

## АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на тему:

### **«Исследование эффективного обнаружения БПЛА с помощью интеллектуальных датчиков»**

представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071900 – «Радиотехника, электроника и

телекоммуникации»

**СЕЙДАЛИЕВА УЛЖАЛГАС ОМИРТАЕВНА**

**Общая характеристика исследования.** Данная работа направлена на исследование и разработке системы обнаружения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на основе интеллектуальных сенсоров.

**Актуальность темы исследования.** Ведущие компании, такие как DJI, Parrot и 3D Robotics являются непрерывными производителями доступных и удобных в использовании моделей беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), известных под названием «дроны». Дроны используются легально для коммерческих целей, таких как доставка товаров и лекарств, создание изображений и фильмов, мониторинг мест массового скопления людей, первая помощь, сельское хозяйство и т.д. Однако, возможно использование дронов в незаконных целях – таких как контрабанда (перевозка незаконных веществ на границах, в ограниченных зонах, тюрьмах), шпионские цели (незаконное видеонаблюдение физических лиц, компаний, государственных организаций), дроны, вызывающие коллизию на взлетно-посадочной полосе авиации, использование дронов, загруженных взрывчатыми, химически токсичными веществами и т. д. Такие ситуации могут быть серьезной проблемой для общества. Подобные инциденты были зарегистрированы: 31 марта 2019 году группа оперативного реагирования отряда военной полиции предотвратила незаконный полет квадрокоптера над зданием Министерства обороны РК [2], пограничники Узбекистана 14 сентября 2019 году конфисковали психотропный препарат “Грамадол”, незаконно перемещенный с помощью БПЛА с границы Казахстана [3], в 2020 году 4 сентября впервые в истории тюремной системы Казахстана перевозка запрещенных веществ в колонию была осуществлена с применением дрона [4], в 2022 году 13 июня над воинской частью в Актобе был запущен незарегистрированный в госреестре беспилотный летательный аппарат, за данный инцидент был арестован житель города Актобе [5]. Данные инциденты являются подтверждением, что беспилотные летательные аппараты по неосторожности или умышленно могут представлять угрозу воздушному пространству аэропортов, электростанций, мирных жителей, организаций и даже государства в целом. Если проникновение БПЛА на охраняемую территорию не будет обнаружено на ранней стадии и своевременно остановлено, инфраструктура может пострадать от опасных инцидентов, таких как посягательство на информационную конфиденциальность, столкновения самолетов, нападения на важные объекты, допуск к перевозке незаконных предметов и т. д. Для

предупреждения указанных опасных инцидентов важно установить на территории охраняемых инфраструктур оптимальную систему обнаружения, которая в режиме реального времени обнаруживает БПЛА. В системах обнаружения БПЛА часто используются традиционные радарные и радиочастотные технологии, однако точность обнаружения целей этими датчиками снижается, когда дрон летает в местах с помехами на сигнал или когда принятый сигнал блокируется. С момента приближения дрона к специальной охраняемой зоне целесообразно использовать интеллектуально сенсорные камеры, с доступной ценовой политикой и сравнительно оптимальным расстоянием распознавания, при разработке эффективной системы обнаружения предоставляющей сотрудникам безопасности визуальный выходной результат (bounding box) в режиме реального времени.

В области связи также могут произойти некоторые возможные инциденты с БПЛА, такие как:

- Отказ телекоммуникационных систем из-за помех, создаваемых дронами;

- Нарушение правил безопасности при использовании дронов могут привести к авариям, которые могут повредить телекоммуникационное оборудование, например вышки связи или кабели, что приведет к разрыву связи и сбоям в работе сетей, а также к повреждению оборудования и поставить под угрозу безопасность персонала.

- Несанкционированное использование дронов для выполнения шпионских операций или хранения секретной информации, передаваемой по сетям связи.

Таким образом, разработка технологий обнаружения и предотвращения использования БПЛА становится актуальной из-за увеличения количества опасных инцидентов, связанных с дронами в различных областях. Выше перечисленные ситуации требуют более глубокого исследования систем обнаружения и предотвращения дронов, что приводит к развитию данной отрасли.

**Проблема исследования.** Так как БПЛА является подвижным объектом, кадры двигаются со скоростью, для оптимального обнаружения необходимо учитывать размер и местоположение охраняемой территории, и скорость передвижения БПЛА, при этом необходимо соблюдать как точность так и скорость распознавания дронов. Такие задачи усложняют задание обнаружения и предотвращения дронов на территории охраняемых объектов. Обнаружение модели дронов на ранней стадии с расстояния в защищаемых инфраструктурных территориях является актуальной задачей обнаружения, так как размер дрона в пикселях на расстоянии будет очень маленьким.

**Цель исследования.** Исследование и разработка системы обнаружения объектов БПЛА в режиме реального времени с помощью интеллектуальных сенсорных камер.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Углубленный литературный обзор методов обнаружения БПЛА на основе интеллектуальных сенсорных камер;
- сбор, подготовка и проведение предварительной обработки базы данных БПЛА для построения модели нейронной сети.
- теоретическое описание предлагаемой интеллектуальной односенсорной системы обнаружения дронов.
- исследование и разработка системы точного обнаружения дронов в режиме реального времени на видео со статическим фоном.
- анализ и разработка модели объединения нескольких интеллектуальных сенсорных камер для повышения точности распознавания.

**Объектом исследования** является система обнаружения беспилотных летательных аппаратов.

**Предметом исследования** являются методы обработки видеосигналов для обнаружения объектов беспилотных летательных аппаратов, структуры и алгоритм для нейронных сетей, метод и структура объединения интеллектуальных сенсорных камер.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач в исследовательской работе использовались методы цифровой обработки сигналов, теория машинного обучения, методы обнаружения объектов, методы классификации изображений, а также методы объединения интеллектуальных сенсоров.

**Научная новизна исследования.** Научная новизна исследования заключается в разработке модели и алгоритма многокурсного распознавания БПЛА методом голосования с применением нескольких интеллектуальных сенсоров.

**Научные выводы, которые должны быть определены:**

- Методы получения, обработки и подготовки данных.
- Методы и алгоритмы обнаружения движущихся объектов.
- Методы и алгоритмы классификации движущихся объектов.
- Методы и алгоритмы объединения интеллектуальных сенсоров.
- Эксперименты, результаты и обсуждения.

**Теоретическая значимость исследования.** Любые лица, стремящиеся провести обнаружение беспилотных летательных аппаратов на основе интеллектуальных сенсорных камер, могут использовать это научное исследование в качестве методического руководства по выбору интеллектуального сенсора камеры, сбору и предварительной обработке данных, выбору модели нейронной сети и обучению.

**Практическая значимость исследования.** Предлагаемая исследовательская работа по направлению распознавания БПЛА в режиме реального времени путем объединения интеллектуальных сенсоров будет использована исследователем в научном исследовательском проекте «Жас ғалым» по приоритетному направлению «9. Национальная безопасность и оборона» АР14971031 «Исследование и внедрение бимодальной системы обнаружения беспилотных летательных аппаратов в режиме реального времени». То есть, это станет основой для разработки бимодальной системы,

объединяющей сенсоры камеры и LiDAR для обнаружения несанкционированного проникновения БПЛА в режиме реального времени.

**Личный вклад автора.** Диссертация является самостоятельной работой автора, все результаты научных исследований получены самим автором. Для достижения поставленной цели, исследование и анализ методов предлагаемой системы, научные исследования и анализ результатов научно-исследовательской работы проведен автором совместно согласованно по направлению научного руководителя и зарубежного научного консультанта.

**Обоснованность и достоверность научных положений,** выводов и рекомендаций подтверждены публикациями в журналах, включенных в перечень научных изданий, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, и база данных Web of Science и Scopus; апробация в зарубежной международной научно-практической конференции.

**Апробация результатов исследования.** Основные научные результаты диссертационного исследования, изложенные в диссертации, представлены на международной конференции «Четвертая международная конференция IEEE по роботизированным вычислениям (IRC)», а результаты опубликованы в трудах IEEE Xplore.

**Публикации.** В рамках диссертационной работы подготовлено и опубликовано 6 научных работ по рассматриваемой теме, из которых: 1 статья в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, 3 статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан и 2 статьи в трудах международных конференций.

**Объем и структура работы.** Диссертационная работа состоит из нормативных ссылок, списка условных обозначений и сокращений, введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы. Работа начинается с введения, где автор дает общее описание работы, актуальность исследования, проблемы и положений о защите. В главе 1 подробно разьяснены технологии обнаружения объектов беспилотных летательных аппаратов, было проведено огромное количество обзоров литературы по обнаружению БПЛА на основе распознавания визуальных данных. Глава 2 описывает этапы подготовки визуальных данных БПЛА. В главе 3 проанализированы методы и алгоритмы обнаружения и классификации движущихся объектов, используемые для задач визуального обнаружения и классификации беспилотных летательных аппаратов. В главе 4 представлен эксперимент модели обнаружения дрона в реальном времени на основе статического фонового видеосигнала. Глава 5 представляет разработанную модель и алгоритм многокурсного распознавания БПЛА методом голосования с применением нескольких интеллектуальных сенсоров.

В заключении обсуждены анализ и результаты исследовательской работы, ее дальнейшие направления.