

Научная статья
УДК 004.94:004.8

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛЕСНОМ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Вадим Витальевич Силецкий¹, Сергей Витальевич Белов²

^{1,2} Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

¹ lol.spairo@yandex.ru

² sergey454519@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к использованию беспилотных летательных аппаратов, интегрированных с элементами искусственного интеллекта, при строительстве линейных инженерных сооружений. Анализируется роль дронов в изысканиях, геодезии, мониторинге и контроле качества. Особое внимание уделено перспективам использования технологий машинного обучения для автоматизации сбора и анализа данных.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, цифровизация строительства, лесные дороги, искусственный интеллект

Для цитирования: Силецкий В. В., Белов С. В. Анализ применения беспилотных летательных аппаратов с элементами искусственного интеллекта в лесном дорожном строительстве // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 338–343.

Original article

ANALYSIS OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE ELEMENTS IN FOREST ROAD CONSTRUCTION

Vadim V. Siletskiy¹, Sergey V. Belov²

^{1,2} Saint Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov, Saint Petersburg, Russia

¹ lol.spairo@yandex.ru

² sergey454519@mail.ru

Abstract. The article discusses modern approaches to the use of unmanned aerial vehicles integrated with elements of artificial intelligence in the construction of linear engineering structures. The role of drones in surveying, geodesy, monitoring, and quality control is analyzed. Special attention is paid to the prospects of using machine learning technologies to automate data collection and analysis.

Keywords: unmanned aerial vehicles, digitalization of construction, forest roads, artificial intelligence

For citation: Siletskiy V. V., Belov S. V. (2026) Analiz primeneniya bespilotny`x letatel`ny`x apparatov s e`lementami iskusstvennogo intellekta v lesnom dorozhnom stroitel`stve [Analysis of the use of unmanned aerial vehicles with artificial intelligence elements in forest road construction] // Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025 P. 338–343. (In Russ).

В современных условиях развития лесной дорожной строительной отрасли особую актуальность приобретает внедрение инновационных технологий, направленных на повышение эффективности, безопасности и качества строительных работ. Одним из перспективных направлений цифровизации строительной индустрии является применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), интегрированных с системами искусственного интеллекта.

Цель – систематизация и сравнительный анализ областей применения беспилотных летательных аппаратов, оснащенных элементами искусственного интеллекта, для повышения эффективности строительства и мониторинга лесных дорог.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести системный анализ современных направлений применения БПЛА в строительстве линейных объектов;
- классифицировать и оценить основные виды аэрофотосъемочных работ применительно к задачам лесного дорожного строительства;
- исследовать потенциал интеграции искусственного интеллекта в системы управления БПЛА и обработки данных;
- сформулировать перспективы развития технологий БПЛА с ИИ для цифровизации отрасли.

Активное внедрение беспилотных летательных аппаратов в строительной отрасли началось в 2010 г. На тот момент дроны использовались для аэрофотосъемки строительных площадок, видеодокументирования хода строительства, создания простых визуальных отчетов. Функционал

повышался с течением времени; так, например, расширение функционала происходило за счет установки более совершенных камер, интеграции GPS-навигации, внедрения систем стабилизации полета и увеличения времени автономной работы.

В настоящий период ученые интегрируют ИИ в беспилотные летательные аппараты в таких областях, как инженерные изыскания, предпроектная подготовка и сбор данных, контроль качества работ, создание 3D-моделей объектов, контроль строительства, инвентаризация строительных материалов, проверка на соответствие проекту, создание исполнительной документации. В итоге появились такие технологические достижения, как внедрение LIDAR-сканирования, автоматизация полетных миссий, возможность съемки больших территорий и т. д.

В рамках исследуемой темы опубликован ряд научных статей [1–3], где поднимаются вопросы использования БПЛА в строительстве и мониторинге линейных инженерных сооружений. В рассмотренных статьях представлены общие рекомендации по использованию дронов в строительстве. Авторы уделяют особое внимание аэрофотосъемке, воздушному лазерному сканированию и тепловизионной съемке. Проанализировав опубликованные статьи, можно предположить, что сфера строительства получила мощный импульс благодаря внедрению беспилотных технологий. Согласно данным авторов, применение современных датчиков и камер позволило повысить как точность измерений, так и скорость получения данных по сравнению с традиционными методами.

Геодезическое обеспечение является неотъемлемым компонентом строительного процесса, позволяющим с требуемой точностью идентифицировать отклонения и дефекты. Так, например, геодезисты могут применять БПЛА для проведения аэрофотосъемки, чтобы контролировать процесс строительства или проводить некоторые изыскания. В соответствии с исследованиями [4, 5] базовые геодезические задачи могут выполняться с помощью аэрофотосъемки, исходными данными которых будут являться аэрофотоснимки в одном из принимаемых системой форматов, а также геодезические данные о местности и параметры съемочной камеры. Аэро-съемка позволит полностью обеспечить исходной информацией процесс создания картографических и ГИС-материалов масштаба 1:500...1:5000. Широкий набор аэросъемочных услуг, в частности выполнение цветной, ближней инфракрасной, тепловизионной аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования, позволяет получать разнородные данные для комплексного анализа. Детальность материалов аэросъемки может колебаться от 30 до 3 см, что решает широкий круг задач без выезда геодезической бригады на местность. Наземная топографическая съемка в настоящий момент является наиболее часто используемым методом для получения высокоточной информации местности. Используя сети базовых станций ГНСС в режиме реального времени (RTK) или методом

тахеометрической съемки, геодезист может выполнить измерения сотен точек в день. Технология получения точной цифровой модели местности состоит из двух главных этапов – получения изображений и их обработки.

Проведенный анализ демонстрирует, что интеграция аэрофотосъемочных технологий в геодезические работы обеспечивает значительный прирост производительности на этапах получения и обработки информации относительно классических методик. Проведенные авторами исследования показали снижение временных затрат на выполнение топографических съемок, повышение эффективности работ в труднодоступных районах, а также улучшение качества создаваемых цифровых моделей. Наряду с преимуществами, применение аэрофотосъемки сопряжено с технико-экономическими ограничениями, такими как высокая стоимость оборудования, затраты на обучение персонала и техническое обслуживание. Также отмечается такое ограничение, как время полета и зависимость от метеоусловий.

Анализ научных источников [6–9] позволяет утверждать, что интеграция алгоритмов искусственного интеллекта в беспилотные летательные аппараты способна обеспечить значительный прирост эффективности съемочных процессов. Это достигается за счет увеличения метрической точности данных и сокращения продолжительности этапов полевых работ. Значимый потенциал от внедрения ИИ-систем в БПЛА заключается в реализации машинного обучения, позволяющий реализовать автоматизацию технологических процессов и оптимизировать выполнение ряда задач в различных условиях эксплуатации. На современном этапе развития технологий выделяются три основных направления: увеличение времени полета и возможность коррекции полетных заданий; автономное обнаружение и классификация препятствий; сквозная обработка данных с применением искусственного интеллекта. Внедрение ИИ-систем в лесную отрасль положительно скажется на операционной эффективности за счет оптимизации производственного цикла, метрической точности измерений за счет минимизации человеческого фактора и повышении безопасности во время производственных работ.

Однако использование рассматриваемых технологий в лесном дорожном строительстве сопровождается рядом технических и методологических ограничений. К наиболее значимым ограничениям следует отнести отсутствие актуализированных нейросетевых алгоритмов для условий лесной среды; ограниченное время работы при масштабных съемках; отсутствие стабильного сигнала, что приводит к снижению точности результатов.

Анализ исследований подтверждает эффективность применения беспилотных летательных аппаратов для решения ряда задач лесного дорожного строительства.

Одним из перспективных направлений является интеграция искусственного интеллекта в системы беспилотных летательных аппаратов.

Однако в рамках лесной отрасли реализация ИИ-систем сдерживается рядом факторов: недостаточной адаптацией алгоритмов машинного обучения к специфике лесного дорожного строительства; необходимость разработки ПО в системе «оператор – БПЛА»; отсутствие стандартов обработки данных.

Список источников

1. Мамедов М. И., Жернова А. В., Чудинов С. А. Разработка ортофотопланов автомобильных дорог с помощью беспилотных летательных аппаратов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции (Екатеринбург, 7–17 апреля 2025 г.). Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 764–769.

2. Бреус Н. Л., Токарев А. Е., Токарев А. А. Технологии беспилотного пилотирования при контроле строительства и эксплуатации линейных объектов капитального строительства // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14, № 3. С. 14.

3. Григоренко Н. И., Янчук Е. Е. Пример использования беспилотного летательного аппарата для диагностики состояния всех элементов автомобильной дороги и ее инфраструктуры // Транспортные системы: тенденции развития. 2016. С. 70–73.

4. Искусственный интеллект в BIM: повышение эффективности инженерных изысканий и проектирования объектов недвижимости / И. Э. Аленин, А. В. Дубровский, В. Н. Москвин, Л. А. Пластинин // Вестник СГУГиТ. 2025. Т. 30, № 3. С. 111–120.

5. Роль геодезического обеспечения при строительстве автомобильных дорог / В. Р. Гученко, А. А. Шалая, А. С. Сукманюк [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2024. № 2. С. 104–109.

6. Горохова С. С. Искусственный интеллект в контексте обеспечения национальной безопасности // Национальная безопасность. 2020. № 3. С. 15–31.

7. Матюха С. В. Искусственный интеллект в беспилотных авиационных системах // Транспортное дело России. 2022. № 1. С. 8–11.

8. Бояринов Е. Искусственный интеллект в беспилотных летательных аппаратах // Вестник науки. 2023. Т. 4, № 5 (62). С. 770–773.

9. Евтодьева М. Г., Целицкий С. В. Беспилотные летательные аппараты военного назначения: тенденции в сфере разработок и производства // Пути к миру и безопасности. 2019. № 2 (57). С. 104–111.

References

1. Mamedov M. I., Zhernova A. V., Chudinov S. A. (2025). Development of orthophotoplans of highways using unmanned aerial vehicles. In Scientific creativity of youth – for the forest complex of Russia : materials of the XXI All-Russian (National) Scientific and Technical Conference (Ekaterinburg, April 7–17, 2025). Ekaterinburg : USFEU. P. 764–769.
2. Breus N. L., Tokarev A. E., Tokarev, A. A. Unmanned piloting technologies in the control of construction and operation of linear capital construction projects // Eurasian Science Bulletin. Vol. 14, No. 3. P. 14.
3. Grigorenko N. I., Yanchuk E. E. Example of the use of an unmanned aerial vehicle for diagnosing the condition of all elements of a public highway and its infrastructure // Transport Systems: Development Trends. P. 70–73.
4. Artificial intelligence in BIM: Improving the efficiency of engineering surveys and real estate design / I. E. Alenin, A. V. Dubrovsky, V. N. Moskvina, L. A. Plastinin // Bulletin SSUGT. Vol. 30, No. 3. P. 111–120.
5. The role of geodetic support in road construction / V. R. Guchenko, A. A. Shalaya, A. S. Sukmanyuk [et al.] // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). 2024. No. 2. P. 104–109.
6. Gorokhova S. S. Artificial intelligence in the context of national security assurance // National Security / nota bene. 2020. No. 3. P. 15–31.
7. Matyukha S. V. Artificial intelligence in unmanned aerial systems // Transport Business of Russia. 2022. No. 1. P. 8–11.
8. Boyarinov E. Artificial intelligence in unmanned aerial vehicles. Bulletin of Science. 2023. Vol. 4, No. 5 (62). P. 770–773.
9. Evtodyeva M. G., Tselitsky S. V. Unmanned aerial vehicles for military purposes: trends in development and production // Ways to Peace and Security. 2019. No. 2 (57). P. 104–111.