

С. И. Уланов, О. А. Криводубский, А. А. Никитина  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк  
283048, г. Донецк, ул. Артема, 118 б

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В КОНТРОЛЕ СОСТОЯНИЯ МЕСТНОСТИ

S. I. Ulanov, O. A. Krivodubsky, A. A. Nikitina.  
Federal State Budgetary Scientific Institution «Institute of Artificial Intelligence Problems»  
283048, Donetsk, Artema str, 118-b

## ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING AIRCRAFT IN CONTROL OF TERRAIN CONDITION

С. І. Уланов, О.О. Криводубський, А. А. Нікітіна,  
Федеральна державна бюджетна наукова установа «Інститут проблем штучного інтелекту»  
283048, м. Донецьк, вул. Артема, 118 б

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В КОНТРОЛІ СТАНУ МІСЦЕВОСТІ

В статье проведен анализ основных характеристик отечественных и зарубежных беспилотных летательных аппаратов с целью оптимального выбора для дальнейшего контроля состояния местности. В результате оптимальным вариантом является беспилотный летательный аппарат с установленным лидаром в качестве фотофиксирующего элемента, который улучшает достоверность и безопасность работ по контролю за состоянием местности.

**Ключевые слова:** местность, планер, БПЛА (беспилотный летательный аппарат), состояние, лазер, LIDAR (лидар).

The article analyzes the main characteristics of domestic and foreign unmanned aerial vehicles in order to make the optimal choice for further monitoring of the terrain. After analyzing the advantages of each of the aircraft, the best option is an unmanned aerial vehicle with lidar installed as a photo-fixing element.

**Key words:** terrain, glider, condition, laser, LIDAR (lidar).

У статті проведено аналіз основних характеристик вітчизняних і зарубіжних безпілотних літальних апаратів з метою оптимального вибору для подальшого контролю стану місцевості. У результаті оптимальним варіантом є безпілотний літальний апарат зі встановленим лідаром як фотофіксувальним елементом, що покращує достовірність і безпеку робіт з контролю за станом місцевості.

**Ключові слова:** місцевість, планер, стан, лазер, LIDAR (lidar).

В современном мире всегда существует проблема обеспечения безопасности. Причиной служит высокий риск возникновения различных технических чрезвычайных ситуаций, способных нанести значительный урон, привести к гибели большого числа людей и техники. *Актуальность исследования* постановочная. Анализ средств изучения и контроля местности для оценки комплексного индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Исследования должны проводиться на каждом контрольном участке местности, где существуют минимальные риски при возникновении техногенной ситуации либо для оценки ситуации в стратегическом плане.

**Постановка задачи на местности**, где и какими средствами вести контроль и разведку это тонкая специфика работы ответственного субъекта. При уже определенном участке контроля местности исполнителю следует применить то или иное средство несения службы и задать оптимальный режим контроля данным средством. Местность -- это часть земной поверхности с расположенными на ней объектами, созданными природой (реки, леса, горы) или трудом человека (населенные пункты, дороги, каналы, сады и т.п.), которые являются местными предметами или топографическими элементами местности [1-3].

**Область исследования.** При выполнении мероприятий контроля состояния местности с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) существует проблема, где основной критерий применения – это время автономной работы для выполнения задания и полезная нагрузка на летательные аппараты при оптимальном решении поставленной задачи в зависимости от природных условий.

Таблица 1 – Основные характеристики БПЛА [4-7]

Тип БПЛА	время полета	высота полета, м	подъемный вес, кг	габарит, м	скорость, км/ч	Ориентировочная цена, руб
Планер «ФОРПОСТ»	17.5час	5700	100	5,850x8,550	200	7 500 000
«ОРЛАН 10»	7-18час	5000	18	3,1x1,8	150	55 000 000
«ОРИОН 10»	16час	5000	5	8x16	200	
«ZALA 421-08M»	1.2час	3600	2.5	0.81x0.	100	1 800 000
коптер «DJI Phantom 3»	23мин	6000		0.3x0.3	60	250 000
«DJI Phantom 4»	28мин	500	1,39	0.28x0.28	50	850 000
«DJI Mavic 3»	46мин	6000	1.2	0.3x0.3	28	417 000
«DJI Phantom 5.8G»	15мин	6000	1.2	0.3x0.3	21	850 500
Система подъема аппаратуры«Квизимачта»	очень долго	80	4		0	...

Время работы определяется емкостью бортовой батареи, способной обеспечить непрерывную работу электроники на борту в определенный промежуток времени. Большая емкость батареи соответственно утяжеляет БПЛА, что влечет уменьшение веса сопутствующего контрольного измерительного оборудования (электроника, антенны и фототехника). Если пойти путем увеличения количества летательных аппаратов с откорректированным полетным графиком и их последовательным дежурством над объектом интереса, то это повлечет повышение экономических эксплуатационных показателей. Данная зависимость актуальна для всех автономных изделий самолетов и коптеров и др. беспилотников.

В свое время ЛА должен быть незаметным в полете, не демаскироваться и быть неуязвимым от многих физически поражающих его факторов [8], [9].

Решать такую задачу способен доступный в ценовом сегменте мини коптер с видеокамерой стандартного разрешения с углом обзора в 50-60 градусов. Это стандартный широко распространенный китайский ЛА среднего ценового диапазона до 10000 рублей с возможностью полета 30 минут (другие будут либо меньшее время летать, либо потребуют больших финансовых вложений) [11]. Если конкретизировать параметры оборудования для применения в частном случае, то при использовании видеокамеры с матрицей ПЗС размерами 1/2, с объективом  $F=6$  mm, площадка местности размером  $x = 104$ м  $y = 78$ м будет контролироваться с высоты полета  $H = 130$  м. Если конкретизировать параметры исследования, то при условии контроля участка размером  $100 \times 50$  метров, определяющихся апертурой объектива камеры в 60 градусов и высотой полета 100 метров, контрольное время будет составлять 2 мин. Один аппарат будет контролировать определенный ему участок местности (из-за экономии энергии батареи и онлайн контроля территории) на заданной высоте.

Время пилотирования имеет ограничения, связанные с продолжительностью светового дня, что предполагает необходимость использовать несколько ЛА для решения данной задачи. Можно заменить коптер самолетом-планером, но с ДВС на жидком топливе [5]. В этом случае придется составить полетный график с поправкой на режим барражирования на одной высоте, что даст возможность частично решить вопрос уязвимости в процессе полета. Самолет-планер, сможет дольше выполнять аэрофотосъемку, что дает выигрыш в временном эквиваленте. Из корректируемых параметров для варианта использования с самолетом-планером остается определить в ПО временные точки с привязкой к координатам местности, время для фотосъемки. Это позволит выбирать большее количество участков на местности для беспилотного контроля.

В сложных быстроменяющихся условиях исследования обстановки на местности за объектами интереса корректно использовать в качестве датчика лидар [6]. LIDAR позволяет находить скрытые объекты, используя для сканирования поверхности лазерный луч, который создает изображение на основе множества точек с данными. Очевидным преимуществом становится очень высокое качество съемки и высочайший уровень детализации объекта. Применение LIDAR обеспечивает качественное сканирование объектов с воздуха, несмотря на ограничивающие факторы (деревья, слабое освещение, облачность), препятствующих традиционной аэрофотосъемке. Локатор, испуская лазером волны оптического диапазона с дальнейшей регистрацией лазерных импульсов, создает карту на основе точных измерений дальности каждой точки объекта интереса. Результаты этих измерений позволяют создавать точные цифровые матрицы высот и моделей рельефа местности [12-14].

Одним из преимуществ LIDAR является то, что он не требует наземных контрольных точек. При использовании лазерного сканера получаем выигрыш во времени, затраченными усилиями и даже затратам на настройку оборудования. Кроме того, для создания 3D-модели LIDAR требуется меньше наложений изображений, чем для визуального ортофотоплана (последний требует почти в два раза больше перекрытий). То есть, что процесс обработки информации и создания моделей будет проходить в несколько раз быстрее без обработки RGB-изображений высокого разрешения.

Во многих случаях LIDAR также можно использовать для обоснования более точных решений по детализации небольших объектов, например, линий электропередач. В таких ситуациях, если не брать в расчет тепловизионную съемку, визуальные кадры не позволят точно выделить объект из окружения.

Данные, полученные с LIDAR, позволяют определить точные параметры расположения того объекта, куда попал один луч лазера. Один из наиболее ярких примеров применения технологии LIDAR – дорожная полиция, использующая специальные «пушки» (радары определения скорости) для фиксации скоростного режима автомобилей. В таких устройствах датчик направляет лучи для получения информации о расстоянии до автомобиля, что позволяет точно рассчитать скорость автотранспортного средства.

Для обработки полученных данных понадобится достаточно мощный компьютер и дополнительное программное обеспечение в зависимости от предназначения полученной информации.

Для установки LIDAR лучше всего использовать промышленные версии дронов DJI: популярные в таких случаях серии Matrice 600 Pro, Matrice 210 RTK/210 RTK V2 или новейший на сегодня Matrice 300 RTK [15 – 18].

Преимуществом LIDAR является то, что он не требует наземных контрольных точек, что дает выигрыш во времени. Лазерное сканирование, а значит, и применение LIDAR на беспилотной платформе, может оказаться полезным в инжиниринге, в управлении дорожными сетями. Этот подход подразумевает отображение всех мельчайших деталей инфраструктуры вплоть до дорожных знаков и окружающей обстановки.

Если рассмотреть альтернативное средство для контроля местности такое как воздушный шар – дирижабль «Квазимачта» концерна Калашников, в качестве средства доставки в точку контроля электроники, то можно сказать следующие выводы:

- производить контроль фотофиксирующей аппаратурой очень удобно (дирижабль менее подвержен вибрации от двигателей по сравнению с коптером и самолетом в одних и тех же условиях работы);
- возникают трудности при транспортировке к объекту интереса;
- легко производить защиту его от поражающих факторов, уничтожение его легче всего по сравнению с другими ЛА;
- ограничение в маневренности;
- трудность и дороговизна в эксплуатации.

Таким образом, лучшим образцом выполнения задачи контроля местности есть самолет-планер и маленький квадрокоптер выбор будет делать ответственный за контроль местности. В зависимости от постановки задачи при разных полетных заданиях на местности делаем выбор в пользу одного из летательных аппаратов. В частном случае, когда есть временное ограничение полета, применим квадрокоптер.

К недостаткам применения БПЛА следует отнести: зависимость от погодных условий, наличие физических объектов в воздушном пространстве, опасность травм и солнечных ожогов, зависимость от скорости интернета, дорогое программное обеспечение с аппаратной частью, а также длительность сбора необходимой информации.

Применение LIDAR актуально в управлении дорожными сетями для мониторинга транспортных потоков, коммунальной инфраструктуры (контроль состояния трубопроводов, линий электропередач, железных и шоссейных дорог, кабелей и др.), в использовании стандартной фотограмметрии, в геодезических и археологических исследованиях, что дает возможность сэкономить значительные средства [19], [20].

Данная статья написана в рамках научно-исследовательской работы «Теоретические основы обнаружения и оценки объектов на местности интеллектуальными робототехническими системами в условиях быстро меняющейся обстановки».

## Вывод

Контроль состояния местности с помощью БПЛА и установленном на нем лидаре позволяет сократить трудоемкость применения летательных аппаратов для непрерывного использования в сложных погодных условиях. Он заключается в том, что минимизируется промежуток времени между фотофиксацией летательными беспилотными аппаратами объектов интереса за счет корректного выбора ЛА. Что создает оптимальные условия для сбора и обработки информации при барражировании над исследуемыми участками. LIDAR позволяет находить скрытые объекты, используя для сканирования поверхности лазерный луч, который создает изображение на основе множества точек с данными. Очевидным преимуществом становится очень высокое качество съемки и высочайший уровень детализации объекта. Применение LIDAR обеспечивает качественное сканирование объектов с воздуха, несмотря на ограничивающие факторы (деревья, слабое освещение, облачность), препятствующих традиционной аэрофотосъемке. Локатор, испуская лазером волны оптического диапазона с дальнейшей регистрацией лазерных импульсов, создает карту на основе точных измерений дальности каждой точки объекта интереса. Результаты этих измерений позволяют создавать точные цифровые матрицы высот и моделей рельефа местности

## Список литературы

1. Еремеев, С.В. Метод векторизации спутниковых снимков на основе их разложения по топологическим особенностям / Еремеев С.В., Абакумов, А.В., Андрианов, Д.Е., Шибакина Т.А. *Информатика и автоматизация*. 2023. Том 22, № 1. С. 110-145.
2. Черниковский, Д.М. Определение средних высот и запасов древостоев на основе обработки информации топографической радарной съемки, цифровых моделей рельефа и ГИС технологий / Д.М. Черниковский, А.С. Алексеев. *Труды СПИИРАН*. 2019. Том 18, № 2. С. 416-444.
3. Пикалев, Я.С. О нейронных архитектурах извлечения признаков для задачи распознавания объектов на устройствах с ограниченной вычислительной мощностью / Я.С. Пикалев, Т.Е. Ермоленко. *Искусственный интеллект: теоретические аспекты, практическое применение: материалы Донецкого международного научного круглого стола*. Донецк : ФГБНУ «ИПИИ», 2023. 252 с. С. 142-147.
4. Никитина, А.А. Обзор машинных методов стереозрения. Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение / А.А. Никитина, М. В. Близно. *ИИ – 2021: Материалы Донецкого международного круглого стола*. Донецк : ГУ «ИПИИ», 27.05.2021 г. С. 104-109.

5. Зуев, В.М. Алгоритм калибровки стереокамеры / В.М. Зуев, М.В. Близно. *Проблемы искусственного интеллекта (International Peer-Reviewed Scientific Journal «Problems of Artificial Intelligence»)*, ISSN 2413-7383. 2020. № 4 (19).
6. Зуев, В.М. Сравнение обнаружения классическим способом / Зуев В.М. *Искусственный интеллект: теоретические аспекты, практическое применение: материалы Донецкого международного научного круглого стола*. Донецк : ФГБНУ «ИПИИ», 2023. 252 с. С. 70-79.
7. Фролов, В.В. Методы синхронного сложения видеосигналов / Фролов В.В. *Искусственный интеллект: теоретические аспекты, практическое применение: материалы Донецкого международного научного круглого стола*. Донецк : ФГБНУ «ИПИИ», 2023. 252 с. С. 217-220.
8. Фролов, В.В. Интеллектуальные системы видеонаблюдения со встроенной видеоаналитикой для решения задач охранной сигнализации / В.В. Фролов, В.Н. Пигуз. *Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение: материалы Донецкого международного научного круглого стола*. Донецк :ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта» (ГУ «ИПИИ»), 2022. 216 с. С. 133-140.
9. Близно, М.В. Распознавание изображений по коэффициентам дискретного косинусного преобразования / Близно М.В., Зуев В.М., Иванова С. Б. *Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение: материалы Донецкого международного научного круглого стола*. Донецк: ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта» (ГУ «ИПИИ»), 2022. 216 с. С. 92-96.
10. Бутов, О. А. Обзор автоматизированных средств проектирования и имитационного моделирования / Бутов О. А. *Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение: материалы Донецкого международного научного круглого стола*. Донецк : ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта» (ГУ «ИПИИ»), 2022. 216 с. С. 102–113.
11. Покинтелица, А. Е. Особенности редукции данных, поступающих на вход робототехнической системы / Покинтелица А. Е. *Искусственный интеллект: теоретические аспекты, практическое применение : материалы Донецкого международного научного круглого стола*. Донецк : ФГБНУ «ИПИИ», 2023. 252 с. С. 162–167. DOI: 10.3475.7/dntsk.AI.2023.30.008
12. Классификация БПЛА по летным характеристикам [Электронный ресурс] *Геоскан «Пионер»* Режим доступа: <https://pioneer-doc.readthedocs.io/ru/master/database/const-module/classification/classification.html> (дата обращения: 21.11.2023)
13. Объективы для систем видеонаблюдения [Электронный ресурс]. *Лаборатория инженерных решений (ЛИР)*. Режим доступа: <https://lir-samara.ru/article/item/8> (дата обращения: 25.11.2023)
14. *Системы управления, связи и безопасности* №1. 2020 Systems of Control, Communication and Security ISSN 2410-9916, DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10105
15. Макаренко, С. И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения [Электронный ресурс] / С. И. Макаренко, А. В. Тимошенко, А. С. Васильченко. *Системы управления, связи и безопасности*. 2020. № 1. С. 109-146. Режим доступа: URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/05-Makarenko.pdf> 109 (дата обращения: 28.11.2023)
16. *Tu-155: начало криогенной активации* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rostec.ru/news/tu-155-nachalo-kriogennoy-aviatsii/> (дата обращения: 02.12.2023)
17. Дрон с лидаром. Особенности картографирования и геопространственных данных [Электронный ресурс]. *Дистрибуция и интеграция беспилотных решений*. Режим доступа: <https://skymec.ru/blog/drone-use-cases/geodeziya/dron-s-lidarom-osobennosti-kartografirovaniya/> (дата обращения: 04.02.2023).
18. *Новый метод автономного контроля линии электропередачи, основанный на данных лидара робота-контролера кабеля* / Цинь Х, Ву Джи, Лей Джей, Фан Ф, Йе Х, Мэй К. Датчики (Базель). 15 февраля 2018;18(2):596. DOI: 10.3390/s18020596, PMID: 29462865
19. Matrice 300 RTK: обзор промышленных решений [Электронный ресурс]. *Aeromotus*. Режим доступа: <https://aeromotus.ru/matrice-300-rtk-obzor-promyshlennyh-reshenij/> (дата посещения: 21.12.2023)
20. «Глаза» беспилотных автомобилей: LiDAR и компьютерное зрение [Электронный ресурс] *Хабр*. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/first/articles/728224/> (дата посещения: 12.11.2023)

## References

1. Yeremeev S.V., Abakumov, A.V., Andrianov, D.E., Shirabakina T.A. The method of vectorization of satellite images based on their decomposition by topological features. *Computer science and automation*. 2023. Volume 22, No. 1. pp. 110-145.
2. Chernikhovskiy D.M., Alekseev A.S. Determination of average heights and stocks of stands based on the processing of information from topographic radar surveys, digital terrain models and GIS technologies. *Proceedings of SPIIRAN*. 2019. Volume 18, No. 2. pp. 416-444.
3. Pikalyov Ya.S., Ermolenko T.E. On neural architectures of feature extraction for the task of object recognition on devices with limited computing power. *Artificial intelligence: theoretical aspects, practical application: materials of the Donetsk International Scientific Round Table*. Donetsk : FGBNU "IPII", 2023. 252 S. S. 142-147.
4. Nikitina A.A., Blizno M. V. Review of machine methods of stereovision. *Artificial intelligence: theoretical aspects and practical application. AI – 2021: Materials of the Donetsk International Round Table*. Donetsk : GU "IPII", 05/27/2021, pp. 104-109.
5. Zuev V.M., Blizno M.V. Stereo camera calibration algorithm. *Problems of Artificial Intelligence (International Peer-Reviewed Scientific Journal "Problems of Artificial Intelligence")*, ISSN 2413-7383. 2020. № 4 (19).
6. Zuev V.M. Comparison of detection by the classical method. *Artificial intelligence: theoretical aspects, practical application: materials of the Donetsk International Scientific Round Table*. Donetsk : FGBNU "IPII", 2023. 252 pp. 70-79.
7. Frolov V.V. Methods of synchronous addition of video signals. *Artificial intelligence: theoretical aspects, practical application: materials of the Donetsk International Scientific Round Table*. Donetsk : FGBNU "IPII", 2023. 252 S. S. 217-220.
8. Frolov V.V., Piguz V.N. Intelligent video surveillance systems with integrated video analytics for solving security alarm problems. *Artificial intelligence: theoretical aspects and practical application: materials of the Donetsk International Scientific Round Table*. Donetsk : GU "Institute of Artificial Intelligence Problems" (GU "IPII"), 2022. 216 p. 133-140.
9. Blizno M.V., Zuev V.M., Ivanova S. B. Image recognition by coefficients of discrete cosine transformation. *Artificial intelligence: theoretical aspects and practical application: materials of the Donetsk International Scientific Round Table*. – Donetsk : GU "Institute of Artificial Intelligence Problems" (GU "IPII"), 2022. 216 p. 92-96.
10. Butov O. A. Review of automated design and simulation tools. *Artificial intelligence: theoretical aspects and practical application: materials of the Donetsk International Scientific Round Table*. Donetsk : GU "Institute of Artificial Intelligence Problems" (GU "IPII"), 2022. 216 p. 102-113.
11. Pokintelitsa, A. E. Features of data reduction coming to the input of a robotic system. *Artificial intelligence: theoretical aspects, practical application : materials of the Donetsk International Scientific Round Table*. Donetsk : FGBNU "IPII", 2023. 252 pp. 162-167.
12. <https://pioneer-doc.readthedocs.io/ru/master/database/const-module/classification/classification.html>
13. <https://lir-samara.ru/article/item/8>
14. Control, Communication and Security Systems No.1. 2020 Systems of Control, Communication and Security ISSN 2410-9916, DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10105
15. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/05-Makarenko.pdf> 109. Analysis of means and methods of countering unmanned aerial vehicles. Part 1. Unmanned aerial vehicle as an object of detection and destruction Makarenko S. I., Timoshenko A.V., Vasilchenko A. S.
16. <https://rostec.ru/news/tu-155-nachalo-kriogennoy-aviatsii/>
17. <https://skymec.ru/blog/drone-use-cases/geodeziya/dron-s-lidarom-osobnosti-kartografirovaniya/>
18. A new method of autonomous control of a power transmission line based on lidar data from a cable controller robot. Qin X, Wu Ji, Lei Jay, Fan F, Ye X, Mei K. *Sensors (Basel)*. February 15, 2018;18(2):596. DOI: 10.3390/s18020596, PMID: 29462865
19. <https://aeromotus.ru/matrice-300-rtk-obzor-promyshlennyh-reshenij/>
20. <https://habr.com/ru/companies/first/articles/728224/>

## RESUME

*S. I. Ulanov, O.A. Krivodubsky, A. A. Nikitina*

*Analysis of the possibilities of using aircraft in control of terrain condition*

The multivariance of unmanned tracking devices for monitoring the condition of the terrain does not allow us to solve all the tasks without nuances in each individual case. It is necessary to take into account all possible restrictions, including changes in the study area in emergency situations of man-made conditions, atmospheric interference, etc.

The paper describes the technical characteristics of unmanned aerial vehicles to ensure the safety of terrain control at high risks of various emergencies.

Solving the problem requires a comparative analysis of aircraft and equipment that meets the basic criteria of application (battery life) and taking into account the specifics of the work of the responsible subject.

The relevance and novelty of the study in the analysis and optimization of the choice of means of studying terrain control to assess the complex individual risk.

The article "Analysis of the possibilities of using aircraft in monitoring the condition of the terrain" simulates the situation in favor of installing a lidar. The proposed solution will reduce the complexity and minimize the time interval, which creates optimal conditions for collecting and processing information when barraging over the studied areas.

After analyzing the advantages of each of the aircraft, the best option is an unmanned aerial vehicle with lidar installed as a photo-fixing element. This significantly improves the efficiency, reliability, and safety of work on monitoring the condition of the area, as well as in monitoring changes in the territory in the zone of natural disasters.

## РЕЗЮМЕ

*С. И. Уланов, О.А. Криводубский, А. А. Никитина*

*Анализ возможностей применения летательных аппаратов в контроле состояния местности*

Многовариантность беспилотных средств слежения для контроля состояния местности не позволяет решить все поставленные задачи без нюансов в каждом отдельно взятом случае. Надо учитывать все возможные ограничения в том числе изменения зоны исследования при чрезвычайных ситуациях техногенной обстановки, при атмосферных помехах и т.д.

В работе изложены технические характеристики беспилотных летательных аппаратов для обеспечения безопасности контроля местности при высоких рисках возникновения различных чрезвычайных ситуаций.

Решение задачи требует сравнительного анализа летательных средств и оснащения, соответствующего основным критериям применения (время автономной работы) и учитывая специфику работы ответственного субъекта.

Актуальность и новизна исследования в анализе и оптимизации выбора средств изучения контроля местности для оценки комплексного индивидуального риска.

В статье «Анализ возможностей применения летательных аппаратов в контроле состояния местности» смоделирована ситуация с пользой установки лидара. Предложенное решение сократит трудоемкость и минимизирует промежуток времени, что создает оптимальные условия для сбора и обработки информации при барражировании над исследуемыми участками.



Проведя анализ преимуществ каждого из летательных аппаратов, оптимальным вариантом является беспилотный летательный аппарат с установленным лидаром в качестве фотофиксирующего элемента. Что значительно улучшает эффективность, достоверность, безопасность работ по контролю за состоянием местности, а также в контроле за изменениями территории в зоне природных катастроф.

**Криводубский Олег Александрович** – д.т.н., с.н.с., Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк. *Область научных интересов:* автоматизированные системы управления, эл. почта oleg.krivodybski.dn@gmail.ru, адрес:, г. Донецк, ул. Артема, д. 118 б, телефон: +7949 54 83 89.

**Уланов Сергей Иванович** – ведущий инженер отдела, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк. *Область научных интересов:* интеллектуальные робототехнические системы. эл. почта ulanov56@yandex.ru, адрес: 283048, г. Донецк, ул. Артема, д. 118 б, телефон: +7949 4048702.

**Никитина Анжела Анатольевна** – ведущий инженер по научно-технической информации, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта». *Область научных интересов:* компьютерные информационные технологии, эл. почта pastuhova.anjela@gmail.com, адрес: 283048, г. Донецк, ул. Артема, д. 118 б, телефон +7949 332 78 09.

Статья поступила в редакцию 03.03.2024.