

## СТРАТЕГИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОТРАСЛИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЦЕЛЯХ ДОСТИЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЛИДЕРСТВА РОССИИ

**Е.В. Шкарупета**

*Воронежский государственный технический университет  
Россия, 394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84*

**Введение.** Актуальность исследования дополнительно подтверждается его значением для социальной и экономической устойчивости страны. Развитие отечественного рынка БПЛА способствует не только технологическому прогрессу, но и созданию рабочих мест, развитию высокотехнологичных компетенций, что в условиях глобальной цифровизации и автоматизации укрепит позиции России в мировом разделении труда. Внедрение отечественных стратегий и решений, основанных на искусственном интеллекте и прогнозном моделировании, обеспечит формирование новых интеллектуальных продуктов, способных не только повысить производительность и эффективность ключевых отраслей, но и выступить гарантией национальной безопасности и устойчивости в условиях нестабильности мировой системы.

**Данные и методы.** В исследовании предполагается использование комплексного подхода к методам исследования, направленного на систематизацию и углубленное изучение технологического суверенитета в сфере беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

**Полученные результаты.** Научная значимость и актуальность исследования заключаются в острой потребности России в технологической независимости и укреплении суверенитета в критически важных секторах высоких технологий, к числу которых относится и беспилотная авиация. Беспилотные летательные аппараты, представляющие собой ключевой элемент интеллектуальных и автономных транспортных систем, становятся важным технологическим мостом между инновациями в цифровой экономике и реальным сектором, где они оказывают значительное влияние на логистику, сельское хозяйство, энергетику и строительную отрасль. Исследование направлено на решение актуальной задачи построения устойчивой научной и технологической базы, которая позволит России развить самодостаточную отрасль БПЛА, интегрированную в национальную стратегию научно-технологического развития, что особенно важно в условиях нарастающего внешнеполитического давления и ограничений.

**Заключение.** Исследование нацелено на глубокое решение фундаментальной научной проблемы, связанной с формированием и укреплением технологического суверенитета России в сфере гражданских беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в условиях усиливающегося санкционного давления и нестабильности глобальной экономики. Сосредоточенный на создании теоретико-методологической платформы для обеспечения независимости от зарубежных технологий, исследование призвано заложить основы стратегического управления и контроля технологической зрелости отрасли. В рамках этого подхода важнейшей задачей является разработка концепции суверенитета, которая адаптирована к специфике высокотехнологичной экосистемы отечественного производства БПЛА и предполагает формирование национальных стандартов, устойчивых к иностранным влияниям и направленных на системную интеграцию в экономику страны. При этом создание методической основы для оценки степени зависимости и выработки оперативных мер, ориентированных на предупреждение внешних угроз и усиление

---

**Сведения об авторах:**

**Шкарупета Елена Витальевна** (9056591561@mail.ru), д-р экон. наук, профессор кафедры цифровой и отраслевой экономики

**On authors:**

**Shkarupeta Elena V.** (9056591561@mail.ru), Doctor of Economics, Professor of the Department of Digital and Sectoral Economics

конкурентных позиций, становится ключевым элементом в достижении долгосрочной стабильности отрасли. Принципиально важным является разработка единой прогнозно-сценарной модели развития, предполагающей стратегически значимые приоритеты, гибкую реакцию на изменения во внешней среде и многоуровневую систему управления рисками, что позволит минимизировать потенциальные угрозы технологической зависимости и обеспечит масштабируемость отечественных решений в условиях динамичной глобальной среды.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, БПЛА, технологический суверенитет, автономные системы, цифровая трансформация, гражданский сектор, стратегическое развитие, масштабируемые решения, экономические практики, инновационные технологии, логистика, инфраструктура БПЛА, импортозамещение, искусственный интеллект, управление беспилотниками, Индустрия 4.0

**Для цитирования:**

Шкарупета Е.В. Стратегирование развития гражданской отрасли беспилотных летательных аппаратов в целях достижения технологического лидерства России// Организатор производства. 2024. Т.32. № 4. С. 7-16. DOI: 10.36622/1810-4894.2024.70.16.001

## STRATEGIZING THE DEVELOPMENT OF THE CIVILIAN DRONE INDUSTRY IN ORDER TO ACHIEVE TECHNOLOGICAL LEADERSHIP OF RUSSIA

**E.V. Shkarupeta**

*Voronezh State Technical University*

*84, 20th Anniversary of October St., Voronezh, 394006, Russia*

**Introduction.** *The relevance of the project is further confirmed by its importance for the social and economic sustainability of the country. The development of the domestic UAV market contributes not only to technological progress, but also to job creation, development of high-tech competencies, which in the context of global digitalization and automation will strengthen Russia's position in the global division of labor. The introduction of domestic strategies and solutions based on artificial intelligence and predictive modeling will ensure the formation of new intelligent products that can not only increase the productivity and efficiency of key industries, but also act as a guarantee of national security and sustainability in an unstable global system.*

**Data and methods.** *The project involves the use of a comprehensive approach to research methods aimed at systematization and in-depth study of technological sovereignty in the field of unmanned aerial vehicles (UAVs).*

**Results obtained.** *The scientific significance and relevance of the project lies in Russia's acute need for technological independence and strengthening of sovereignty in critical sectors of high technology, which includes unmanned aviation. Unmanned aerial vehicles, representing a key element of intelligent and autonomous transportation systems, are becoming an important technological bridge between innovations in the digital economy and the real sector, where they have a significant impact on logistics, agriculture, energy and construction industries. The project is aimed at solving the urgent task of building a sustainable scientific and technological base that will allow Russia to develop a self-sufficient UAV industry integrated into the national strategy of scientific and technological development, which is especially important in the context of growing foreign policy pressures and constraints.*

**Conclusion.** *The research is aimed at in-depth solution of the fundamental scientific problem related to the formation and strengthening of Russia's technological sovereignty in the field of civil unmanned aerial vehicles (UAVs) in the conditions of increasing sanctions pressure and instability of the global economy. Focused on creating a theoretical and methodological platform to ensure independence from foreign technologies, the project is designed to lay the foundation for strategic management and control of the*

*industry's technological maturity. Within the framework of this approach, the most important task is to develop a concept of sovereignty, which is adapted to the specifics of the high-tech ecosystem of domestic UAV production and involves the formation of national standards that are resistant to foreign influences and aimed at systemic integration into the country's economy. At the same time, the creation of a methodological basis for assessing the degree of dependence and developing operational measures aimed at preventing external threats and strengthening competitive positions becomes a key element in achieving long-term stability of the industry. It is fundamentally important to develop a unified forecasting and scenario model of development, which implies strategically important priorities, flexible response to changes in the external environment and multilevel risk management system, which will minimize potential threats of technological dependence and ensure scalability of domestic solutions in a dynamic global environment.*

**Keywords:** *unmanned aerial vehicles, UAVs, technological sovereignty, autonomous systems, digital transformation, civil sector, strategic development, scalable solutions, economic practices, innovative technologies, logistics, UAV infrastructure, import substitution, artificial intelligence, drone management, Industry X.0*

### For citation:

Shkarupeta E.V. Strategizing the development of civilian industry of unmanned aerial vehicles in order to achieve technological leadership of Russia // Organizer of Production. 2024. Vol. 32. No. 4. Pp. 7-16. DOI: 10.36622/1810-4894.2024.70.16.001

### Введение

Исследование направлено на обеспечение технологического суверенитета России через стратегическое развитие гражданской отрасли беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В условиях глобальных экономических и неэкономических шоков Россия должна перейти от технологической зависимости к самостоятельному развитию передовых решений. БПЛА — один из ключевых драйверов новой «беспроводной» экономики [1], позволяющий реализовать стратегию «голубого океана», создавая инновационные рынки без конкурентов и открывая перспективы для кросс-отраслевой конвергенции беспилотных технологий.

Российский рынок БПЛА, применяемых для задач коммерческого сектора экономики, демонстрирует динамичный рост, увеличиваясь более чем на 60% в год, и по прогнозам Ростелекома В2Е [2], его объем превысит 81 млрд рублей к 2028 году (CAGR +58%). Увеличение инвестиций со стороны коммерческого сектора, совершенствование правового регулирования и создание инфраструктуры

станут основными драйверами этого роста. Главными потребителями БПЛА до 2028 года станут логистика, сельское хозяйство, строительство, транспорт и энергетика. В настоящий момент БПЛА активно используются для мониторинга объектов, обеспечения доступа в интернет в удаленных локациях, транспортировки грузов, исследования природных объектов и в строительстве. Основные преимущества БПЛА для бизнеса включают оптимизацию процессов, сокращение трудозатрат, ускорение сбора данных и минимизацию человеческого фактора. Однако сложности регулирования, неразвитость инфраструктуры и недостаточное информирование о реализованных кейсах сдерживают более масштабное применение БПЛА в коммерческом секторе.

Актуальность исследования обусловлена настоятельной потребностью в создании национальной инфраструктуры для разработки, сертификации и массового внедрения БПЛА, что отвечает стратегическим интересам России в укреплении технологической независимости. Исследование направлено на практическую реализацию задач,

изложенных в Стратегии научно-технологического развития РФ, включая развитие транспортных технологий и технологий ИИ для беспилотных систем. Исследование также поддерживает цели национальных проектов «Экономика данных» и «Беспилотные авиационные системы», ставя задачу достижения технологического лидерства России в этой сфере к 2030 году. Исследование решает проблему разработки уникальной методологии, которая обеспечит всестороннюю оценку уровня технологического суверенитета отрасли, формирование перспективных сценариев её развития, проведение форсайт-сессий для выявления и адаптации новейших технологий и создание образовательных программ для подготовки кадров в интересах интеллектуальной экономики.

Научная новизна исследования заключается в оригинальной адаптации концепции технологического суверенитета к потребностям высокотехнологичной и быстроразвивающейся отрасли БПЛА. Впервые будет разработана методология, включающая системные подходы к прогнозированию, интеллектуальной специализации и управлению технологической зрелостью в контексте глобальных вызовов. Среди ключевых научных результатов — новая концепция технологического суверенитета для БПЛА, методика оценки уровня зависимости от зарубежных технологий и комплексные сценарные модели для прогнозирования отраслевого роста и реагирования на внешние вызовы. Исследование предусматривает разработку детализированной дорожной карты стратегических этапов достижения независимости, создание фреймворка для управления внешними рисками, а также формирование отраслевых стратегий диверсификации применения БПЛА. Итогом исследования станет всесторонняя методологическая база для оценки технологического суверенитета, реализация

кросс-отраслевых решений по внедрению БПЛА и масштабируемые стратегии для их промышленного применения. Ожидается, что исследование станет важным инструментом для формирования высокотехнологичных рынков, способствующих достижению национальных целей технологического лидерства и независимости и долгосрочной конкурентоспособности России в многополярном мире.

### Методы

В исследовании предполагается использование комплексного подхода к методам исследования, направленного на систематизацию и углубленное изучение технологического суверенитета в сфере беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Основными методами исследования станут системный анализ, синтез и научная абстракция, которые обеспечат уточнение ключевого понятия технологического суверенитета и позволят создать теоретическую базу для его применения в области БПЛА. Для структурирования научной базы и выявления глобальных тенденций будет использована методология *scoping review*, которая обеспечит систематический анализ литературы, собранной в ведущих российских и зарубежных базах данных, гарантируя соответствие исследований международному уровню.

Методы обобщения и классификации послужат инструментами для выделения критических направлений и определяющих факторов технологического суверенитета, а также для оценки степени зависимости от импортных технологий. Эти подходы позволят сформировать обоснованную методологию по выявлению приоритетных областей для отечественного развития в секторе БПЛА.

Для анализа текущего состояния отрасли будут применены методы сравнительного и статистического анализа, которые в сочетании с инструментами

структурно-логического и индексного анализа позволят более глубоко изучить состояние и тенденции сектора БПЛА в России. Экономико-математическое и имитационное моделирование дополняют исследование, предоставляя возможность формирования стратегий развития с учётом экономических параметров и прогнозируемых сценариев. Применение методов сценарного прогнозирования и системного анализа в сочетании с подходами сценарного моделирования позволит определить наиболее вероятные и критически важные траектории развития, оценить угрозы и возможности, а также учесть внешние и внутренние вызовы, с которыми может столкнуться отрасль БПЛА в долгосрочной перспективе.

### Результаты

В современном мире исследования в области беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) приобретают всё большую актуальность, особенно в сфере экономики. Наиболее активными и продуктивными в этой области являются китайские учёные, что подтверждается значительным количеством публикаций и высокими цитируемыми работами. По результатам поиска по ключевому слову «UAV» в заголовках, аннотациях, ключевых словах и областях исследований с фильтрацией по сфере «Economics», выявлено, что китайские исследовательские институты занимают лидирующие позиции.

Основные направления исследований в сфере БПЛА в мировой экономической науке:

1. Прецизионное сельское хозяйство с применением БПЛА:

Применение беспилотных летательных аппаратов в точном земледелии является одним из передовых направлений современных исследований. В работе Singh P. K., Sharma A. «An intelligent WSN-UAV-based IoT framework for precision agriculture application» [3] представлена интеллектуальная система, интегрирующая

беспроводные сенсорные сети (WSN) и БПЛА в контексте Интернета вещей (IoT). Эта система предназначена для повышения эффективности сельскохозяйственных операций посредством точного мониторинга и управления агротехническими процессами, что способствует оптимизации использования ресурсов и увеличению урожайности.

2. Оптимизация маршрутов и планирование траекторий БПЛА:

Алгоритмическое планирование траекторий является критическим аспектом повышения эффективности и безопасности использования БПЛА. В исследовании Yu Z. и др. «A Novel Hybrid Particle Swarm Optimization Algorithm for Path Planning of UAVs» [4] разработан новый гибридный алгоритм оптимизации роя частиц для планирования маршрутов БПЛА, объединяющий преимущества классических методов оптимизации и инновационных подходов. Аналогично, в работе Huang C. и др. «Adaptive cylinder vector particle swarm optimization with differential evolution for UAV path planning» [5] представлен адаптивный алгоритм, сочетающий оптимизацию роя частиц с дифференциальной эволюцией, что позволяет эффективно решать задачи планирования траекторий в динамических и неопределённых средах.

3. Интеграция БПЛА в системы Интернета вещей и вычислительные сети:

Исследования в области интеграции БПЛА с периферийными вычислительными сетями и IoT направлены на расширение функциональных возможностей беспилотных систем и повышение эффективности распределения вычислительных задач. Работа Dai X. и др. «UAV-Assisted Task Offloading in Vehicular Edge Computing Networks» [6] посвящена изучению использования БПЛА для разгрузки задач в периферийных вычислительных сетях транспортных средств. Авторы предлагают инновационные модели и алгоритмы,

которые позволяют оптимизировать распределение вычислительных ресурсов между БПЛА и наземными узлами, снижая задержки и повышая общую производительность сети.

4. Применение БПЛА в логистике и «последней миле» доставки:

Использование беспилотных летательных аппаратов в логистике представляет собой перспективное направление, особенно в контексте доставки товаров на «последней миле». Исследование Osakwe C. N. и др. «Critical factors characterizing consumers' intentions to use drones for last-mile delivery: Does delivery risk matter?» [7] анализирует ключевые факторы, влияющие на намерения потребителей использовать БПЛА для доставки товаров. Работа рассматривает аспекты восприятия риска, доверия к технологиям и других психологических факторов, что имеет важное значение для разработки эффективных стратегий внедрения БПЛА в логистические процессы.

5. Применение искусственного интеллекта и глубокого обучения в управлении БПЛА:

Внедрение методов искусственного интеллекта, включая глубокое обучение с подкреплением, открывает новые горизонты в области автономного управления и координации БПЛА. В работе Yin Y. и др. «Task Allocation of Multiple Unmanned Aerial Vehicles Based on Deep Transfer Reinforcement Learning» [8] исследуется методика распределения задач между множеством БПЛА на основе глубокого переноса обучения с подкреплением. Предложенный подход способствует повышению эффективности коллективного выполнения задач, оптимизации ресурсов и улучшению адаптивности беспилотных систем в сложных оперативных условиях.

Мировыми лидерами в области исследований экономики БПЛА являются следующие институты:

- Northwestern Polytechnical University (91 публикация), демонстрирующий значительную научную активность и инновационный потенциал в разработке экономических аспектов применения БПЛА.

- Weihang University (79 публикаций), известный своими передовыми исследованиями в интеграции БПЛА в различные экономические секторы.

- National University of Defense Technology (65 публикаций), вносящий существенный вклад в экономическое обоснование и стратегическое использование беспилотных систем.

- Beijing Institute of Technology (64 публикации), специализирующийся на междисциплинарных исследованиях, связывающих технологические разработки БПЛА с экономическими моделями.

- Chinese Academy of Sciences (32 публикации), объединяющий фундаментальные исследования с прикладными экономическими анализами в области БПЛА.

Среди наиболее продуктивных авторов в мировой экономической науке в сфере БПЛА выделяются:

- Wo Li (12 публикаций), чьи исследования охватывают широкий спектр экономических и технических вопросов, связанных с БПЛА.

- Vin Jiang (9 публикаций), специализирующийся на экономическом моделировании и оптимизации использования беспилотных систем.

- Haibin Duan (8 публикаций), известный разработками в области алгоритмов управления БПЛА и их экономической эффективности.

Таким образом, ведущими научными конкурентами являются преимущественно китайские университеты и исследователи, активно продвигающие экономические исследования в сфере беспилотных летательных аппаратов. Их работы формируют современную повестку научных исследований и определяют направления

развития технологий БПЛА в экономическом контексте.

В России исследования по применению беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в экономике, несмотря на более низкую интенсивность по сравнению с мировыми лидерами, отражают перспективные направления, направленные на решение прикладных задач. Так, работа Яблоковой А. и соавторов «Environmental safety problems of swarm use of UAVs in precision agriculture» [9] акцентирует внимание на экологической безопасности применения роевых технологий БПЛА в прецизионном земледелии, предлагая комплексный подход к снижению рисков и изучая взаимодействие БПЛА с окружающей средой. Данное исследование опубликовано в E3S Web of Conferences (том 471, статья 04018, DOI: [10.1051/e3sconf/202447104018](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447104018)).

Значимым направлением является работа Zijian H. U. и российских коллег, в которой рассматриваются алгоритмы отслеживания динамических целей в масштабных средах. В публикации «Imaginary filtered hindsight experience replay for UAV tracking dynamic targets in large-scale unknown environments» [10] предложены методы улучшенного обратного воспроизведения, направленные на адаптацию БПЛА к неопределённым и сложным условиям. Этот труд опубликован в Chinese Journal of Aeronautics (том 36, № 5, стр. 377–391, DOI: [10.1016/j.cja.2022.09.008](https://doi.org/10.1016/j.cja.2022.09.008)).

Технологии глубокого обучения также находят применение в управлении БПЛА. Работа Бая С., Сонга С. и Неретина Е. «UAV Maneuvering Decision-Making Algorithm Based on Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient Algorithm» [11] исследует алгоритмы принятия решений для маневрирования дронов, опирающиеся на принципы глубокого обучения. Эта статья опубликована в Journal of Artificial

Intelligence and Technology (том 2(1), стр. 16–22, DOI: [10.37965/jait.2021.12003](https://doi.org/10.37965/jait.2021.12003)).

Важным для обеспечения надёжной связи является работа Бегишева В., Молчанова Д. и их команды, где они предлагают модель для оценки вероятности блокировки прямой видимости между БПЛА и наземными станциями в условиях городской среды. Исследование под названием «Closed-Form UAV LoS Blockage Probability in Mixed Ground- and Rooftop-Mounted Urban mmWave NR Deployments» [12] было опубликовано в Sensors (2022; 22(3):977, DOI: [10.3390/s22030977](https://doi.org/10.3390/s22030977)).

Технологические достижения в навигации роев БПЛА в трёхмерных пространствах отражены в работе Матвеева А.С. и Семаковой А.А. В статье «Distributed 3D Navigation of Swarms of Non-Holonomic UAVs for Coverage of Unsteady Environmental Boundaries» [13] они исследуют возможности распределённой навигации для мониторинга динамических границ окружающей среды. Работа опубликована в Drones (2022; 6(2):33, DOI: [10.3390/drones6020033](https://doi.org/10.3390/drones6020033)).

Исследование цифровизации сельского хозяйства и роль БПЛА в повышении его эффективности нашло отражение в работе Ибиева Г.З. и соавторов «Unmanned aerial vehicles (UAVs) – One of the digitalization and effective development segments of agricultural production in modern conditions» [14]. Это исследование, опубликованное в AIP Conference Proceedings (2022; том 2661, статья 030002, DOI: [10.1063/5.0107373](https://doi.org/10.1063/5.0107373)), подчёркивает, как цифровые технологии могут ускорить процессы агропроизводства.

Работы Ковалева И. В. и соавторов исследуют прикладные аспекты использования БПЛА в сельском хозяйстве.

В статье «К вопросу оценки производительности опрыскивания сельскохозяйственных культур беспилотными летательными аппаратами» [15], доступной по DOI [10.47813/mip.5.2023.9.111-117](<https://www.doi.org/10.47813/mip.5.2023.9.111-117>), предложены методы оценки производительности БПЛА для повышения эффективности опрыскивания полевых культур. Также исследование, посвященное анализу производительности аграрных БПЛА, представлено в их работе «Productivity analysis of agricultural UAVs by field crop spraying» [16], опубликованной в IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (2023; том 1284, статья 012026, DOI: [10.1088/1755-1315/1284/1/012026](<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1284/1/012026>)).

Другие важные исследования охватывают разработку программных решений для инвентаризации лесных ресурсов на основе данных аэрофотосъемки, представленных в работе Просекова А.Ю. и соавторов «Development of a Software Package for Digital Forest Inventory Based on Aerial Photography Data» [17]. Публикация доступна в IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (2022; том 981, статья 042017, DOI: [10.1088/1755-1315/981/4/042017](<https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/4/042017>)) и подтверждает перспективность БПЛА для решения задач лесного хозяйства и мониторинга природных ресурсов.

Среди российских организаций, ведущих исследования по теме беспилотных летательных аппаратов, наиболее продуктивной является Российская академия наук, имеющая пять публикаций по данной тематике. Значительный вклад также вносит Красноярский государственный аграрный университет, в активе которого три публикации. Московский авиационный институт и Московский государственный

университет имеют по две публикации, что подчёркивает их вклад в развитие области БПЛА в России.

Среди авторов с российской аффилиацией лидируют И. В. Ковалев и Д. И. Ковалев, каждый из которых имеет по две публикации, посвященные применению БПЛА в сельском хозяйстве и оценке их производительности. Существенный вклад в развитие методов навигации роев БПЛА внесли также А. С. Матвеев и А. А. Семакова, чьи исследования сосредоточены на создании алгоритмов распределённой навигации, что расширяет возможности применения роевых технологий в условиях изменяющейся окружающей среды.

Таким образом, мировая научная деятельность в области БПЛА активно развивается, с акцентом на применение в экономике, сельском хозяйстве, логистике и интеграции в системы IoT. Китайские исследователи и институты занимают ведущие позиции, что делает их основными научными конкурентами. Для обеспечения технологического суверенитета России необходимо усилить исследования в данной области, развивать собственные технологии и решения, а также укреплять международное сотрудничество.

### Заключение

Реализация исследования обусловлена потребностью в развитии инструментов стратегического управления, обеспечивающих контроль за уровнем технологической зрелости и прогнозированием зависимости от зарубежных технологий. Это станет важным шагом в формировании адаптивной отечественной инфраструктуры, способной ответить на вызовы внешней среды и поддержать конкурентоспособность России в быстрорастущем секторе БПЛА. Стремление к разработке собственной системы сертификации и нормативной базы для БПЛА позволит национальным разработчикам выйти на уровень, соответствующий международным



стандартам, а также укрепить позиции на внешних рынках за счет конкурентных отечественных решений, создавая перспективы для экспорта и увеличения доли российского присутствия в глобальной экономике.

**Библиографический список**

1. Коршунов И. Цифровое небо России: где начинается и где заканчивается // Росконгресс. 2024. <https://roscongress.org/materials/tsifrovoe-nebo-rossii-gde-nachinaetsya-i-gde-zakanchivaetsya/> (дата обращения: 13.12.2024)
2. Рынок гражданских беспилотных аппаратов. Ростелеком. 2024. <https://rt-static.rt.ru/sites/default/files/b2b/docs/bpla.pdf> (дата обращения: 13.12.2024)
3. Singh P. K., Sharma A. An intelligent WSN-UAV-based IoT framework for precision agriculture application //Computers and Electrical Engineering. – 2022. – Т. 100. – С. 107912.
4. Yu Z. et al. A novel hybrid particle swarm optimization algorithm for path planning of UAVs //IEEE Internet of Things Journal. – 2022. – Т. 9. – №. 22. – С. 22547-22558.
5. Huang C. et al. Adaptive cylinder vector particle swarm optimization with differential evolution for UAV path planning //Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2023. – Т. 121. – С. 105942.
6. Dai X. et al. UAV-assisted task offloading in vehicular edge computing networks //IEEE Transactions on Mobile Computing. – 2023. – Т. 23. – №. 4. – С. 2520-2534.
7. Osakwe C. N. et al. Critical factors characterizing consumers' intentions to use drones for last-mile delivery: Does delivery risk matter? //Journal of Retailing and Consumer Services. – 2022. – Т. 65. – С. 102865.
8. Yin Y. et al. Task allocation of multiple unmanned aerial vehicles based on deep transfer reinforcement learning //Drones. – 2022. – Т. 6. – №. 8. – С. 215.

9. Yablokova A. et al. Environmental safety problems of swarm use of UAVs in precision agriculture //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 471. – С. 04018.
10. Zijian H. U. et al. Imaginary filtered hindsight experience replay for UAV tracking dynamic targets in large-scale unknown environments //Chinese Journal of Aeronautics. – 2023. – Т. 36. – №. 5. – С. 377-391.
11. Bai S. et al. UAV maneuvering decision-making algorithm based on twin delayed deep deterministic policy gradient algorithm //Journal of Artificial Intelligence and Technology. – 2022. – Т. 2. – №. 1. – С. 16-22.
12. Begishev V. et al. Closed-Form UAV LoS Blockage Probability in Mixed Ground-and Rooftop-Mounted Urban mmWave NR Deployments //Sensors. – 2022. – Т. 22. – №. 3. – С. 977.
13. Matveev A. S., Semakova A. A. Distributed 3D navigation of swarms of non-holonomic UAVs for coverage of unsteady environmental boundaries //Drones. – 2022. – Т. 6. – №. 2. – С. 33.
14. Ibiev G. Z. et al. Unmanned aerial vehicles (UAVs)-One of the digitalization and effective development segments of agricultural production in modern conditions //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2022. – Т. 2661. – №. 1.
15. Ковалев И. В., Ковалев Д. И., Астанакүлов К. Д. К вопросу оценки производительности опрыскивания сельскохозяйственных культур беспилотными летательными аппаратами. – 2023.
16. Kovalev I. V. et al. Productivity analysis of agricultural UAVs by field crop spraying //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2023. – Т. 1284. – №. 1. – С. 012026.
17. Prosekov A. Y. et al. Development of a software package for digital forest inventory based on aerial photography data //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – Т. 981. – №. 4. – С. 042017.

Поступила в редакцию – 13 сентября 2024 г.  
Принята в печать – 02 декабря 2024 г.

**Bibliography**

1. Korshunov I. Cifrovoe nebo Rossii: gde nachinaetsya i gde zakanchivaetsya // Roskongress. 2024. <https://roscongress.org/materials/tsifrovoe-nebo-rossii-gde-nachinaetsya-i-gde-zakanchivaetsya/> (data obrashcheniya: 13.12.2024)

2. Rynok grazhdanskih bespilotnyh apparatov. Rostelekom. 2024. <https://rt-static.rt.ru/sites/default/files/b2b/docs/bpla.pdf> (data obrashcheniya: 13.12.2024)
3. Singh P. K., Sharma A. An intelligent WSN-UAV-based IoT framework for precision agriculture application //Computers and Electrical Engineering. – 2022. – T. 100. – S. 107912.
4. Yu Z. et al. A novel hybrid particle swarm optimization algorithm for path planning of UAVs //IEEE Internet of Things Journal. – 2022. – T. 9. – №. 22. – S. 22547-22558.
5. Huang C. et al. Adaptive cylinder vector particle swarm optimization with differential evolution for UAV path planning //Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2023. – T. 121. – S. 105942.
6. Dai X. et al. UAV-assisted task offloading in vehicular edge computing networks //IEEE Transactions on Mobile Computing. – 2023. – T. 23. – №. 4. – S. 2520-2534.
7. Osakwe C. N. et al. Critical factors characterizing consumers' intentions to use drones for last-mile delivery: Does delivery risk matter? //Journal of Retailing and Consumer Services. – 2022. – T. 65. – S. 102865.
8. Yin Y. et al. Task allocation of multiple unmanned aerial vehicles based on deep transfer reinforcement learning //Drones. – 2022. – T. 6. – №. 8. – S. 215.
9. Yablokova A. et al. Environmental safety problems of swarm use of UAVs in precision agriculture //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 471. – S. 04018.
10. Zijian H. U. et al. Imaginary filtered hindsight experience replay for UAV tracking dynamic targets in large-scale unknown environments //Chinese Journal of Aeronautics. – 2023. – T. 36. – №. 5. – S. 377-391.
11. Bai S. et al. UAV maneuvering decision-making algorithm based on twin delayed deep deterministic policy gradient algorithm //Journal of Artificial Intelligence and Technology. – 2022. – T. 2. – №. 1. – S. 16-22.
12. Begishev V. et al. Closed-Form UAV LoS Blockage Probability in Mixed Ground-and Rooftop-Mounted Urban mmWave NR Deployments //Sensors. – 2022. – T. 22. – №. 3. – S. 977.
13. Matveev A. S., Semakova A. A. Distributed 3D navigation of swarms of non-holonomic UAVs for coverage of unsteady environmental boundaries //Drones. – 2022. – T. 6. – №. 2. – S. 33.
14. Ibiev G. Z. et al. Unmanned aerial vehicles (UAVs)-One of the digitalization and effective development segments of agricultural production in modern conditions //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2022. – T. 2661. – №. 1.
15. Kovalev I. V., Kovalev D. I., Astanakulov K. D. K voprosu ocenki proizvoditel'nosti opryskivaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur bespilotnymi letatel'nymi apparatami. – 2023.
16. Kovalev I. V. et al. Productivity analysis of agricultural UAVs by field crop spraying //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2023. – T. 1284. – №. 1. – S. 012026.
17. Prosekov A. Y. et al. Development of a software package for digital forest inventory based on aerial photography data //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – T. 981. – №. 4. – S. 042017.

Received – 13 September 2024

Accepted for publication – 02 December 2024