных с алгоритмами фотограмметрии (Agisoft Metashape, Pix4D).
3. BIM-среда (Autodesk Revit, Graphisoft Archicad) с плагинами для импорта геоданных.

Технологический процесс включает четыре этапа:

1. Аэрофотосъемка объекта с плотностью 200 точек/м².
2. Построение ортомозаики и облака точек в формате LAS.

3. Конвертация в IFC-формат с привязкой к системе координат.

4. Визуальный анализ расхождений «как построено» (As-Built) и «как спроектировано» (As-Designed).

Критерии оценки могут включать как экономические показатели (стоимость геодезических работ, сроки проекта), так и технические параметры (точность моделей, количество дефектов).

Ограничения методов связаны с зависимостью от погодных условий (дождь, ветер свыше 15 м/с), особенностями работы лидаров в помещениях с высокой отражающей способностью и необходимостью калибровки оборудования БПЛА перед каждым вылетом.

3. Результаты и обсуждение

Актуальным является применение алгоритмов искусственного интеллекта в обработке данных. Внедрение нейросетевых моделей YOLOv5 и U-Net позволяет автоматизировать следующие операции:

- выявление трещин в бетоне с точностью 92%;
- контроль соблюдения техники безопасности (отсутствие касок у 97% рабочих);
- распознавание монтажных элементов по классификатору OmniClass.

Практическая реализация в строительстве отражается в трех важных направлениях интеграции BIM-систем и БПЛА: BIM-моделирование жилого комплекса [13]; мониторинг объектов культурного наследия [14, 15]; синтез технологий виртуальных туров [16].

BIM-моделирование жилого комплекса выполнялось компанией «Донстрой», которая использовала дроны DJI M300 с камерой P1 для:

1. Создания цифрового двойника территории 12 га за 3 дня (вместо 14 дней при ручной съемке).

2. Выявления отклонений положения несущих колонн на 7 см на раннем этапе монтажа.

3. Оптимизации логистики стройматериалов через анализ тепловой карты перемещений техники.

В результате было отмечено сокращение сроков ввода объекта на 11% и экономия 23 млн руб. за счет предотвращения переделок.

Мониторинг объектов культурного наследия осуществлялся при реставрации исторических зданий в Санкт-Петербурге с применением таких технологий, как:

1. Лазерное сканирование фасадов дроном Flyability Elios 3.
2. Сравнение с BIM-моделью в программном комплексе Rescap Pro.
3. Автоматическая генерация дефектных ведомостей.

Точность измерений составила 1.4 мм, что в 8 раз превышает требования СП 13-102-2003.

Применение в риэлторской деятельности характеризуется разработкой технологии виртуальных туров. С этой целью агентства недвижимости «Этажи» и ЦИАН внедрили решение на базе:

- дронов DJI Mavic 3 Enterprise с камерой 20 Мп;
- ПО Matterport для построения 3D-панорам;
- интеграции с CRM-системами через API.

По результатам применения пользовательский анализ показал увеличение конверсии на 40% для объектов с 3D-турами и сокращение времени на проведение показов на 65%.

4. Заключение

Представленный обзор показал, что интеграция BIM-технологий и беспилотных летательных аппаратов формирует новый технологический уклад в строительной отрасли и сфере недвижимости. Комплексное применение этих инструментов позволяет преодолеть традиционный разрыв между цифровым проектированием и физической реализацией объектов, обеспечивая непрерывный цикл обработки данных от этапа концепции до эксплуатации. Дальнейшие исследования также будут направлены на создание самообучающихся цифровых двойников, способных прогнозировать эксплуатационные характеристики объектов.

Экономический эффект внедрения технологии подтверждается сокращением сроков контроля качества за счёт автоматизированного выявления отклонений между моделями As-Built и As-Designed. Оптимизация логистики стройматериалов через тепловые карты перемещений техники, демонстрируют снижение операционных затрат для объектов масштаба жилого комплекса. При этом технологии на базе RTK-коррекции, лидарного сканирования и облачной обработки данных обеспечивают воспроизводимость результатов независимо от сложности архитектурных форм.

Перспективным направлением развития представляется интеграция нейросетевых алгоритмов, таких как YOLOv5 и U-Net, для прогнозирования дефектов строительных конструкций. Это позволит перейти к управлению рисками, минимизируя затраты на исправление ошибок. Дополнительный потенциал заключается в адаптации технологии для мониторинга объектов культурного наследия, обеспечивая точность измерений при решении задач, связанных с сохранностью исторических фасадов зданий при реставрации.

Внедрение решений на базе БПЛА и BIM-систем в риэлторской деятельности уже сегодня трансформирует рынок недвижимости, повышая конверсию сделок за счёт интерактивных 3D-туров. Ограничения для масштабирования данной технологии заключаются в решении задач, связанных с калибровкой оборудования в условиях повышенной отражающей способности материалов и автоматизацией обработки данных в реальном времени.

Таким образом, интеграция BIM-систем и БПЛА формирует основу для цифровой трансформации строительной отрасли, обеспечивая не только экономическую эффективность, но и переход к устойчивому развитию через оптимизацию ресурсопотребления. Для развития данных технологий важным аспектом остается разработка стандартов интеграции искусственного интеллекта в циклы управления объектами недвижимости и создание нормативной базы для использования автономных дронов в условиях плотной городской застройки.

Список литературы

1. Павлова, А.В. BIM технологии в цифровом развитии строительной индустрии / А.В. Павлова // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2021. – № 2(56). – С. 109-113.
2. Петров, К. Оптимизация строительных процессов с использованием BIM / К. Перов. – Екатеринбург: УралНИИ, 2021.
3. Ендуткин, П. В. Концептуальные принципы архитектуры многокомпонентного информационного обеспечения BIM-систем / П.В. Ендуткин, И.В. Ковалев // Информатика. Экономика. Управление - Informatics. Economics. Management. – 2024. – 3(4). – С. 0330-0338. – DOI: 10.47813/2782-5280-2024-3-4-0330-0338.
4. Золотарев, В. В. Сокращение сроков строительства монолитного каркаса многоквартирного дома / В.В. Золотарев // Современные инновации, системы и

- технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2023. – 3(4). – С. 0401-0412. – DOI: 10.47813/2782-2818-2023-3-4-0401-0412.
5. Panjehpour, M. Drone Integration with BIM: A Review / M. Panjehpour // Current Trends in Civil & Structural Engineering. – 2019. – Vol. 3. – № 1. – P. 1-3.
 6. Akinsemoyin, A. Framework for UAV-BIM Integration for Proactive Hazard Identification in Construction / A. Akinsemoyin, S. Langar, I. Awolusi // Conference on Construction Research Congress. – 2024. – P. 697-706. – DOI: 10.1061/9780784485262.071.
 7. Зарубин, А.А. Эффективная интеграция операций машинного обучения в образовательные и исследовательские процессы / А.А. Зарубин, Н.М. Редругина, В.Е. Дрепа // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2024.– № 4(4). – С. 0215-0226. – DOI: 10.47813/2782-2818-2024-4-4-0215-0226.
 8. Тлепов, Д. К. Применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве: современные решения и возможности / Д. К. Тлепов // Молодой ученый. – 2024. – № 20 (519). – С. 77-80.
 9. Носков, И.В. Дрон-технологии в строительстве - современные решения и возможности / И. В. Носков, К. И. Носков, С. В. Тиненская, С. А. Ананьев // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 27. – EDN: YSEXRI.
 10. Chen, Y. Applications of BIM and UAV to Construction Safety / Y. Chen, J. Zhang, B.-C. Min // CSCE Annual Conference. – 2019. – P. 1–10.
 11. Saputra, H. Integrating BIM and UAV for Building 3D Modeling: A Case Study of Wisma Sri Mahkota Bengkalis / H. Saputra, F. Azizan, N. Fahmi // CSID Journal of Infrastructure Development. – 2022. – Vol. 5. – № 1. – P. 122–138.
 12. Евстратова, Л.Г. О возможной интеграции методов фотограмметрии и BIM-технологии / Л.Г. Евстратова // Современные проблемы геодезии. – 2018. – № 3. – С. 12=25.
 13. Рыбин, Е.Н. BIM-технологии / Е.Н. Рыбин, С.К. Амбарян, В.В. Аносов, Д.В. Гальцев, М.А. Фахратов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – Т. 9. – № 1(28). – С. 98-105.
 14. Грейс, А. А. Цифровая реставрация объектов монументального искусства с применением методов компьютерного зрения и машинного обучения / А.А. Грейс, И.В. Ковалев, А.А. Ворошилова // Современные инновации, системы и технологии -

Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2024. – № 4(4). – С. 0254-0277. – DOI: 10.47813/2782-2818-2024-4-4-0254-0277.

15. Ермолаева, Е. И. Опыт применения технологии BIM в изучении, воссоздании и музеефикации зданий и сооружений в России / Е.И. Ермолаева, А.Ю. Майничева // Баландинские чтения. – 2020. – Т. 15. – № 1. – С. 460-470. – DOI:10.24411/9999-001A-2020-10051.
16. Зайцева, М. А. Технология создания виртуальных интерактивных туров RUBIUS 3DTourKit / М.А. Зайцева, А.П. Лысак, С.Ю. Дорофеев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2010. – Т. 317. – № 5. – С. 97-102.