

Котов Олег Александрович
начальник кафедры д.в.н., профессор
ВА ВПО ВС РФ
Kotov Oleg Aleksandrovich

Максимов Алексей Михайлович,
слушатель, ВА ВПО ВС РФ
Maksimov Aleksey Mikhailovich

Акишин Андрей Владимирович,
к.т.н., доцент кафедры ВАЗИ
ВА ВПО ВС РФ
Akishin Andrey Vladimirovich

Енин Николай Николаевич
к.т.н., доцент, заместитель
начальник кафедры ВАЗИ
ВА ВПО ВС РФ
Enin Nikolay Nikolayevich

Чернов Владислав Владимирович,
слушатель ВАЗИ, ВА ВПО ВС РФ
Chernov Vladislav Vladimirovich

**ВЕДЕНИЕ РАЗВЕДКИ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА
В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ: МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА
НА СЛОЖНОМ МНОГОКЛАСТЕРНОМ ФОНЕ
AIRSPACE RECONNAISSANCE IN POPULATED AREAS: A METHOD FOR UAV
DETECTION AGAINST COMPLEX MULTI-CLUSTER BACKGROUND**

Аннотация. В статье рассматривается задача обнаружения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в условиях городской среды, где наряду с целевыми объектами присутствуют множество фоновых подвижных объектов: птицы, листья, мусор. Предложен итерационный алгоритм селекции целевого кластера, основанный на комплексировании обработки видеопотока, активном ультразвуковом воздействии и учёте метеорологической обстановки. Показано, что трёхитерационная процедура позволяет достичь приемлемого уровня риска ложных тревог и пропуска цели.

Abstract. The paper considers the problem of detecting unmanned aerial vehicles (UAVs) in an urban environment, where, along with the target objects, there are many background moving objects: birds, leaves, and debris. An iterative algorithm for target cluster selection is proposed, based on the integration of video stream processing, active ultrasonic influence, and consideration of meteorological conditions. It is shown that a three-iteration procedure makes it possible to achieve an acceptable level of false alarm and target miss risk.

Ключевые слова: Воздушная разведка, беспилотный летательный аппарат, обработка изображений, сложный фон, ультразвук, метеоусловия, итерационная селекция.

Keywords: Aerial reconnaissance, unmanned aerial vehicle, image processing, complex background, ultrasound, weather conditions, iterative selection.

Современные системы охраны важных объектов в населённых пунктах традиционно строятся на периметровом принципе с использованием видеонаблюдения и патрулирования. Однако одной из наиболее опасных угроз являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), способные преодолевать заграждения и нести средства сбора информации [1].



Проблема обнаружения БПЛА осложняется тем, что в поле зрения видеокамер попадает множество других подвижных объектов: птицы, листья, бумага, пакеты, переносимые ветром. Все они могут обладать сходными с БПЛА кинематическими и визуальными признаками, что приводит к высокому уровню ложных тревог и пропусков целей. Таким образом, задача выделения БПЛА на сложном многокластерном фоне является ключевой для эффективной воздушной разведки в условиях плотной застройки [1].

В общем случае сигнал на входе системы наблюдения можно представить как сумму шума и полезных сигналов от статичных и подвижных объектов [1]. Множество всех объектов M разделяется на четыре кластера: G – статичный (низкодинамичный) фон; D – живые организмы (птицы); E – пассивные объекты, переносимые воздушными потоками (листья, мусор); A – целевой кластер БПЛА [1]. Стандартные методы обработки изображений, включающие фильтрацию шума, выделение движущихся объектов, построение траекторий и кластеризацию по амплитуде и скорости, позволяют отделить подвижные объекты от статичного фона, но не обеспечивают разделения между кластерами D , E и A , поскольку их признаки в пространстве характеристик существенно пересекаются [1, 2].

Для решения этой проблемы предлагается итерационный алгоритм селекции, основанный на методах обнаружения разладки Колмогорова–Ширяева [1]. Первая итерация использует классическую обработку видеопотока: выделяются все подвижные объекты, строятся их траектории, выполняется кластеризация. Однако на этом этапе кластеры D , E и A остаются сильно пересекающимися, что не позволяет достичь приемлемого риска [3].

Вторая итерация вводит активное ультразвуковое воздействие на все обнаруженные подвижные объекты [1]. Как известно, живые организмы (птицы) обладают отрицательной восприимчивостью к ультразвуку, что проявляется в изменении траектории их движения [6]. Генерируя ультразвуковой сигнал и сравнивая прогнозируемые траектории (до воздействия) с реальными (после воздействия) по заданному допустимому отклонению, можно надёжно выделить кластер D из общего множества. После второй итерации сигнал содержит только кластеры E и A , что всё ещё не даёт приемлемого уровня риска [4].

Третья итерация основана на анализе метеорологической обстановки. Пассивные объекты, переносимые воздушными потоками, движутся в направлении и со скоростью ветра. Сопоставляя траектории оставшихся подвижных объектов с данными метеодатчиков (скорость и направление ветра), можно выделить кластер E , отнеся к нему объекты, чьё движение соответствует характеру воздушных потоков с заданным допустимым отклонением [5]. Оставшиеся после этой итерации объекты с высокой вероятностью относятся к целевому кластеру A , и сигнал на выходе системы содержит только полезную составляющую от БПЛА [6].

Таким образом, трёхитерационная процедура позволяет последовательно исключить из рассмотрения кластеры D и E , оставляя только целевой кластер A . При этом каждая итерация увеличивает вычислительные и аппаратные затраты, но снижает риск ложных срабатываний и пропуска цели. Количество итераций может быть адаптировано под конкретную обстановку и требуемый уровень риска [7]. Предложенный подход имеет важное преимущество для применения в населённых пунктах: он не требует сложного радиолокационного оборудования, а использует стандартные видеокамеры, ультразвуковые генераторы и метеодатчики, что упрощает его развёртывание в городских условиях. Кроме того, комбинирование различных физических принципов (оптического, акустического, метеорологического) повышает помехоустойчивость и достоверность обнаружения.

Дальнейшее развитие системы видится в создании полностью адаптивных алгоритмов, способных автоматически выбирать оптимальную последовательность итераций в зависимости от текущей метеобстановки, времени суток и уровня помех [8]. Интеграция таких систем в единую сеть городского мониторинга позволит обеспечить надёжный контроль воздушного пространства над мегаполисами и своевременное реагирование на угрозы.



Список литературы:

1. Иванов С.А., Стародубцев П.Ю., Акишин А.В. Обнаружение беспилотных летательных аппаратов на сложном фоне // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2020. Вып. 1. С. 49–56.
2. Цыцулин А.К., Морозов А.В., Бобровский А.И. Классификация малоразмерных изображений космических объектов по признакам движения с помощью обучаемого алгоритма // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 3. С. 72–80.
3. Патент № 2730420 С1 Российская Федерация, МПК F41J 5/00, G01V 1/24, G01V 1/30. Способ определения координат места падения боеприпаса: № 2020106341: заявл. 10.02.2020: опубл. 21.08.2020 / А. В. Акишин, А. Е. Смелов, С. А. Иванов [и др.]. – EDN KLLMM.
4. Никитин В.В., Цыцулин А.К. Телевидение в системах физической защиты. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2001. 134 с.
5. Болотова О.В., Анисимова А.А., Акзигитов Р.А. Применение ультразвука в авиации для борьбы с птицами // Решетневские чтения. 2016. Т. 1. С. 472–474.
6. Алашеев В.В., Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Карпов А.В., Латушко Н.А., Чеснаков М.Н., Стародубцев Ю.И. Способ определения оптимальной периодичности контроля состояния технических средств и систем при минимальном времени получения результата. Патент на изобретение RU 2659373, 29.06.2018.
7. Анализ и классификация угроз информационной безопасности на автоматизированных системах / Д. А. Охотин, А. В. Акишин, Н. В. Хечиев [и др.] // Вектор научной мысли. – 2025. – № 1 (18). – С. 389-392. – EDN OCDJJU.
8. Алашеев, В. В. Взгляды США на разработку доктрины информационного воздействия в киберпространстве / В. В. Алашеев, А. В. Акишин, М. Н. Чеснаков // Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях: Труды III Межвузовской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 16 февраля 2018 года. Том 1. – Санкт-Петербург: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ КАЗЕННОЕ ВОЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ СВЯЗИ ИМЕНИ МАРШАЛА СОВЕТСКОГО СОЮЗА С. М. БУДЕННОГО" МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, 2018. – С. 67-71. – EDN XMGZPF

