

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 многоакурсного распознавания БПЛА методом голосования с применением нескольких интеллектуальных сенсоров.

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