

Научная статья

УДК 623.746.-519:614.8; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-74-83

КРАТКИЙ ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ

✉ **Калач Андрей Владимирович.**

**Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия;
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия.**

Сысоева Татьяна Павловна;

Давиденко Антон Сергеевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ a_kalach@mail.ru

Аннотация. Приведен краткий анализ и обобщение возможностей применения современных беспилотных летательных аппаратов при решении задач по обеспечению безопасности в различных сферах деятельности человека. Отмечены преимущества и недостатки современных беспилотных авиационных систем. Особый акцент при описании сделан на перспективном развитии возможностей беспилотных летательных аппаратов. Отмечено, что до 2030 г. в Российской Федерации предполагается инвестировать 560 млрд руб. в развитие беспилотных летательных систем.

Ключевые слова: беспилотная авиационная система, цифровые технологии, чрезвычайная ситуация, безопасность

Для цитирования: Калач А.В., Сысоева Т.П., Давиденко А.С. Краткий обзор возможностей современных беспилотных летательных аппаратов при решении задач по обеспечению безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 2 (70). С. 74–83. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-74-83.

Scientific article

REVIEW OF THE CAPABILITIES OF MODERN UNMANNED AIRCRAFT VEHICLES IN SOLVING PROBLEMS SECURITY

✉ **Kalach Andrey V.**

Voronezh state university of engineering technologies, Voronezh, Russia;

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia.

Sysoeva Tatyana P.;

Davidenko Anton S.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ a_kalach@mail.ru

Abstract. A brief analysis and generalization of the possibilities of using modern unmanned aerial vehicles in solving security problems in various fields of human activity is given. The advantages and disadvantages of modern unmanned aircraft systems are noted. Particular emphasis in the description is placed on the promising development of the capabilities of unmanned aerial vehicles. It was noted that until 2030 in the Russian Federation it is planned to invest 560 billion rubles in the development of unmanned aerial systems.

Keywords: unmanned aircraft system, digital technologies, emergency, security

For citation: Kalach A.V., Sysoeva T.P., Davidenko A.S. Review of the capabilities of modern unmanned aircraft vehicles in solving problems security // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 2 (70). P. 74–83. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-74-83.

Введение

В современном динамично развивающемся мире использование беспилотных авиационных систем (БАС) произвело настоящую революцию в различных отраслях науки и технологий, предлагая инновационные и эффективные решения сложных задач. От аэрофотоснимков до точной доставки грузов – БАС доказали свою универсальность и эффективность в самых разных отраслях промышленности.

В современных условиях кардинальных изменений в мире и обществе, отвечая на вызовы времени, в России формируется новая отрасль экономики, связанная с созданием и использованием БАС. По поручению Президента России Правительством Российской Федерации разработана и утверждена распоряжением от 21 июня 2023 г. № 1630-р Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. Параллельно с разработкой указанной Стратегии Правительство сформировало Национальный проект «Беспилотные авиационные системы», который должен заработать в полную силу с 1 января 2024 г. и являться основным управленческим механизмом реализации принятой стратегии [1].

На эти цели до 2030 г. предполагается инвестировать 560 млрд руб., что позволит ежегодно наращивать производство БАС в среднем на 14–25 %. В результате объем отечественного рынка беспилотных воздушных судов (БВС) к 2030 г. должен превысить 180 тыс. ед. и достичь порядка 200 тыс. ед. к 2035 г. При этом долю БАС российского производства, составляющую на текущий момент порядка 37 %, планируется увеличить к 2030 г. до 70 % (в госзакупках – до не менее 80 %).

Таким образом, необходимо отметить, что исследования по расширению сфер использования возможностей БАС являются актуальными в связи с непрерывным совершенствованием технологий построения моделей и алгоритмизации функционирования беспилотных средств. Необходимо отметить, что по мере развития рынка и увеличения разнообразия приложений в настоящее время возникают дополнительные потребности по повышению эффективности использования БАС к решению сложных задач.

Быстрый ежегодный прирост населения в городах в сочетании со значительным промышленным развитием технологий привели к постоянному увеличению числа чрезвычайных ситуаций (ЧС) и гибели людей во всем мире. Статистика по всему миру показывает ежегодное всевозрастающее количество ЧС природного (землетрясения, наводнения, пожары и т.д.), антропогенного характера и ущерб от их последствий. В связи с данными фактами актуальным представляется расширение возможностей использования автономных робототехнических систем в интересах авиационно-спасательных и пожарных технологий. В управлении стихийными бедствиями современные технологии имеют жизненно важное значение. Предполагается, что беспилотные авиационные технологии повысят операционную эффективность решения задач мониторинга, оценки опасности и прогнозирования динамики природных, техногенных ЧС.

Цель исследования – изучение возможностей современных беспилотных летательных аппаратов для решения задач по обеспечению безопасности.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведен анализ возможных областей применения современных беспилотных летательных аппаратов;
- осуществлен анализ данных о современном состоянии и перспективах развития продаж беспилотных летательных аппаратов.

Области применения современных беспилотных летательных аппаратов

Одним из преимуществ автономных робототехнических систем является возможность их адаптации к условиям окружающей среды. Выбор конкретной робототехнической платформы обусловлен, как правило, выбранной целью и параметрами окружающей среды. При этом дополнительно необходимо отметить, что за последние 20 лет уровень развития и возможности робототехнических комплексов существенно возросли. Необходимо отметить неуклонно растущий практический интерес к БАС во всем мире, поскольку такие устройства используются для эффективного решения множества различных задач во всех сферах деятельности человека [2, 3].

Анализ и обобщение сведений из открытых источников об использовании БАС показал, что, летательные аппараты позволяют, помимо прочего, осуществлять управление в ЧС [4–6], поисково-спасательных операциях [7–9], выполнять мониторинг сельскохозяйственных полей [10], динамики ЧС [11], дистанционное зондирование [12, 13], мониторинг лесных пожаров [14], оперативное обнаружение и спасение людей [15, 16], мониторинг дорожного движения [17], обеспечивать грузовые перевозки [18] и ретрансляционные сети [19–21].

В настоящее время БАС широко используются в условиях эпидемий вирусов и пандемии для обеспечения социального дистанцирования [22], распространения дезинфицирующих средств в зараженных районах [23], переноса наборов для тестирования и других медицинских принадлежностей [24] и многого другого [25].

Таким образом, за последние несколько лет БАС демонстрируют способность значительно сокращать время и повышать эффективность по сравнению с традиционной методологией проведения поисковых и аварийно-спасательных работ.

В настоящее время классификация БАС осуществляется по размеру и массе (микро-БВС, мини-БВС, малый БВС, легкий БВС, тяжелый БВС); по назначению (разведка, наблюдение, доставка грузов, посев и т.д.); по типу энергопитания (бензиновые, электрические, солнечные и т.д.).

Современные БАС, как правило, применяются в одном из следующих исполнений: самолетный, вертолетный и комбинированный (рис. 1).

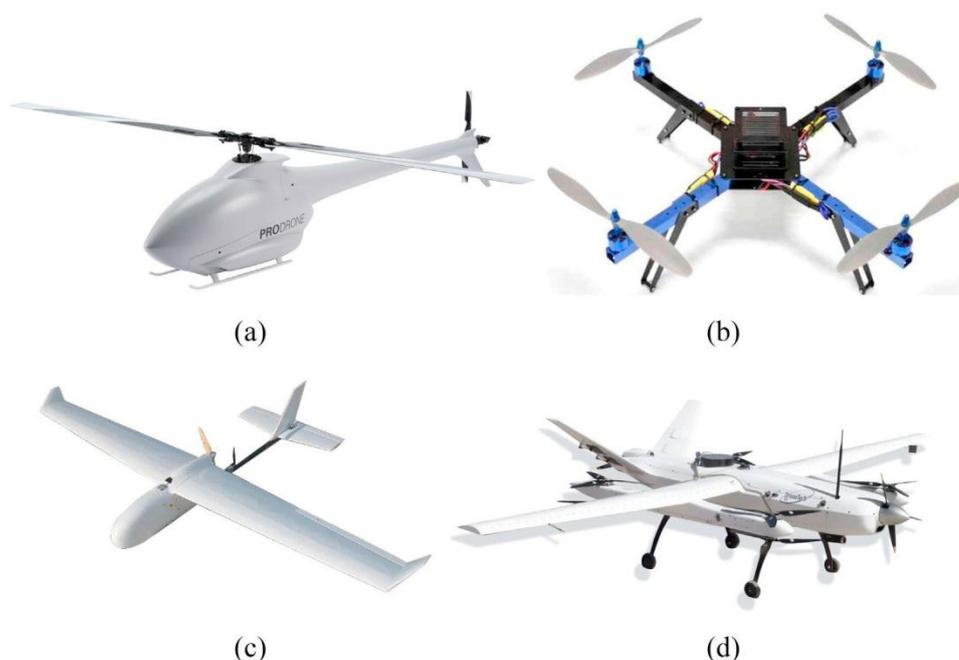


Рис. 1. Типы современных БАС:

а) вертолетного типа; б) мультироторного типа; в) самолетного типа; г) комбинированного типа

Анализ результатов исследований, приведенных в открытых литературных источниках, позволил обобщить возможности некоторых современных БАС (табл.).

Таблица

Тактико-технические и летно-технические характеристики некоторых БАС

№ п/п	Название летательного аппарата (ЛА)	Макс. полетный вес	Макс. расстояние полета	Вес полезной нагрузки	Длина крыла	Длина ЛА	Макс. высота полета	Макс. скорость полета	Продолжительность полета	Энергосистема	Скорость
1	Skywalker X8	5,4	–	–	2,12	0,79	2	–	25	Электромотор без коллектора	55–65
2	AL-101 Riker	6	–	–	2,9	1,3	–	–	90	Электромотор без коллектора	–
3	Urban Aeronautics Air Mule	1 400	–	227	3,5	6,2	3,6	100	300	Turbomeca Arriel 1 750 л.с.	180
4	TR-60	210	200	30	5	3	4,5	250	–	Роторный двигатель 55 л. с.	–
5	Mini-Panther	10'	20	2	3,5	–	0,3	–	90	–	60
6	Pantera	67	60	20	8	2,9	3	130	480	Гибридный источник энергии	–
7	Bell Eagle Eye	1 360	–	453	4,63	5,5	6,1	408	300	Pratt & Whitney 200/55	–
8	Эра-50	5	15	0,5	–	–	2,1	80	–	4 электромотора с 2 лопастями мощностью 2 700 Вт	50
9	NASA GL-10 Greased Lightning	180	250	–	6,1	4,9	9	120	–	Гибрид: 2 дизель-генераторных двигателя и 10 шт. электромоторных двигателей	80
10	Эра-100	20	30	2,5	–	–	2,1	100	60	4 электромотора с 2 лопастями мощностью 2 700 Вт	80
11	RHV-30	30	100	5	2	2	3	140	–	–	110

Современное состояние и перспективы развития продаж беспилотных летательных аппаратов

Использование возможностей БАС в мониторинге ЧС на протяжении длительного периода времени занимает исследователей во всем мире. На рис. 2 приведены данные о количестве опубликованных статей по вопросам применения БАС раннего обнаружения пожаров (по информации базы данных Scopus) [26].

Из рис. 2 следует, что лидируют исследователи из США с более чем 194 научными статьями, за ними следует Китай с 146 публикациями по использованию БАС. Таким образом, БАС уже сейчас способны обеспечить эффективное выполнение широкого перечня задач, для решения которых раньше использовали другие подходы (например, аэрофотосъемка, автоматическое зондирование заданной местности). В целом необходимо отметить, что БАС представляют собой полезный инструмент с постоянно расширяющимся набором функций и приложений для широкого диапазона реальных сценариев [27].

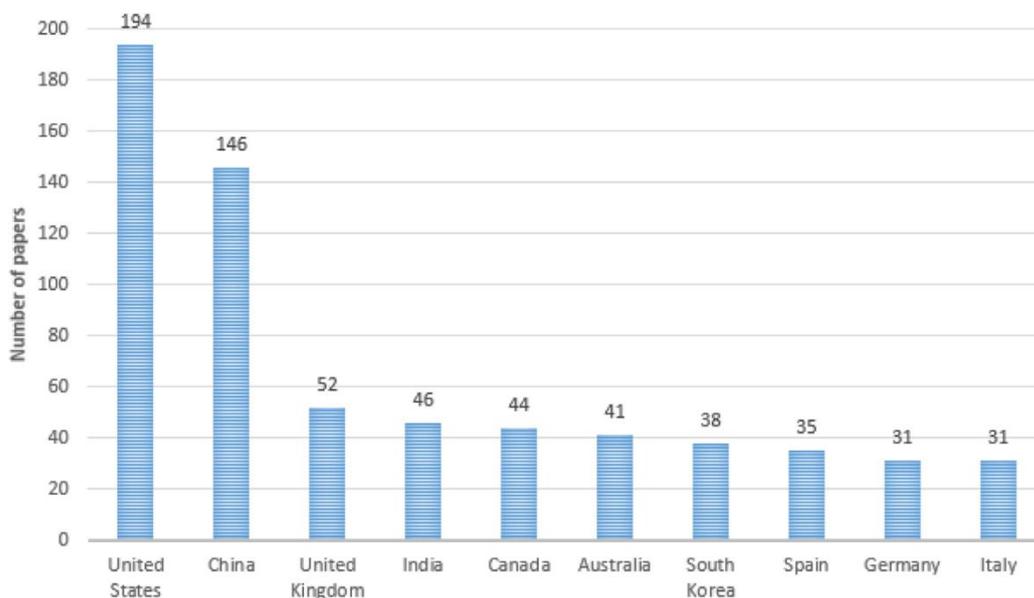


Рис. 2. Количество опубликованных документов в период с 2013 по 2021 г. по раннему обнаружению лесных пожаров по изображениям БАС (по данным международной базы SCOPUS)

В качестве примера на рис. 3 приведены данные о современном состоянии и перспективах продаж БАС по данным маркетинговой компании Tractica [28].

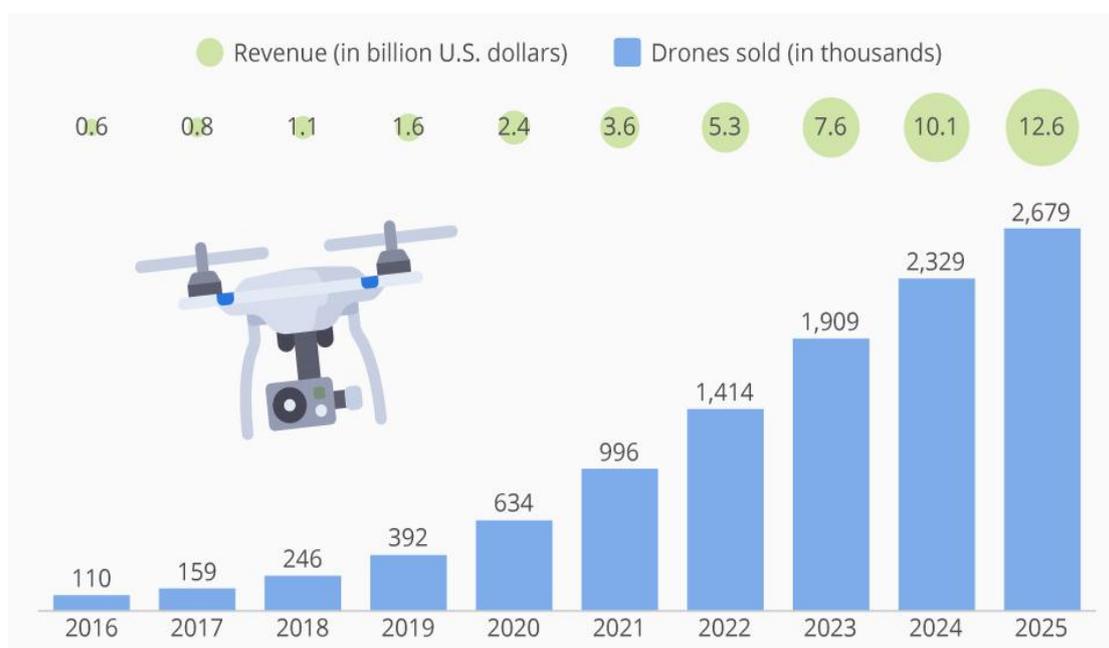


Рис. 3. Продажа БАС по данным Tractica [28]

Заключение

Таким образом, современные БАС показывают свою эффективность при мониторинге, управлении и контроле мероприятий, направленных на ликвидацию последствий ЧС различного генезиса.

Проведенный анализ литературных источников по теме БАС и обобщение возможностей беспилотных систем позволили сформулировать следующие перспективные направления их развития:

1. Для моделирования распространения беспилотных транспортных средств следует учитывать такие факторы, как безопасность, динамические данные дорожных сетей, особые требования заказчика.

2. Требуется усовершенствование эвристических алгоритмов, используемых совместно с БАС с целью повышения эффективности функционирования.

3. Активное расширение использования возможностей БАС в решении задач предупреждения и ликвидации последствий ЧС различного генезиса в городской, сельской и горной местности, а также в условиях несовершенного состояния инфраструктуры дорог.

4. Расширение комплексного использования беспилотных транспортных средств и БАС.

5. Проведение широкомасштабных исследований по комплексной оптимизации замены и зарядки аккумуляторов беспилотных средств, поскольку на практике большинство беспилотных систем используют электродвигатели. При этом следует отметить, что фактическое количество замен батарей и зарядные станции не позволяют полностью удовлетворить спрос.

6. Повышение эффективности использования БАС за счет организации их в виде группировок типа «рой».

Список источников

1. Андрей Белоусов: с 1 января 2024 года нацпроект по развитию отрасли беспилотников должен заработать в полную силу. URL: <http://government.ru> (дата обращения: 14.02.2024).

2. A survey of unmanned aircraft system technologies to enable safe operations in urban areas / N. Bloise [et al.] // International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), IEEE. 2019. P. 433–442.

3. Unmanned aerial vehicle quadcopter: a review / I. Dallah Bashi O. [et al.] // J. Comput. Theor. Nanosci. 2017. № 14 (12). P. 5663–5675.

4. Arafat M.Yu., Moh S. Localization and clustering based on swarm intelligence in UAV networks for emergency communications // IEEE Int. Things J. 2019. № 6. P. 8958–8976. DOI: 10.1109/IIOT.2019.2925567.

5. Poudel S., Moh S. Energy-efficient and fast MAC protocol in UAV-aided wireless sensor networks for time-critical applications // Sensors. 2020. Vol. 21. DOI: 10.3390/s20092635.

6. Poudel S., Moh S. Hybrid path planning for efficient data collection in UAV-aided WSNs for emergency applications // Sensors. 2021. Vol. 21. DOI: 10.3390/s21082839.

7. Multi-objective UAV path planning for search and rescue / S. Hayat [et al.] // Proc. – IEEE Int. Conf. Robot. Autom. 2017. P. 5569–5574. DOI: 10.1109/ICRA.2017.7989656.

8. Waharte S., Trigoni N. Supporting search and rescue operations with UAVs // Learn. Adapt. Behav. Robot. Syst: Proc. – EST 2010 – 2010 Int. Conf. Emerg. Secur. Technol. ROBOSEC 2010 – Robot. Secur. LAB-RS. 2010. P. 142–147. DOI: 10.1109/EST.2010.31.

9. Vincent-Lambert C., Pretorius A., Van Tonder B. Use of Unmanned Aerial Vehicles in Wilderness Search and Rescue Operations: A Scoping Review // Wilderness & Environmental Medicine. 2023. Vol. 34. Iss. 4. P. 580–588. DOI: 10.1016/j.wem.2023.08.022.

10. Cloud-based UAV monitoring and management framework / C. Chen [et al.] // Proc. – 2018 3rd Int. Conf. Control. Robot. Cybern., CRC 2018. P. 61–66. DOI: 10.1109/CRC.2018.00021.

11. Arafat M.Yu., Moh S. Location-aided delay tolerant routing protocol in UAV networks for post-disaster operation // *IEEE Access*. 2018. № 6. P. 59891–59906. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2875739.
12. A review: UAV-based remote sensing / N. Yin [et al.] // *IOP Conf. Ser., Mater. Sci. Eng.* 2019. Vol. 490. DOI: 10.1088/1757-899X/490/6/062014.
13. Unmanned aerial vehicle remote sensing for field-based crop phenotyping: current status and perspectives / G. Yang [et al.] // *Front. Plant Sci.* 2017. Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.01111.
14. Arafat M.Yu., Moh S. Bio-inspired approaches for energy-efficient localization and clustering in UAV networks for monitoring wildfires in remote areas // *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 18649–18669. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3053605.
15. Subramaniaswamy V. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based Forest Fire Detection and monitoring for reducing false alarms in forest-fires / S. Sudhakar [et al.] // *Computer Communications*. 2020. Vol. 149. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.comcom.2019.10.007.
16. A review of applications and communication technologies for Internet of Things (IoT) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based sustainable smart farming / N. Islam [et al.] // *Sustainability*. 2021. Vol. 13 (4). P. 1821.
17. Monitoring road traffic with a UAV-based system / M. Elloumi [et al.] // *IEEE Wirel. Commun. Netw. Conf., WCNC*. 2018. P. 1–6. DOI: 10.1109/WCNC.2018.8377077.
18. Kellermann R., Biehle T., Fischer L. Drones for parcel and passenger transportation: a literature review // *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.* 2020. Vol. 4. DOI: 100088. DOI: 10.1016/j.trip.2019.100088.
19. A cost-efficient elastic UAV relay network construction method with guaranteed QoS / H. Lu [et al.] // *Ad Hoc Netw.* 2020. Vol. 107. DOI: 10.1016/j.adhoc.2020.102219.
20. Chen W., Zhao S., Shi Q. Improve stability in UAV relay networks by jointly optimizing communication // *Trajectory and Power: 2018 IEEE Int. Conf. Commun. Syst., ICCS*. 2018. P. 180–185. DOI: 10.1109/ICCS.2018.8689196.
21. Rubin I., Zhang R. Placement of UAVs as communication relays aiding mobile ad hoc wireless networks // *Proc. – IEEE Mil. Commun. Conf. MILCOM*. 2007. P. 1–7. DOI: 10.1109/MILCOM.2007.4455114.
22. A drone-based networked system and methods for combating coronavirus disease (COVID-19) pandemic / A. Kumar [et al.] // *Future Gener. Comput. Syst.* 2021. Vol. 115. P. 1–19. DOI: 10.1016/j.future.2020.08.046.
23. Drone-based social distancing, sanitization, inspection, monitoring, and control room for COVID-19 / A. Kumar [et al.] // *Artif. Intell. Mach. Learn. COVID-19*. 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-60188-1_8.
24. Euch J. Do drones have a realistic place in a pandemic fight for delivering medical supplies in healthcare systems problems? // *Chin. J. Aeronaut.* 2021. Vol. 34. P. 182–190. DOI: 10.1016/j.cja.2020.06.006.
25. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): a survey on civil applications and key research challenges / H. Shakhathreh [et al.] // *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 48572–48634. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2909530.
26. A review on early wildfire detection from unmanned aerial vehicles using deep learning-based computer vision algorithms / A. Bouguettaya [et al.] // *Signal Processing*. 2022. Vol. 190. P. 108309. DOI: 10.1016/j.sigpro.2021.108309.
27. Mairaj A., Baba A.I., Javaid A.Yu. Application specific drone simulators: recent advances and challenges // *Simul. Modell. Pract. Theory*. 2019. Vol. 94. P. 100–117.
28. Statista. URL: <https://www.statista.com/chart/17201/commercial-drones-projected-growth/> (дата обращения: 14.02.2024).

References

1. Andrej Belousov: c 1 yanvarya 2024 goda nacproekt po razvitiyu otrasli bespilotnikov dolzhen zarabotat' v polnuyu silu. URL: <http://government.ru> (data obrashcheniya: 14.02.2024).
2. A survey of unmanned aircraft system technologies to enable safe operations in urban areas / N. Bloise [et al.] // International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), IEEE. 2019. P. 433–442.
3. Unmanned aerial vehicle quadcopter: a review / I. Dallah Bashi O. [et al.] // J. Comput. Theor. Nanosci. 2017. № 14 (12). P. 5663–5675.
4. Arafat M.Yu., Moh S. Localization and clustering based on swarm intelligence in UAV networks for emergency communications // IEEE Int. Things J. 2019. № 6. P. 8958–8976. DOI: 10.1109/JIOT.2019.2925567.
5. Poudel S., Moh S. Energy-efficient and fast MAC protocol in UAV-aided wireless sensor networks for time-critical applications // Sensors. 2020. Vol. 21. DOI: 10.3390/s20092635.
6. Poudel S., Moh S. Hybrid path planning for efficient data collection in UAV-aided WSNs for emergency applications // Sensors. 2021. Vol. 21. DOI: 10.3390/s21082839.
7. Multi-objective UAV path planning for search and rescue / S. Hayat [et al.] // Proc. – IEEE Int. Conf. Robot. Autom. 2017. P. 5569–5574. DOI: 10.1109/ICRA.2017.7989656.
8. Waharte S., Trigoni N. Supporting search and rescue operations with UAVs // Learn. Adapt. Behav. Robot. Syst: Proc. – EST 2010 – 2010 Int. Conf. Emerg. Secur. Technol. ROBOSEC 2010 – Robot. Secur. LAB-RS. 2010. P. 142–147. DOI: 10.1109/EST.2010.31.
9. Vincent-Lambert C., Pretorius A., Van Tonder B. Use of Unmanned Aerial Vehicles in Wilderness Search and Rescue Operations: A Scoping Review // Wilderness & Environmental Medicine. 2023. Vol. 34. Iss. 4. P. 580–588. DOI: 10.1016/j.wem.2023.08.022.
10. Cloud-based UAV monitoring and management framework / C. Chen [et al.] // Proc. – 2018 3rd Int. Conf. Control. Robot. Cybern., CRC 2018. P. 61–66. DOI: 10.1109/CRC.2018.00021.
11. Arafat M.Yu., Moh S. Location-aided delay tolerant routing protocol in UAV networks for post-disaster operation // IEEE Access. 2018. № 6. P. 59891–59906. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2875739.
12. A review: UAV-based remote sensing / N. Yin [et al.] // IOP Conf. Ser., Mater. Sci. Eng. 2019. Vol. 490. DOI: 10.1088/1757-899X/490/6/062014.
13. Unmanned aerial vehicle remote sensing for field-based crop phenotyping: current status and perspectives / G. Yang [et al.] // Front. Plant Sci. 2017. Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.01111.
14. Arafat M.Yu., Moh S. Bio-inspired approaches for energy-efficient localization and clustering in UAV networks for monitoring wildfires in remote areas // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 18649–18669. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3053605.
15. Subramaniaswamy V. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based Forest Fire Detection and monitoring for reducing false alarms in forest-fires / S. Sudhakar [et al.] // Computer Communications. 2020. Vol. 149. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.comcom.2019.10.007.
16. A review of applications and communication technologies for Internet of Things (IoT) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based sustainable smart farming / N. Islam [et al.] // Sustainability. 2021. Vol. 13 (4). P. 1821.
17. Monitoring road traffic with a UAV-based system / M. Elloumi [et al.] // IEEE Wirel. Commun. Netw. Conf., WCNC. 2018. P. 1–6. DOI: 10.1109/WCNC.2018.8377077.
18. Kellermann R., Biehle T., Fischer L. Drones for parcel and passenger transportation: a literature review // Transp. Res. Interdiscip. Perspect. 2020. Vol. 4. DOI: 100088. DOI: 10.1016/j.trip.2019.100088.
19. A cost-efficient elastic UAV relay network construction method with guaranteed QoS / H. Lu [et al.] // Ad Hoc Netw. 2020. Vol. 107. DOI: 10.1016/j.adhoc.2020.102219.
20. Chen W., Zhao S., Shi Q. Improve stability in UAV relay networks by jointly optimizing communication // Trajectory and Power: 2018 IEEE Int. Conf. Commun. Syst., ICCS. 2018. P. 180–185. DOI: 10.1109/ICCS.2018.8689196.

21. Rubin I., Zhang R. Placement of UAVs as communication relays aiding mobile ad hoc wireless networks // Proc. – IEEE Mil. Commun. Conf. MILCOM. 2007. P. 1–7. DOI: 10.1109/MILCOM.2007.4455114.
22. A drone-based networked system and methods for combating coronavirus disease (COVID-19) pandemic / A. Kumar [et al.] // Future Gener. Comput. Syst. 2021. Vol. 115. P. 1–19. DOI: 10.1016/j.future.2020.08.046.
23. Drone-based social distancing, sanitization, inspection, monitoring, and control room for COVID-19 / A. Kumar [et al.] // Artif. Intell. Mach. Learn. COVID-19. 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-60188-1_8.
24. Euch J. Do drones have a realistic place in a pandemic fight for delivering medical supplies in healthcare systems problems? // Chin. J. Aeronaut. 2021. Vol. 34. P. 182–190. DOI: 10.1016/j.cja.2020.06.006.
25. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): a survey on civil applications and key research challenges / H. Shakhatreh [et al.] // IEEE Access. 2019. Vol. 7. P. 48572–48634. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2909530.
26. A review on early wildfire detection from unmanned aerial vehicles using deep learning-based computer vision algorithms / A. Bouguettaya [et al.] // Signal Processing. 2022. Vol. 190. P. 108309. DOI: 10.1016/j.sigpro.2021.108309.
27. Mairaj A., Baba A.I., Javaid A.Yu. Application specific drone simulators: recent advances and challenges // Simul. Modell. Pract. Theory. 2019. Vol. 94. P. 100–117.
28. Statista. URL: <https://www.statista.com/chart/17201/commercial-drones-projected-growth/> (data obrashcheniya: 14.02.2024).

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 22.03.2024; одобрена после рецензирования: 14.05.2024; принята к публикации: 07.06.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 22.03.2024; approved after review: 14.05.2024; accepted for publication: 07.06.2024

Информация об авторах:

Калач Андрей Владимирович, заведующий кафедрой информационных технологий, моделирования и управления Воронежского государственного университета инженерных технологий (394017, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19); главный научный сотрудник отдела пожарной безопасности транспорта Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), доктор химических наук, профессор, почетный работник сферы образования Российской Федерации, e-mail: a_kalach@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8926-3151>, SPIN-код: 2584-7456

Сысоева Татьяна Павловна, старший научный сотрудник отдела инновационных и информационных технологий в экспертизе пожаров Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), кандидат технических наук, доцент, e-mail: syisik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0230-465X>, SPIN-код: 3683-2066

Давиденко Антон Сергеевич, научный сотрудник отдела экспертизы пожаров и организации подготовки экспертов Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: 9158384777@mail.ru, SPIN-код: 5080-0348

Information about the authors:

Kalach Andrey V., head of the department of information technology, modeling and management of the Voronezh state university of engineering technologies (394017, Voronezh, Revolyutsii ave., 19); chief researcher of the department of fire safety of transport of the Research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (193079, Saint-Petersburg, Oktyabrskaya emb., 35), doctor of chemical sciences, professor, honorary worker of education of the Russian Federation, e-mail: a_kalach@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8926-3151>, SPIN: 2584-7456

Sysoeva Tatiana P., senior researcher of the department of innovative and information technologies in the examination of fires of the research center for the examination of fires of the Research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (193079, Saint-Petersburg, Oktyabrskaya emb., 35), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: syisik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0230-465X>, SPIN: 3683-2066

Davidenko Anton S., researcher at the department of fire expertise and organization of expert training of the Research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (193079, Saint-Petersburg, Oktyabrskaya emb., 35), e-mail: 9158384777@mail.ru, SPIN: 5080-0348