

УДК 004

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ФИКСАЦИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Зиновьев Максим Эдуардович,

Студент Института искусственного интеллекта РТУ МИРЭА,

РФ, г. Москва

E-mail: maks.zinovev2004@yandex.ru

Калач Геннадий Петрович,

Доцент РТУ МИРЭА,

РФ, г. Москва

E-mail: kalach_g@mirea.ru

Аннотация

В современной практике обеспечения общественной безопасности и управления транспортной инфраструктурой наблюдается устойчивая тенденция к интеграции беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в широкий спектр прикладных областей, охватывающих аграрный сектор, строительную индустрию, экологический мониторинг и, в частности, сферу регулирования дорожного движения. Особого внимания заслуживает перспективное направление, связанное с автоматизированной фиксацией дорожно-транспортных происшествий (ДТП), которое демонстрирует значительный потенциал для оптимизации существующих процедур документирования инцидентов. Актуальность проблемы дорожно-транспортных происшествий обусловлена их многоаспектным негативным воздействием на общество, включающим не только человеческие потери, но и существенный экономический ущерб. Целью настоящего исследования выступает комплексный анализ возможностей применения БПЛА для автоматизированной фиксации ДТП, а также сравнительная оценка их эффективности в сопоставлении с традиционными методами документирования. В рамках исследования предполагается детальное рассмотрение технических аспектов эксплуатации БПЛА, их функциональных преимуществ и ограничений, а также перспектив интеграции данной технологии в существующую систему обеспечения безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: БПЛА, ДТП, фиксация, алгоритм.

THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR AUTOMATED RECORDING OF TRAFFIC ACCIDENTS

Zinovev Maksim Eduardovich,

Student of the Institute of Artificial Intelligence of RTU MIREA,

Russia, Moscow

Kalach Gennady Petrovich,

Associate Professor of RTU MIREA,
Russia, Moscow

ABSTRACT

In modern practice of ensuring public safety and managing transport infrastructure, there is a steady trend towards the integration of unmanned aerial vehicles (UAVs) into a wide range of applications covering the agricultural sector, the construction industry, environmental monitoring and, in particular, the field of traffic regulation. Special attention should be paid to a promising area related to automated recording of road accidents, which demonstrates significant potential for optimizing existing incident documentation procedures. The urgency of the problem of road accidents is due to their multidimensional negative impact on society, including not only human losses, but also significant economic damage. The purpose of this study is a comprehensive analysis of the possibilities of using UAVs for automated recording of accidents, as well as a comparative assessment of their effectiveness in comparison with traditional methods of documentation. The study assumes a detailed consideration of the technical aspects of UAV operation, their functional advantages and limitations, as well as the prospects for integrating this technology into the existing road safety system.

Keywords: UAV, traffic accident, fixation, algorithm.

ВВЕДЕНИЕ

Существующие методики фиксации ДТП, базирующиеся на участии сотрудников правоохранительных органов, характеризуются рядом ограничений: высокой трудоёмкостью, продолжительностью процедур и подверженностью субъективным факторам. В данном контексте применение БПЛА формирует принципиально новые возможности для совершенствования процессов сбора и обработки данных о дорожно-транспортных инцидентах. Функциональные возможности беспилотных летательных аппаратов позволяют осуществлять оперативную и высокоточную фиксацию места происшествия с получением фото- и видеоматериалов профессионального качества, которые могут быть использованы в качестве доказательной базы в рамках судебных разбирательств [1].

Таким образом, внедрение БПЛА в фиксацию ДТП – важный шаг в эволюции системы дорожной безопасности, способствующий оперативному реагированию на ЧП и снижению аварийности. Дальнейшие исследования должны охватить правовые, технические и организационные аспекты внедрения технологии для полной реализации её потенциала в регулировании дорожного движения.

Классификация БПЛА

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – это летательные устройства, которые могут управляться без непосредственного присутствия человека на борту. Они оснащены различными системами для выполнения различных задач, включая сбор данных, мониторинг, патрулирование и доставку грузов. БПЛА могут быть как полностью автономными, так и управляемыми оператором с помощью радиосигнала или других средств связи [5].

БПЛА можно классифицировать по нескольким критериям. Данная классификация представлена на рисунках 1-3.

по размеру:

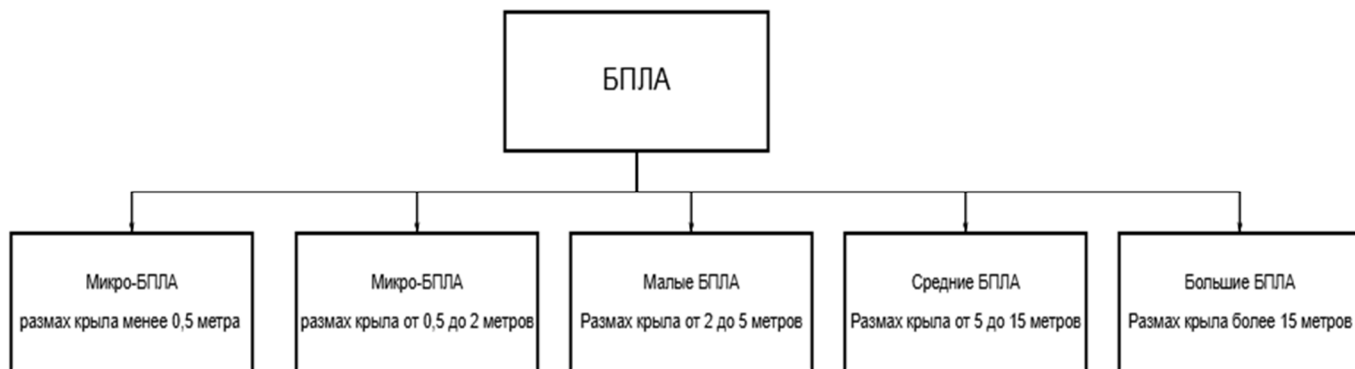


Рисунок 1. Классификация БПЛА по размеру (разработано авторами) по назначению:



Рисунок 2. Классификация БПЛА по назначению (разработано авторами) по типу конструкции:

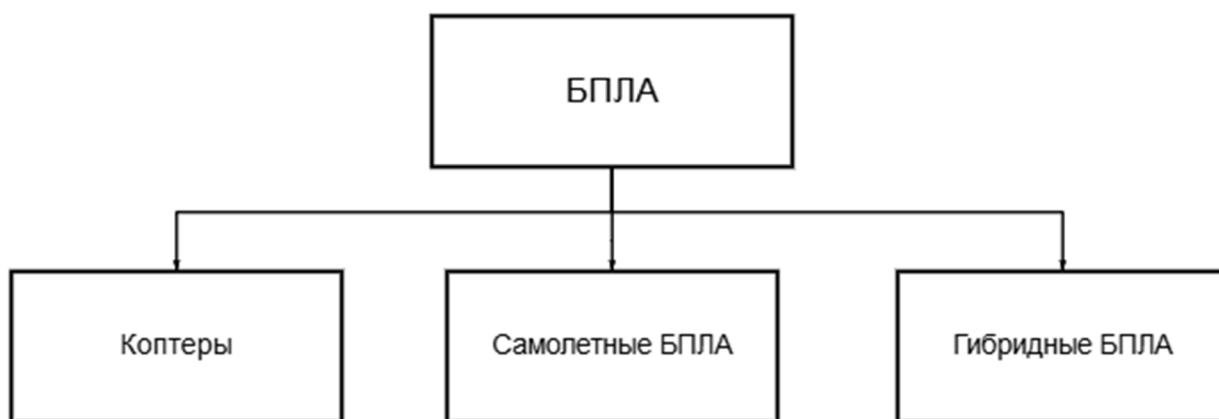


Рисунок 3. Классификация БПЛА по типу конструкции (разработано авторами)

2. Конструкция и применение БПЛА

Платформа – это основная конструкция БПЛА, которая поддерживает все остальные компоненты. Датчики также играют важную роль в обеспечении безопасности и эффективности полета. К ним относятся: GPS, IMU (инерциальная измерительная единица), барометры, ультразвуковые и лазерные датчики.

Управление БПЛА и связь с оператором осуществляется через систему автопилота и различные каналы связи. Данная классификация представлена на рисунке 4.



Рисунок 4. Классификация БПЛА по способу управления и типам связи (разработано авторами)

Беспилотные летательные аппараты находят широкое применение в различных сферах благодаря своей способности собирать данные, обеспечивать мониторинг и выполнять задачи с высокой эффективностью [6]. Рассмотрим схему применения БПЛА в указанных областях на рисунке 5:

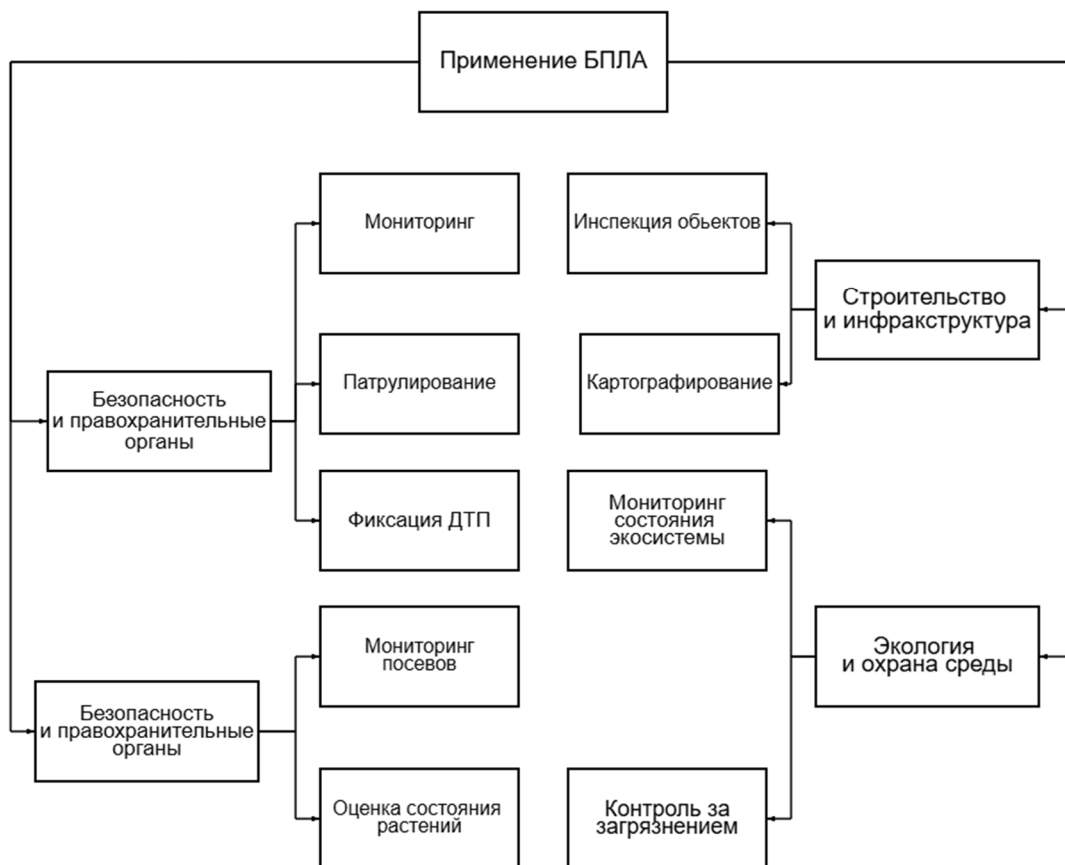


Рисунок 5. Применение БПЛА (разработано авторами)

Автоматизированная фиксация дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) требует применения различных алгоритмов, которые обеспечивают сбор, обработку и анализ данных. На рисунке 6 представлена схема ключевых алгоритмов, используемых в этой области:

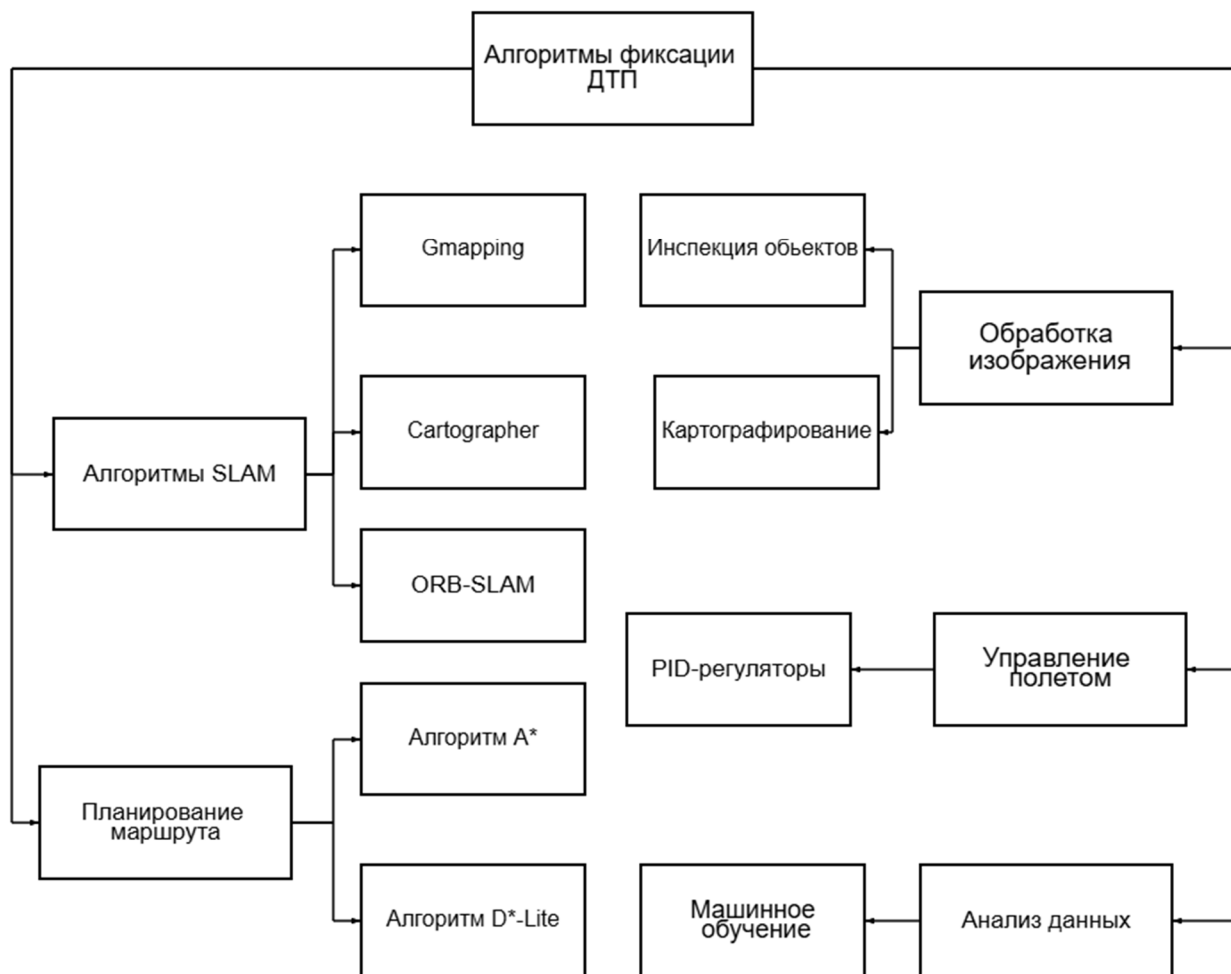


Рисунок 6. Схема алгоритмов фиксации ДТП с помощью БПЛА (разработано авторами)

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) получают всё более широкое распространение в системах контроля дорожного движения на глобальном уровне. В представленной таблице сопоставляется практика эксплуатации дронов подразделениями дорожной полиции в России и других государствах. В ней наглядно показаны основные сферы применения беспилотных аппаратов, а также обозначены сильные и слабые стороны, с которыми сталкиваются правоохранительные структуры при использовании этой технологии. Приведённые в таблице сведения соответствуют состоянию дел на 2025 год и позволяют проследить актуальные векторы развития процессов автоматизации и цифровизации в сфере надзора за дорожным движением.

Таблица 1. Сравнение БПЛА разных стран

Страна / Регион	Описание использования БПЛА	Плюсы	Минусы
Россия (ГИБДД) (рисунок 7)	БПЛА используются для мониторинга пробок, фиксации	<ul style="list-style-type: none"> Охват большой территории с воздуха 	<ul style="list-style-type: none"> Ограниченное время полёта (до 30–40 минут)

Страна / Регион	Описание использования БПЛА	Плюсы	Минусы
	нарушений ПДД (например, выезд на встречку, превышение скорости), контроля за ДТП и оценки дорожной обстановки в реальном времени.	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение нагрузки на наземные патрули • Возможность фиксации нарушений в труднодоступных местах 	<ul style="list-style-type: none"> • Зависимость от погоды (ветер, дождь) • Высокая стоимость обслуживания и обучения операторов
США (DPS, State Police) (рисунок 8)	Полиция штатов применяет дроны для расследования ДТП, поиска пропавших, контроля за аварийными зонами и мониторинга дорожного движения во время массовых мероприятий.	<ul style="list-style-type: none"> • Точное 3D-моделирование места ДТП • Ускорение обработки аварийных ситуаций • Минимизация рисков для полицейских на проезжей части • Интеграция с системами распознавания номеров 	<ul style="list-style-type: none"> • Необходимость получения разрешений FAA (Управление гражданской авиации) • Ограничения по высоте и зонам полётов • Уязвимость к радиопомехам и взлому сигнала
Китай (Traffic Police, Public Security) (рисунок 9)	Китайская дорожная полиция активно использует дроны DJI и собственные разработки для автоматизированного патрулирования, распознавания номеров, отслеживания нарушителей и даже доставки штрафов через дрон с громкоговорителем.	<ul style="list-style-type: none"> • Интеграция с системой «умного города» • Автоматизированная фиксация нарушений • Возможность доставки уведомлений на место • Высокая автономность и устойчивость к погоде 	<ul style="list-style-type: none"> • Риск ошибок в распознавании лиц/номеров • Зависимость от централизованных систем • Ограниченный доступ к данным для граждан



Рисунок 7. БПЛА ГИБДД России [9]



Рисунок 8. БПЛА полиции США [10]



Рисунок 9. БПЛА полиции Китая [11]

Развитие технологий автоматизированной фиксации дорожно-транспортных происшествий с использованием беспилотных летательных аппаратов требует комплексного рассмотрения не только алгоритмической составляющей, но и методологических, организационных и инфраструктурных аспектов внедрения. Эффективность предложенного подхода определяется не столько наличием отдельных технических решений, сколько возможностью их интеграции в единую функционирующую систему, способную работать в реальных условиях дорожной инфраструктуры.

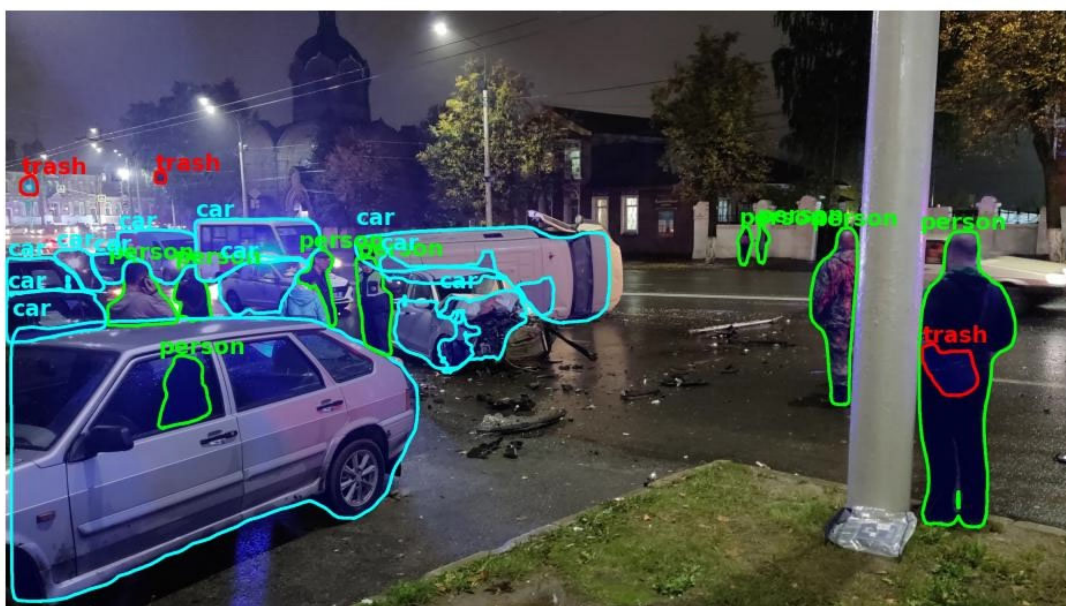
В целях подтверждения практической реализуемости предложенного подхода была разработана и протестирована прототипная интеллектуальная система автоматизированной фиксации дорожно-транспортных происшествий, интегрирующая алгоритмы семантического SLAM [2, 3, 4] и нейросетевую архитектуру YOLO для детекции транспортных средств и распознавания номерных знаков [7, 8].

Разработанная система функционирует по модульному принципу и включает блок пространственной реконструкции сцены, модуль детекции автомобилей и модуль распознавания номерных знаков. В качестве основы детектора использована модифицированная архитектура YOLO, адаптированная для анализа изображений, полученных с беспилотных летательных аппаратов. Особое внимание уделялось устойчивости алгоритма к съёмке под углом, изменению освещённости и частичной заслонённости объектов.

Обучение модели осуществлялось на комбинированном наборе данных, включающем изображения транспортных средств в различных погодных условиях и при разных ракурсах съёмки. Дополнительно были адаптированы anchor-параметры и функция потерь для повышения точности локализации автомобилей в сложных сценах.

В результате тестирования на видеопотоках, имитирующих съёмку с БПЛА, точность детекции транспортных средств составила 94,7%, при средней скорости обработки 24 кадра в секунду, что соответствует требованиям реального времени. Полученные результаты

демонстрируют устойчивость алгоритма к вариативности освещения, перспективным искажениям и наличию фоновых объектов.



Рисунки 10–11. Результат работы разработанной системы детекции автомобилей [12, 13] (обработка выполнена авторами)

Как показано на рисунке 10 и 11, система корректно выделяет транспортные средства даже при сложной геометрии дорожной сцены и наличии визуальных помех, что подтверждает применимость разработанного алгоритма в условиях реальной эксплуатации.

Следующим этапом обработки является автоматическое выделение области номерного знака и его распознавание. Для этого реализована каскадная архитектура, включающая локализацию номерной пластины, коррекцию перспективных искажений и модуль оптического распознавания символов (OCR), основанный на комбинации сверточной нейронной сети и трансформерной модели последовательного анализа текста.

В ходе испытаний 98,3% детектированных автомобилей были корректно переданы в модуль распознавания, при этом итоговая точность распознавания номерных знаков составила 88,9%. Система сохраняет работоспособность при наклонном расположении номера, частичном загрязнении поверхности и наличии бликов.



Рисунки 12–14. Результат работы системы распознавания номерных знаков [14, 15, 16] (обработка выполнена авторами)

Представленные результаты подтверждают возможность использования разработанной системы для автоматической идентификации участников дорожно-транспортного происшествия с высокой степенью достоверности.

Интеграция модулей детекции и распознавания с алгоритмами семантического SLAM позволяет формировать пространственно согласованную трёхмерную модель места происшествия. Координаты объектов, полученные в процессе локализации, сопоставляются с их семантической классификацией, что обеспечивает построение цифрового представления инцидента с привязкой к реальным географическим данным. Такой подход позволяет не только фиксировать факт столкновения, но и анализировать взаимное расположение транспортных средств, траектории их движения и потенциальные зоны удара.

Сравнительный анализ традиционной процедуры фиксации дорожно-транспортных происшествий и автоматизированного подхода с использованием БПЛА

демонстрирует существенные различия в эффективности. В условиях классической схемы документирование требует прибытия экипажа дорожной полиции, ручного измерения расстояний, составления схемы и фотофиксации, что занимает значительное время и зависит от квалификации сотрудников. Автоматизированная система, напротив, обеспечивает быстрое получение целостной картины происшествия, снижает вероятность субъективных искажений и минимизирует риски для персонала, вынужденного работать вблизи проезжей части. Дополнительным преимуществом является возможность повторного анализа цифровой модели инцидента, что особенно важно в рамках судебных разбирательств и экспертных исследований.

Таким образом, внедрение беспилотных летательных аппаратов в систему фиксации дорожно-транспортных происшествий представляет собой не изолированное техническое решение, а комплексную трансформацию существующих процедур документирования инцидентов. Сочетание методов пространственной реконструкции, нейросетевой детекции и автоматизированной идентификации транспортных средств формирует основу для создания цифровой модели происшествия, обладающей высокой степенью объективности и воспроизводимости. Рассматриваемый подход открывает перспективы перехода от традиционного протокольного описания к формированию полноценных цифровых двойников дорожных инцидентов, что соответствует современным тенденциям цифровизации транспортной инфраструктуры и правоохранительной деятельности.

Список литературы:

1. Deliry S. I., Avdan U. Accuracy of Unmanned Aerial Systems Photogrammetry and Structure from Motion in Surveying and Mapping: A Review // Journal of the Indian Society of Remote Sensing. – 2021. – Vol. 49. – P. 1997-2017.
2. Muravyev K. F. Indoor Topological Mapping with Place Recognition and Scan Matching // Journal of information technologies and computing systems. – 2024. – No 3. – P. 28-38.
3. Злобин С. Е. Развитие систем визуальной навигации для беспилотных летательных аппаратов в условиях отсутствия GPS-сигнала // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2025. – № 4. – С. 26-32
4. Nguyen T., Nguyen M. The task of detecting overwater objects in poor visibility conditions // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2025. – Vol. 27, No 1. – P. 171-180.
5. Malishev Y. A., Yakhno V. G. Biomorphic navigation system version // Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics. – 2024. – Vol. 32, No 5. – P. 606-624.
6. Кузина Е. В. Перспективы развития российского рынка беспилотных аппаратов // Российский внешнеэкономический вестник. – 2024. – № 10. – С. 96-108.
7. Сацюк А. В., Володарец Н. В. Модификация модели YOLO для гибридной системы детекции и трекинга в БПЛА с автоматическим наведением // Информационно-управляющие системы. – 2025. – № 4. – С. 36-44.
8. Абрамов М. В., Ельцов Д. А. Автоматическое распознавание автомобильных номеров в видеоряде: адаптация алгоритмов для смартфона // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2023. – № 3. – С. 95-106.
9. Дроны начали ловить нарушителей ПДД в Новосибирской области. – URL: <https://4s-info.ru/2021/08/16/drony-nachali-lovit-narushitelej-pdd-v-novosibirskoj-oblasti/> (дата обращения: 08.01.2025). – Текст: электронный.

10. Police drones and traffic monitoring technologies. – URL: <https://storage.googleapis.com/demerawmtunage/drones-and-police.html> (дата обращения: 08.01.2025). – Текст: электронный.
11. Нарушения ПДД в Китае фиксируют дроны. – URL: <https://bigasia.ru/narusheniya-pdd-v-kitae-fiksiryuyut-dronu/> (дата обращения: 08.01.2025). – Текст: электронный.
12. Советская Москва 1970-е гг. – URL: https://pikabu.ru/story/sovetskaya_moskva_1970e_gg_11937732 (дата обращения: 08.01.2025). – Текст: электронный.
13. Появились подробности массового ДТП с инкассаторской машиной во Владимире. – URL: <https://vladday.ru/news/2022/10/02/poyavilis-podrobnosti-massovogo-dtp-s-inkassatorskoj-mashinoj-vo-vladimire/> (дата обращения: 08.01.2025). – Текст: электронный.
14. Иностранные автомобили нарушают правила безнаказанно. – URL: http://www.motorpage.ru/magazine/news/inostrannie_avtomobili_narushajut_pravila_beznakazanno.html (дата обращения: 08.01.2025). – Текст: электронный.
15. Коммунальщики разыскивают владельца машины с блатными номерами. – URL: https://saratov.aif.ru/society/kommunalshchiki_razyskivayut_vladelca_mashiny_s_blatnymi_nomerami (дата обращения: 08.01.2025). – Текст: электронный.
16. В ГИБДД показали, как ловят нарушителей с иностранными номерами. – URL: <https://www.autonews.ru/news/60f9358b9a79473fe2122c2c> (дата обращения: 08.01.2025). – Текст: электронный.

References:

1. Deliry S. I., Avdan U. Accuracy of Unmanned Aerial Systems Photogrammetry and Structure from Motion in Surveying and Mapping: A Review // Journal of the Indian Society of Remote Sensing. – 2021. – Vol. 49. – P. 1997–2017.
2. Muravyev K. F. Indoor Topological Mapping with Place Recognition and Scan Matching // Journal of information technologies and computing systems. – 2024. – No 3. – P. 28–38.
3. Zlobin S. E. Development of Visual Navigation Systems for Unmanned Aerial Vehicles under GPS-Denied Conditions // Intelligent Technologies in Transport. – 2025. – No. 4. – P. 26–32.
4. Nguyen T., Nguyen M. The task of detecting overwater objects in poor visibility conditions // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2025. – Vol. 27, No 1. – P. 171–180.
5. Malishev Y. A., Yakhno V. G. Biomorphic navigation system version // Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics. – 2024. – Vol. 32, No 5. – P. 606–624.
6. Kuzina E. V. Prospects for the Development of the Russian Unmanned Aerial Vehicle Market // Russian Foreign Economic Journal. – 2024. – No. 10. – P. 96–108.
7. Satsyuk A. V., Volodarets N. V. Modification of the YOLO Model for a Hybrid Detection and Tracking System in UAVs with Automatic Targeting // Information and Control Systems. – 2025. – No. 4. – P. 36–44.
8. Abramov M. V., Eltsov D. A. Automatic Recognition of Vehicle License Plates in Video Streams: Adaptation of Algorithms for Smartphones // Bulletin of Voronezh State

- University. Series: System Analysis and Information Technologies. – 2023. – No. 3. – P. 95–106.
9. Drones started detecting traffic violations in the Novosibirsk region. – URL: <https://4s-info.ru/2021/08/16/drony-nachali-lovit-narushitelej-pdd-v-novosibirskoj-oblasti/> (access date: 08.01.2025). – Electronic resource.
 10. Police drones and traffic monitoring technologies. – URL: <https://storage.googleapis.com/demerawmtunage/drones-and-police.html> (access date: 08.01.2025). – Electronic resource.
 11. Traffic violations in China are recorded by drones. – URL: <https://bigasia.ru/narusheniya-pdd-v-kitae-fiksiruyut-drony/> (access date: 08.01.2025). – Electronic resource.
 12. Soviet Moscow in the 1970s. – URL: https://pikabu.ru/story/sovetskaya_moskva_1970e_gg_11937732 (access date: 08.01.2025). – Electronic resource.
 13. Details of a mass accident involving a cash-in-transit vehicle in Vladimir have emerged. – URL: <https://vladday.ru/news/2022/10/02/poyavilis-podrobnosti-massovogo-dtp-s-inkassatorskoj-mashinoj-vo-vladimire/> (access date: 08.01.2025). – Electronic resource.
 14. Foreign cars violate traffic rules with impunity. – URL: http://www.motorpage.ru/magazine/news/inostrannie_avtomobili_narushajut_pravila_beznakazanno.html (access date: 08.01.2025). – Electronic resource.
 15. Utility services are searching for the owner of a car with special license plates. – URL: https://saratov.aif.ru/society/kommunalshchiki_razyskivayut_vladelca_mashiny_s_blatnymi_nomerami (access date: 08.01.2025). – Electronic resource.
 16. The traffic police showed how offenders with foreign license plates are caught. – URL: <https://www.autonews.ru/news/60f9358b9a79473fe2122c2c> (access date: 08.01.2025). – Electronic resource.