

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПРОБЛЕМ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА

FUNDAMENTALS OF RELIABILITY AND QUALITY ISSUES

УДК 004.057.8

doi: 10.21685/2307-4205-2025-2-1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАЗНЕСЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

И. А. Кубасов¹, Л. А. Лекарь²

^{1,2} Академия управления Министерства внутренних дел Российской Федерации, Москва, Россия

¹ igorak@list.ru, ² antonna47@bk.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Сегодня беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – это летающие устройства, которые могут управляться без участия человека, представляют собой не просто забавную игрушку. С их помощью осуществляется изучение поверхности земли, мониторинг лесных пожаров и наводнений, а также многое другое и не только в мирных целях. При этом их возможности совершенствуются с каждым днем, а сферы применения увеличиваются с невероятной скоростью. Особую актуальность приобретает реализация автоматического мониторинга за множеством различных подвижных объектов на многокилометровой территории для выявления возможных нарушений и обеспечения оперативного пресечения этих нарушений. Целью данной работы является разработка предложений по проектированию сложной системы и созданию технологии для реализации автоматического мониторинга за подвижными территориально разнесенными объектами. *Материалы и методы.* Проектируемая сложная система автоматического мониторинга состоит из: пункта управления с персональным компьютером и выходом в сеть Интернет; одной или нескольких баз размещения БПЛА; БПЛА с беспроводным выходом в сеть Интернет; приложений на смартфонах/планшетах сотрудников оперативных групп реагирования на нарушения. Технология должна быть комплексной (гибридной), позволяющей получить требуемый эффект за счет применения БПЛА, системы определения местоположения ГЛОНАСС, интернета вещей, компьютерного зрения и системы связи. Для решения задач распознавания объектов предполагается использовать технологии машинного обучения. *Результаты.* Проектирование системы автоматического мониторинга подвижных территориально разнесенных объектов является сложным процессом, требующим привлечения специалистов различного профиля: инженеров, программистов, аналитиков и операторов. Правильно спроектированная и реализованная система способна существенно повысить эффективность контроля над территорией и обеспечить своевременное реагирование на любые нарушения. *Выводы.* Предлагаемая система и гибридная технология автоматического мониторинга подвижных территориально разнесенных объектов позволяют получить синергетический эффект за счет комплексного применения системы определения местоположения ГЛОНАСС, БПЛА, интернета вещей, компьютерного зрения и системы связи.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, проектируемая сложная система, гибридная технология, Глонасс, компьютерное зрение, сверточные нейронные сети

Для цитирования: Кубасов И. А., Лекарь Л. А. Проектирование системы автоматического мониторинга подвижных территориально разнесенных объектов // Надежность и качество сложных систем. 2025. № 2. С. 5–14. doi: 10.21685/2307-4205-2025-2-1

DESIGN OF A SYSTEM FOR AUTOMATIC MONITORING OF MOBILE TERRITORIAALLY SEPARATED OBJECTS

I.A. Kubasov¹, L.A. Lekar²

^{1,2} Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russia

¹ igorak@list.ru, ² antonna47@bk.ru

Abstract. *Background.* Today, unmanned aerial vehicles (UAVs) are flying devices that can be controlled without human intervention, and are not just a fun toy. They are used to study the earth's surface, monitor forest fires and floods, and much more, and not only for peaceful purposes. At the same time, their capabilities are improving every day, and the scope of application is increasing at an incredible rate. Of particular relevance is the implementation of automatic monitoring of many different moving objects over a multi-kilometer territory to identify possible violations and ensure prompt suppression of these violations. The purpose of this work is to develop proposals for the design of a complex system and the creation of technology for the implementation of automatic monitoring of moving geographically dispersed objects. *Materials and methods.* The designed complex automatic monitoring system should consist of: a control point with a personal computer and Internet access; one or several UAV placement bases; UAVs with wireless Internet access; applications on smartphones/tablets of the employees of operational response groups to violations. The technology should be comprehensive (hybrid), allowing to obtain the required effect due to the use of UAVs, GLONASS positioning system, Internet of things, computer vision and communication system. Machine learning technologies are supposed to be used to solve the problems of object recognition. *Results.* Designing an automatic monitoring system for mobile geographically dispersed objects is a complex process that requires the involvement of specialists of various profiles: engineers, programmers, analysts and operators. A correctly designed and implemented system can significantly increase the effectiveness of control over the territory and ensure a timely response to any violations. *Conclusions.* The proposed system and hybrid technology for automatic monitoring of mobile geographically dispersed objects allow for a synergistic effect due to the integrated use of the GLONASS location system, UAVs, the Internet of Things, computer vision and communication systems.

Keywords: unmanned aerial vehicles, designed complex system, hybrid technology, GLONASS, computer vision, convolutional neural networks

For citation: Kubasov I.A., Lekar L.A. Design of a system for automatic monitoring of mobile territorially separated objects. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems.* 2025;(2):5–14. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-4205-2025-2-1

Введение

Актуальность применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) обусловлена их широким спектром возможностей и растущим спросом в различных сферах жизни и деятельности общества благодаря своей универсальности, эффективности и экономичности [1–4].

Особую актуальность приобретают беспилотные летательные аппараты, применяемые для мониторинга подвижных объектов (перемещения людей, животных или транспортных средств) на многокилометровой территории. Это обусловлено несколькими ключевыми факторами:

- 1) широкий охват территории за короткое время благодаря мобильности и автономности БПЛА;
- 2) высокая точность и оперативность получения данных об изменении ситуации на наблюдаемой территории благодаря оснащённости БПЛА камерами высокого разрешения, тепловизорами и другими сенсорами;
- 3) экономическая эффективность применения БПЛА по сравнению с патрулированием наземными силами или использованием пилотируемых воздушных судов;
- 4) безопасность применения БПЛА для персонала в связи с отсутствием непосредственно в месте опасных зон (военных действий, природных катастроф, повышенной радиационной опасности и т.п.);
- 5) сокращение количества ошибок персонала, связанных с человеческим фактором, благодаря автоматизации процессов мониторинга (в том числе планирования маршрутов полета, обработки полученных данных и их анализа).

Целью данной работы является разработка предложений по проектированию сложной системы и созданию технологии для реализации автоматического мониторинга за подвижными территориально разнесенными объектами.

Материалы и методы

Предлагается спроектировать следующую сложную систему автоматического мониторинга подвижных объектов (рис. 1).

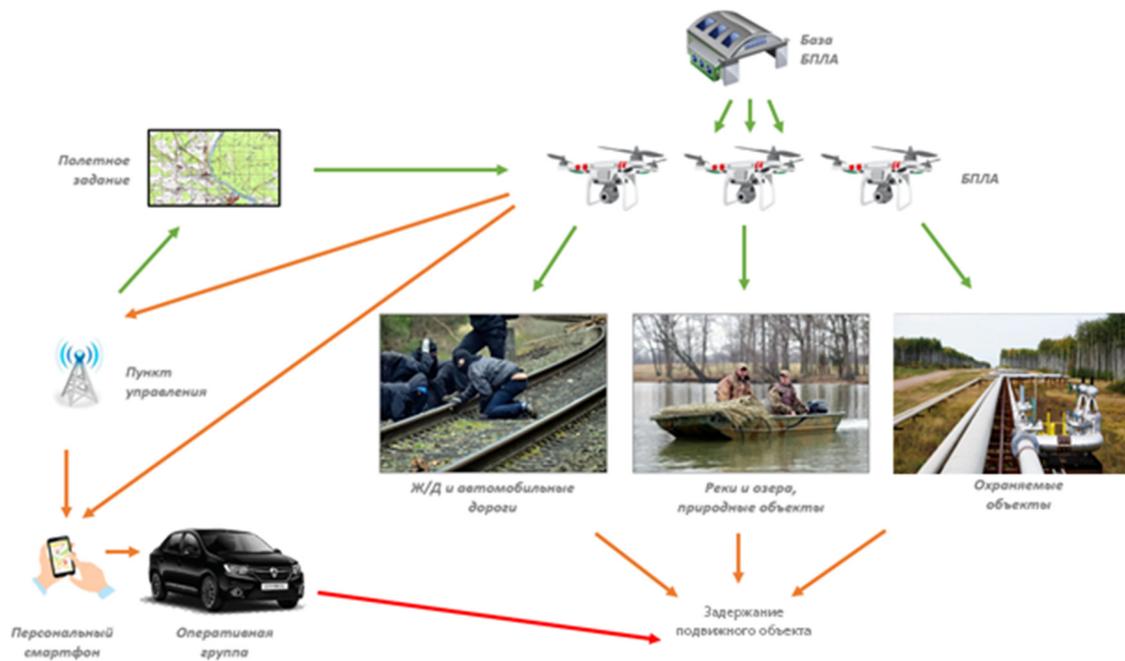


Рис. 1. Схема применения сложной системы автоматического мониторинга

Задача системы автоматического мониторинга – реализовывать автоматическое наблюдение за подвижными объектами на большой территории, выявлять нарушения и обеспечивать оперативное пресечение этих нарушений.

Система автоматического мониторинга должна состоять из:

- пункта управления с персональным компьютером и выходом в сеть Интернет;
- одной или нескольких баз размещения БПЛА;
- БПЛА с беспроводным выходом в сеть Интернет;
- приложений на смартфонах/планшетах сотрудников оперативного реагирования.

Типовой порядок работы системы автоматического мониторинга предлагается следующий:

- 1) на пункте управления заблаговременно формируются полетные задания для БПЛА, т.е. маршруты, привязанные к географическим объектам и/или координатам;
- 2) пункт управления дает команду на запуск БПЛА, при этом БПЛА вылетают с баз и следуют по маршруту, указанному в полетном задании;
- 3) БПЛА визуально наблюдают за подвижными объектами мониторинга и в режиме потокового видео передают информацию об инциденте на пункт управления;
- 4) пункт управления обнаруживает нарушение (инцидент) в потоковом видео и запрашивает от БПЛА координаты ГЛОНАСС о местонахождении подвижного объекта;
- 5) группа реагирования выезжает на место инцидента, при этом БПЛА продолжает следить за подвижным объектом и передавать актуальную информацию о их местонахождении.

Приведем примеры типовых полетных заданий:

- мониторинг железных дорог на предмет выявления порчи путей;
- мониторинг рек на предмет выявления несанкционированной рыбалки;
- мониторинг периметра охраняемого объекта на предмет приближения групп людей к объекту;
- мониторинг газопроводов на предмет нарушения целостности;
- мониторинг периметра границ лесов на предмет выявления несанкционированных вырубок леса, поджогов, несанкционированной охоты и т.д.

В качестве базы БПЛА может выступать любой пункт управления с соответствующим оборудованием для зарядки и обслуживания БПЛА.

В качестве пункта управления может выступать персональный компьютер, в том числе ноутбук, со стабильным выходом в сеть Интернет. Пункт управления может быть стационарным или мобильным

и перемещаться вместе с группой реагирования. Стационарный пункт управления может обеспечить координацию нескольких групп реагирования по информации от множества БПЛА. Для обеспечения устойчивости системы в нештатных ситуациях в пункте управления должна быть предусмотрена возможность переключения БПЛА с автономного полета на ручное управление.

Для работы системы автоматического мониторинга необходимо обеспечить потоковое видео по каналам мобильной связи (две сим-карты для передачи данных) на территории, на которой развернута система.

Для обеспечения описанного функционала системы необходимо решение задач автономной навигации и автоматического распознавания объектов на изображениях. Автономная навигация может осуществляться с помощью или без помощи GPS/ГЛОНАСС, однако для обеспечения максимального функционала системы необходимо использование визуальной информации. Таким образом, автоматическое распознавание объектов используется как для навигации, так и для выявления сцен и подвижных объектов.

Для решения задач распознавания объектов предполагается использовать технологии машинного обучения и сверточные нейронные сети.

Машинное обучение – область современной математики, изучающая и развивающая подходы по разработке математических алгоритмов, при которых структура алгоритма разрабатывается человеком, а оптимальные параметры алгоритма подбираются в результате специальных вычислений. Процесс подбора оптимальных параметров алгоритма также называется машинным обучением. Как правило, алгоритмы, генерируемые в процессе машинного обучения, называют искусственными нейронными сетями, или просто нейросетями.

Алгоритмы, генерируемые в результате машинного обучения, могут содержать более миллиарда параметров. Поскольку подбор такого числа параметров не под силу человеку, применение машинного обучения позволило создавать алгоритмы, по функционалу и качеству превосходящие любые ранее разработанные человеком.

Процесс машинного обучения с математической точки зрения представляет собой применение так называемого градиентного спуска [5]. Для его применения необходимо наличие большого числа типовых данных, называемых «датасетом».

Датасет представляет собой набор данных с разметкой. Если нейросеть создается для решения задачи компьютерного зрения, то данные в датасете будут представлять собой изображения, если для задачи обработки текста, то данные будут представлять собой тексты, и т.д. Разметка представляет собой специальным образом оформленную информацию о том, какую задачу должен решать алгоритм, создаваемый в результате машинного обучения [6]. Например, если задача состоит в обнаружении типовых объектов на фото, то разметка будет представлять собой информацию о том, на каких изображениях датасета, где расположены, какого размера и класса интересующие объекты. В процессе градиентного спуска происходит постепенное математическое обобщение полученной из датасета информации и сохранение ее в виде параметров создаваемого алгоритма, называемых «весами».

На рис. 2 приведена схема типичного процесса машинного обучения сверточной нейросети для решения задачи компьютерного зрения.

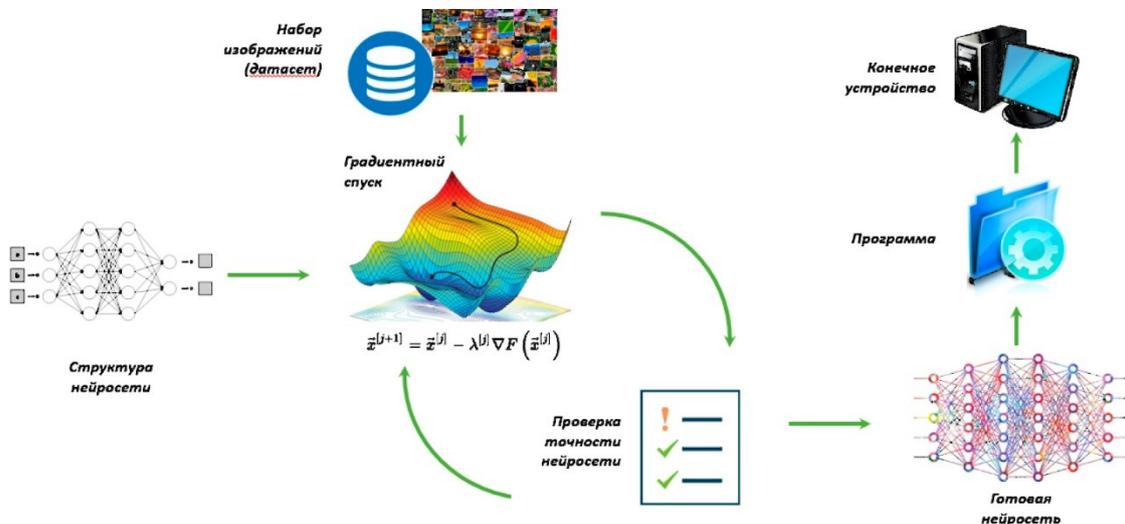


Рис. 2. Схема типичного процесса машинного обучения нейросети

Типовой процесс применения машинного обучения нейросети следующий:

- 1) специалист берет готовую структуру нейросети или подготавливает ее самостоятельно;
- 2) специалист подготавливает датасет;
- 3) запускается процесс градиентного спуска, после нескольких его итераций проверяется, с какой точностью работает создаваемая нейросеть;
- 4) по достижении удовлетворительной точности созданная нейросеть сохраняется, такая нейросеть обладает структурой и набором оптимальных весов;
- 5) сохраненная нейросеть используется в некоторой программе, принимающей на вход обрабатываемые данные и выдающей на выход результаты обработки с помощью нейросети;
- 6) программа с нейросетью эксплуатируется в конечном устройстве.

Результаты и обсуждение

Точность нейросети, получаемой в процессе машинного обучения, зависит от объема и качества датасета. Для успешного выполнения машинного обучения датасет должен обладать следующими качествами:

– человек, не знакомый с постановкой задачи, должен быть способен без дополнительной информации, используя только разметку датасета, понять, какую задачу будет решать нейросеть (например, по набору изображений и разметке понять, что от нейросети требуется определять нарушение целостности газопровода);

– человек, изучивший разметку, должен быть способен без дополнительных знаний решить для выданного ему образца данных ту же задачу, которую предполагается решать с помощью нейросети (например, если от нейросети требуется определять нарушение целостности газопровода, то человек, изучивший датасет, должен быть способен самостоятельно определять нарушение целостности газопровода на любом изображении);

– разметка датасета должна включать не только объекты, представляющие интерес, но также и объекты, схожие с ними (например, если от нейросети требуется распознавать в толпе человека в камуфляже, то в датасете должны быть как люди в камуфляже, так и люди без камуфляжа, и они должны быть разграничены в разметке);

– данные в датасете должны быть по качеству такими же, как данные, которые предполагается обрабатывать нейросетью (например, изображения не должны быть синтетическими, отличаться качеством съемки, содержать только упрощенные сцены);

– данные в датасете должны быть настолько же разнообразны, насколько могут быть разнообразны данные, обрабатываемые нейросетью (например, если нейросеть должна распознавать людей на видео на улицах круглый год в любое время суток, то датасет должен содержать фотографии всех времен года при любом освещении).

Как правило, для выбора начальной структуры нейросети, настройки процесса градиентного спуска, выбора особенностей разметки и приспособления нейросети к запуску на конкретном конечном устройстве нужны соответствующие специалисты по машинному обучению. Однако существуют технологии и подходы, позволяющие упростить и автоматизировать процесс, сделав его доступным людям без специальной квалификации с применением программного комплекса, позволяющего автоматически генерировать нейросеть для заданного датасета и условия использования нейросети.

В рамках проектируемой сложной системы автоматического мониторинга могут решаться следующие задачи компьютерного зрения: классификация, детекция и семантическая сегментация.

Классификация представляет собой отнесение изображения в целом к одному из заранее известных классов.

Детекция подразумевает, что на изображении могут находиться несколько объектов, для каждого из которых нужно определить положение, размер и класс.

Семантическая сегментация используется в случае, когда интерес представляют не объекты заданной формы, а характерные зоны на изображениях произвольной формы.

На рис. 3 и 4 приведены примеры решения задач детекции и семантической сегментации соответственно.

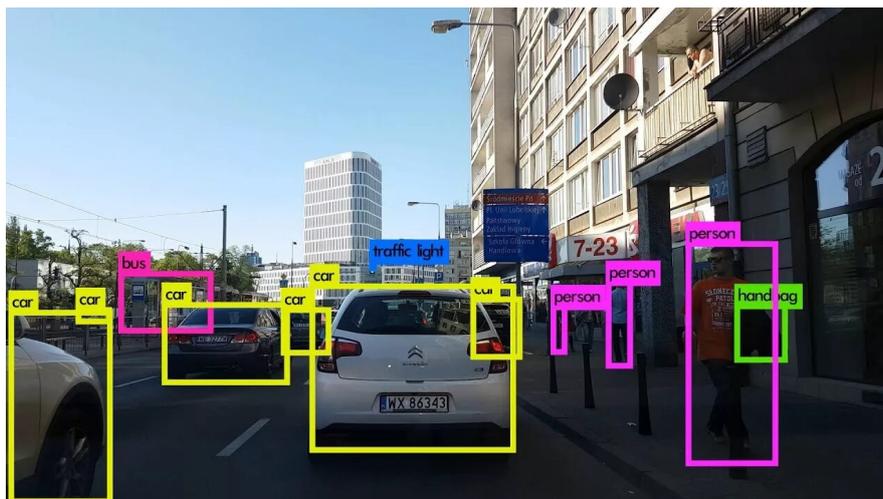


Рис. 3. Детекция участников дорожного движения



Рис. 4. Семантическая сегментация наблюдаемой обстановки в поле зрения БПЛА

Для всех задач применимы различные модификации сверточных нейронных сетей. Структурно все сверточные нейросети схожи и работают по следующему принципу:

- как правило, нейросеть состоит из 10–200 последовательных операций (так называемых «слоев»);
- каждый слой выполняет сравнение нескольких пикселей из точки изображения с шаблонами и формирует массив данных о том, насколько каждая точка изображения похожа на каждый шаблон;
- следующий сверточный слой использует массив данных предыдущего слоя вместо изображения;
- при машинном обучении подбираются оптимальные шаблоны для каждого слоя.

На рис. 5 приведена структура сверточной нейросети Google, передовой в момент своего появления, но в настоящее время редко используемой на практике.

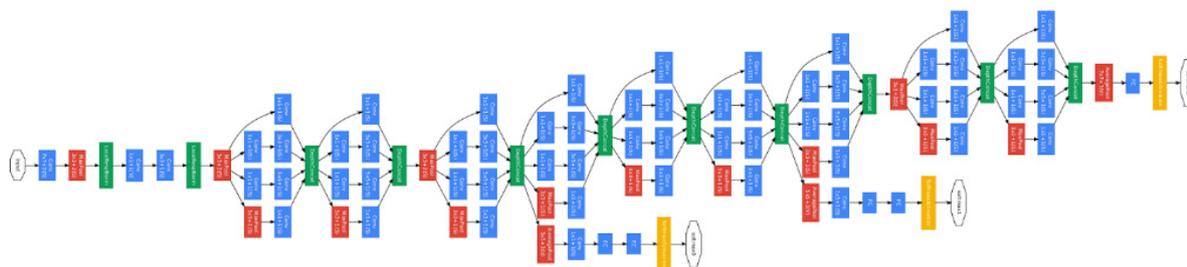


Рис. 5. Структура нейросети GoogleNet

Современные сверточные нейросети содержат несколько миллионов весов и занимают объем памяти до 10 Мбайт, а в редких случаях – больше. Веса нейросети представляют собой числовые коэффициенты шаблонов и не содержат в явном виде фрагментов изображений, использованных в процессе машинного обучения.

Типовые сверточные нейросети обладают вычислительной сложностью менее миллиарда операций умножения со сложением удельно на один фрагмент изображения размером 200×200. В среднем обработка типового видеокadra на приспособленном персональном или серверном компьютере

может выполняться со скоростью несколько сотен изображений в секунду, а на бортовом компьютере – несколько десятков изображений в секунду.

Время машинного обучения сверточной нейросети на персональном компьютере для типовой задачи может составлять от нескольких часов до нескольких суток. Датасеты для машинного обучения содержат от нескольких тысяч до миллионов изображений [7]. На практике для решения задач, в которых обрабатываются последовательные видеокadres, достаточно достижения относительно невысоких значений точности обработки одного изображения, в связи с чем оказывается достаточным использование небольших датасетов, содержащих приблизительно от 1000 изображений на каждый целевой класс и состоящих в целом из нескольких тысяч изображений.

В комплекс предлагаемых технологий также входит использование БПЛА. В настоящее время существует широкий выбор БПЛА, обладающих всем необходимым функционалом для использования в перспективной системе. БПЛА квадрокоптерного типа обладают ограниченной дальностью полета (до 20 км), однако они относительно дешевы (цена 1 штуки может составлять менее 100 000 руб.) и маневренны и могут выполнять фотосъемку с нужной высоты и позиции. БПЛА самолетного типа обладают значительным запасом дальности полета – до 1000 км и более, однако они дороже, а маневрирование для прицельной съемки может быть затруднительно [8, 9]. Оптимальный состав БПЛА для системы должен варьироваться в зависимости от площади и объектов на контролируемой территории и содержать как БПЛА самолетного типа для предварительной разведки и полета на низких дистанциях по линейным маршрутам, так и БПЛА квадрокоптерного типа для более сложных маршрутов и условий съемки, а также для реагирования в случаях оперативно изменяющейся обстановки.

Заключение

Для машинного обучения нейросетей понадобится найти доступные в сети Интернет или собрать датасеты для типовых задач, например:

- для задачи автономной навигации вдоль железных и автомобильных дорог, газопроводов и рек понадобится датасет с изображением типовой наблюдаемой с высоты полета БПЛА обстановки;
- для задачи обнаружения нарушений на железнодорожных путях понадобится датасет с изображением типовых объектов на железной дороге, в том числе представляющих интерес (группа людей, повреждающая пути) и не представляющих интерес (сотрудники РЖД в жилетах, поезда, вагоны);
- для задачи обнаружения несанкционированной рыбалки на водоемах понадобится датасет с изображением типовых объектов на воде, в том числе представляющих интерес (лодка с людьми и рыболовецкими принадлежностями) и не представляющих интерес (лодка без рыболовецких принадлежностей, скопления плавущих веток);
- для задачи обеспечения целостности газопровода понадобится датасет с изображением типовой обстановки вдоль газопровода, включая объекты, представляющие интерес (возможные нарушения) и не представляющие интерес (обычная обстановка). Датасет должен включать изображения территории вокруг газопровода с высоты полета БПЛА; объекты, представляющие интерес, такие как группа людей, ведущая раскопки, техника (экскаваторы, буровые установки) рядом с трубами, признаки повреждений (утечки газа, трещины, просадки грунта), а также следы несанкционированного доступа (разрытые участки, оголенные трубы); объекты, не представляющие интерес, такие как рабочие газовой компании в спецодежде, специализированные машины для обслуживания газопровода и окружающие объекты (деревья, кустарники, дороги).

Для большинства задач, стоящих перед проектируемой системой мониторинга, состав сцен, представляющих интерес, можно воспроизвести. Таким образом, при необходимости создания датасета с нуля возможно ускорение его создания путем натурального воспроизведения соответствующих сцен интереса (например, для эмуляции порчи железнодорожного полотна можно использовать группу людей в гражданской одежде, находящихся в характерных позах).

В табл. 1 приведен пример характеристик предлагаемой системы мониторинга подвижных объектов на многокилометровой территории.

Разработка предложений по проектированию сложной системы и технологии для автоматического мониторинга подвижных территориально разнесенных объектов требует комплексного подхода, включающего несколько этапов. Рассмотрим ключевые аспекты этого процесса.

Таблица 1

Характеристика	Значение
Максимальная площадь контролируемой территории, км ²	до 3000
Суммарная протяженность дорог и рек, км	до 500
Длительность цикла полного патрулирования, ч	12–48
Количество баз БПЛА	5–20
Количество пунктов управления	1
Количество сотрудников полиции на дежурстве на пункте управления	0–2
Количество БПЛА самолетного типа суммарно на всех базах (с дальностью полета от 100 км)	1–2
Количество БПЛА квадрокоптерного типа суммарно на всех базах (с дальностью полета 20 км)	10–30
Число оповещаемых персональных устройств сотрудников	не ограничено

Этап 1. Анализ требований.

На этом этапе необходимо определить следующие параметры:

- типы объектов: Какие объекты будут отслеживаться? Это могут быть транспортные средства, люди, животные или другие движущиеся элементы;
- требования к точности: Какая точность необходима для определения местоположения объектов?
- частота обновления данных: Как часто нужно обновлять данные о положении объектов?
- зона покрытия: Какой размер территории требуется контролировать?
- условия эксплуатации: В каких условиях будет использоваться система? Например, в городских условиях, сельской местности, экстремальных климатических зонах и т.д.

Этап 2. Выбор технологий.

Для создания эффективной системы мониторинга могут потребоваться различные технологии:

- беспилотные летательные аппараты для охвата больших площадей и оперативного сбора информации;
- спутниковые системы для глобального покрытия и постоянного наблюдения;
- радиолокационные станции для обнаружения и слежения за объектами на расстоянии;
- система GPS/ГЛОНАСС для точного определения координат объектов;
- камеры видеонаблюдения для визуальной идентификации и анализа поведения объектов;
- интернет вещей (IoT) для интеграции всех устройств в единую сеть и обмена данными в режиме реального времени [10].

Этап 3. Проектирование архитектуры системы.

Архитектура системы должна учитывать взаимодействие всех компонентов и обеспечивать надежную передачу данных между ними. Основные компоненты системы могут включать:

- сенсорный слой: устройства, собирающие данные об объектах (камеры, радары, датчики);
- передающий слой: системы связи, обеспечивающие передачу данных от датчиков к центральному узлу обработки;
- обрабатывающий слой: серверы и программное обеспечение для анализа поступающих данных и принятия решений;
- интерфейсный слой: средства отображения информации и взаимодействия с оператором (панели управления, мобильные приложения).

Этап 4. Разработка программного обеспечения.

Программное обеспечение должно обеспечить эффективное управление системой, а также выполнение следующих задач:

- обработку и фильтрацию данных от сенсоров;
- автоматическое обнаружение и идентификацию объектов;
- прогнозирование траекторий движения объектов;
- оповещение оператора о значимых событиях;
- хранение и анализ исторических данных.

Этап 5. Тестирование и внедрение.

После разработки системы необходимо провести ее тестирование в реальных условиях. Важно проверить работоспособность всех компонентов, корректность передачи данных и соответствие требованиям заказчика. После успешного тестирования система может быть внедрена в эксплуатацию.

Создание системы автоматического мониторинга подвижных территориально разнесенных объектов является сложным процессом, требующим привлечения специалистов различного профиля: инженеров, программистов, аналитиков и операторов. Правильно спроектированная и реализованная система способна существенно повысить эффективность контроля над территорией и обеспечить своевременное реагирование на любые изменения.

Список литературы

1. Калиев Д. И., Швец О. Я. Система разведки и мониторинга лесных пожаров на базе // Труды университета. 2023. № 3. С. 103–108. doi: 10.52209/1609-1825_2023_3_103
2. Колесников В. М., Якунин М. А. Перспективы использования БПЛА для экологического мониторинга и безопасной эксплуатации нефтегазопроводов // Человек. Общество. Инклюзия (Приложение). 2023. № S1-1. С. 211–216.
3. Кубасов И. А., Сушков В. И. Анализ зарубежных инновационных подходов к применению беспилотных воздушных судов в правоохранительной деятельности // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2023. № 1. С. 64–71.
4. Кубасов И. А., Сушков В. И. О концептуальном подходе к развитию и применению беспилотных авиационных систем специального назначения // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2023. № 4. С. 86–95.
5. Мартынов А. В., Кандыба В. Е. Метод градиентного спуска в машинном обучении // Шаг в науку. 2022. № 4. С. 4–8.
6. Заславский М. М., Крыжановский К. Е., Иванов Д. В. Разработка системы экологического мониторинга на базе технологий пространственной разметки и машинного обучения // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2023. Т. 26, № 4. С. 56–69. doi: 10.32603/1993-8985-2023-26-4-56-69
7. Иванов А. И., Кубасов И. А. Сильный искусственный интеллект: повышение качества нейросетевых решений с переходом к обработке входных данных большого объема // Надежность и качество сложных систем. 2021. № 1. С. 9–16. doi: 10.21685/2307-4205-2021-1-1
8. Кубасов И. А., Сушков В. И. О расширении функциональных возможностей беспилотных авиационных систем на основе искусственного интеллекта // Беспилотные воздушные суда в практической деятельности правоохранительных органов : сб. докл. науч.-практ. спец. конф. в рамках Междунар. воен.-техн. форума (Кубинка, Московская обл., 16–18 августа 2022 г.) / под общ. ред. А. А. Морева. М. : НПО «Специальная техника и связь» МВД РФ, 2022. С. 30–32.
9. Кубасов И. А., Сушков В. И. Применение технологий искусственного интеллекта в робототехнических комплексах специального назначения в целях обеспечения правоохранительной деятельности // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2022. № 3. С. 69–76.
10. Кубасов И. А. Промышленный Интернет вещей как революционный скачок развития // Надежность и качество сложных систем. 2023. № 2. С. 83–89. doi: 10.21685/2307-4205-2023-2-9

References

1. Kaliev D.I., Shvets O.Ya. The system of forest fire exploration and monitoring on the base. *Trudy universiteta = Proceedings of the University*. 2023;(3):103–108. (In Russ.). doi: 10.52209/1609-1825_2023_3_103
2. Kolesnikov V.M., Yakunin M.A. Prospects of using UAVs for environmental monitoring and safe operation of oil and gas pipelines. *Chelovek. Obshchestvo. Inklyuziya (Prilozhenie) = Human. Society. Inclusion (Application)*. 2023;(S1-1):211–216. (In Russ.)
3. Kubasov I.A., Sushkov V.I. Analysis of foreign innovative approaches to the use of unmanned aircraft in law enforcement. *Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii = Bulletin of the Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia*. 2023;(1):64–71. (In Russ.)
4. Kubasov I.A., Sushkov V.I. On a conceptual approach to the development and application of unmanned aircraft systems for special purposes. *Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii = Bulletin of the Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia*. 2023;(4):86–95. (In Russ.)
5. Martynov A.V., Kandyba V.E. Gradient descent method in machine learning. *Shag v nauku = A step into science*. 2022;(4):4–8. (In Russ.)
6. Zaslavskiy M.M., Kryzhanovskiy K.E., Ivanov D.V. Development of an environmental monitoring system based on spatial marking and machine learning technologies. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy Rossii. Radioelektronika = News of higher educational institutions of Russia. Radio electronics*. 2023;26(4):56–69. (In Russ.). doi: 10.32603/1993-8985-2023-26-4-56-69
7. Ivanov A.I., Kubasov I.A. Strong artificial intelligence: improving the quality of neural network solutions with the transition to processing large-volume input data. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2021;(1):9–16. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-4205-2021-1-1

8. Kubasov I.A., Sushkov V.I. On expanding the functionality of unmanned aircraft systems based on artificial intelligence. *Bespilotnye vozdushnye suda v prakticheskoy deyatel'nosti pravookhranitel'nykh organov: sb. dokl. nauch.-prakt. spets. konf. v ramkakh Mezhdunar. voen.-tekhn. foruma (Kubinka, Moskovskaya obl., 16–18 avgusta 2022 g.) = Unmanned aircraft in the practical activities of law enforcement agencies : collection of scientific and practical reports. special conference within the framework of the International military-technical Forum (Kubinka, Moscow region, August 16-18, 2022)*. Moscow: NPO «Spetsial'naya tekhnika i svyaz'» MVD RF, 2022:30–32. (In Russ.)
9. Kubasov I.A., Sushkov V.I. Application of artificial intelligence technologies in special-purpose robotic complexes in order to ensure law enforcement activities. *Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii = Bulletin of the Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia*. 2022;(3):69–76. (In Russ.)
10. Kubasov I.A. Industrial Internet of Things as a revolutionary development leap. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2023;(2):83–89. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-4205-2023-2-9

Информация об авторах / Information about the authors

Игорь Анатольевич Кубасов

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры информационных технологий,
Академия управления Министерства
внутренних дел Российской Федерации
(Россия, г. Москва,
ул. Зои и Александра Космодемьянских, 8)
E-mail: igorak@list.ru

Igor A. Kubasov

Doctor of technical sciences, associate professor,
professor of the sub-department
of information technologies,
Academy of Management of the Ministry of Internal
Affairs of the Russian Federation
(8 Zoi i Aleksandra Kosmodem'yanskikh street,
Moscow, Russia)

Людмила Антоновна Лекарь

кандидат технических наук,
доцент кафедры информационных технологий,
Академия управления Министерства
внутренних дел Российской Федерации
(Россия, г. Москва,
ул. Зои и Александра Космодемьянских, 8)
E-mail: antonna47@bk.ru

Lyudmila A. Lekar

Candidate of technical sciences,
associate professor of the sub-department
of information technologies,
Academy of Management of the Ministry of Internal
Affairs of the Russian Federation
(8 Zoi i Aleksandra Kosmodem'yanskikh street,
Moscow, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию/Received 05.04.2025

Поступила после рецензирования/Revised 25.04.2025

Принята к публикации/Accepted 05.05.2025