

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ

ТЭТ НАЙНГ ВИН

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: thawnayee@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются современные алгоритмы обнаружения и измерения угловых координат воздушных целей в оптико-электронных системах. Проанализированы основные методы обработки видеоинформации для определения пространственного положения объектов в условиях сложной фоновой обстановки.

Abstract. The modern algorithms for detection and measurement of angular coordinates of aerial targets in optoelectronic systems are considered. The main methods of video information processing for determining the spatial position of objects in complex background-target environment have been analyzed.

Введение

В современных условиях развития авиационной техники и увеличения интенсивности воздушного движения особую актуальность приобретает задача эффективного обнаружения и точного определения координат воздушных целей. Оптико-электронные системы (ОЭС) играют ключевую роль в решении этой задачи, обеспечивая высокую точность измерений и возможность работы в различных условиях. Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования существующих алгоритмов обработки видеоинформации для повышения эффективности обнаружения и точности измерения угловых координат воздушных целей в условиях сложной фоновой обстановки. Развитие современных средств воздушного нападения, характеризующихся высокой маневренностью и малой заметностью, требует разработки новых подходов к обработке информации в ОЭС. Существующие методы обнаружения и измерения координат зачастую не обеспечивают требуемой эффективности в условиях воздействия помех различной природы, сложного фона и неблагоприятных метеорологических условий. Это определяет необходимость разработки и исследования новых алгоритмических решений, обеспечивающих повышение вероятности правильного обнаружения целей при одновременном снижении вероятности ложных тревог. Целью данной работы является исследование существующих алгоритмов обнаружения и измерения угловых координат воздушных целей в оптико-электронных системах, обеспечивающих высокую точность и надежности определения пространственного положения объектов в сложных условиях наблюдения.

Основная часть

Алгоритмы обнаружения и сопровождения воздушных целей можно классифицировать по различным критериям, включая используемые методы обработки данных, типы сигналов, а также подходы к анализу изображений. Рассмотрим основные методы, их особенности и области применения.

Корреляционные методы основаны на сравнении текущих изображений с эталонными, что позволяет выявить объекты, соответствующие заданным критериям [1, 2]. Эти алгоритмы используют математическую корреляцию для оценки степени совпадения между изображениями. Процесс работы включает формирование базы эталонных изображений, предварительную обработку входного изображения, вычисление корреляционной функции и анализ результатов для принятия решения о наличии объекта.

В качестве меры различия между эталонным изображением и наблюдаемым в точке (α, β) чаще всего берут меру различия [1]:

$$F(\alpha, \beta) = \frac{\sum_{(i,j) \in H} h(i,j)l(i+\alpha, j+\beta)}{\sqrt{\sum_{(i,j) \in H} h^2(i,j)} \sqrt{\sum_{(i,j) \in H} l^2(i+\alpha, j+\beta)}} \quad y = A \sin 6x \sum_a^b \frac{-i \pm \sqrt{i^2 - 4ci}}{2x} e^x \quad (1)$$

где $h(i, j)$ – эталонное изображение в точке (i, j) , $l(i, j)$ – изображение всего кадра.

Величина $F(\alpha, \beta)$ равна максимальному значению (единице), если эталонное изображение h объекта совпадает с наблюдаемым кадром l до постоянного неотрицательного множителя. Основными преимуществами данного подхода являются высокая точность в условиях известной модели цели, эффективность при наличии четких и стабильных изображений, а также возможность обработки в реальном времени. Однако корреляционные алгоритмы имеют ряд существенных ограничений, включая высокие вычислительные затраты, чувствительность к изменениям в условиях освещения и подверженность влиянию фоновых помех. Для преодоления этих недостатков применяются различные методы оптимизации, такие как использование адаптивной обработки, применение параллельных вычислений и комбинирование с другими методами анализа изображений. Данные алгоритмы широко используются в системах технического зрения, обработке данных дистанционного зондирования, системах безопасности и видеонаблюдения, а также в военных системах обнаружения целей.

Пороговые методы обнаружения воздушных целей и измерения угловых координат являются одними из базовых подходов в радиолокации. Суть этих методов заключается в сравнении принятого сигнала с заранее установленным пороговым значением. Если уровень принятого сигнала превышает пороговое значение, принимается решение об обнаружении цели [3, 4]. При этом точность измерения угловых координат зависит от отношения сигнал/шум и выбранного порогового уровня. Важным аспектом пороговых методов является выбор оптимального порогового значения. Слишком низкий порог приводит к увеличению вероятности ложных тревог, в то время как слишком высокий порог может привести к пропуску целей. Для повышения эффективности обнаружения используются адаптивные пороги, которые автоматически подстраиваются под изменяющуюся помеховую обстановку [5]. Измерение угловых координат при этом осуществляется путем определения положения максимума сигнала относительно диаграммы направленности антенны. Современные системы часто используют комбинацию пороговых методов с другими алгоритмами обработки сигналов для повышения точности и надежности обнаружения. Это позволяет компенсировать такие недостатки пороговых методов, как влияние флуктуаций сигнала, зависимость от условий распространения радиоволн и воздействие помех различного происхождения. Особое внимание уделяется разработке методов защиты от активных и пассивных помех, а также способам повышения точности измерения угловых координат в сложной целевой обстановке.

Морфологические методы обнаружения воздушных целей и измерения угловых координат основаны на анализе геометрической структуры и формы сигналов от целей в пространстве наблюдения. Эти методы используют математические операции морфологической обработки, такие как дилатация, эрозия, размыкание и замыкание, для выделения и анализа характерных особенностей сигналов [3, 1]. Основное преимущество морфологических методов заключается в их способности эффективно работать в условиях сложной помеховой обстановки и при наличии множественных целей. Процесс обработки сигналов с использованием морфологических методов включает несколько этапов. Сначала производится предварительная обработка входных данных для уменьшения шумов и помех. Затем применяются морфологические операторы для выделения потенциальных целей и их характерных признаков. На следующем этапе осуществляется анализ полученных структур для определения истинных целей и отсеивания ложных. Измерение угловых координат производится путем определения положения центров масс выделенных объектов и их геометрических характеристик. Современные реализации морфологических методов часто включают адаптивные алгоритмы, позволяющие автоматически подстраивать параметры обработки под изменяющиеся условия наблюдения. Это особенно важно при работе с динамическими целями и в условиях меняющейся фоновой обстановки. Несмотря на относительно высокую вычислительную сложность, морфологические методы обеспечивают высокую точность обнаружения и измерения координат, особенно в случаях, когда традиционные пороговые методы оказываются малоэффективными. Основными областями применения являются системы радиолокационного наблюдения, комплексы противовоздушной обороны и системы управления воздушным движением.

Методы машинного обучения и глубокого обучения применяются в современных подходах к обнаружению и сопровождению целей все чаще включают методы машинного обучения и глубокого обучения. Эти алгоритмы обучаются на больших объемах данных и способны адаптироваться к различным условиям. Используя сверточные нейронные сети (CNN), специалисты могут эффективно выделять характерные признаки объектов на изображениях, что позволяет точно определять их местоположение и размеры. Архитектуры, такие как YOLO и R-CNN, обеспечивают быстрый и надежный анализ, позволяя системам обнаруживать цели в реальном времени, даже в условиях сложной помеховой обстановки [8]. Используя сверточные нейронные сети (CNN), специалисты могут эффективно выделять характерные признаки объектов на изображениях, что позволяет точно определять их местоположение и размеры. Архитектуры, такие как YOLO и R-CNN, обеспечивают быстрый и надежный анализ, позволяя системам обнаруживать цели в реальном времени, даже в условиях сложной помеховой обстановки. Однако обнаружение — это только начало. Следующим важным этапом является измерение угловых

координат, что требует точной калибровки оптических систем и учета искажений. Современные методы трекинга, такие как DeepSORT, позволяют не только отслеживать движение целей, но и прогнозировать их траектории, что критически важно для принятия оперативных решений. В результате, благодаря интеграции машинного обучения и нейронных сетей, системы наблюдения становятся более адаптивными и эффективными, открывая новые горизонты в области безопасности и управления воздушным пространством.

Каждый из перечисленных типов алгоритмов имеет свои особенности, преимущества и недостатки. Выбор конкретного алгоритма зависит от условий применения, требований к точности и быстродействию, а также от доступных вычислительных ресурсов. В современных оптико-электронных системах все чаще используется комбинация различных алгоритмов для достижения максимальной эффективности в обнаружении и сопровождении воздушных целей.

Заключение

В результате проведенного исследования были рассмотрены и проанализированы современные подходы к решению задачи обнаружения и измерения угловых координат воздушных целей в оптико-электронных системах. Показано, что применение алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей позволяет существенно повысить эффективность работы систем наблюдения за воздушными объектами. Дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование методов обработки данных в реальном времени, повышение точности измерений и расширение функциональных возможностей системы за счет интеграции с другими типами датчиков.

Список использованных источников

1. Системы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б. А. Алпатов [и др.]. – М. : Радиотехника, 2008. – 176 с.
2. Баклицкий, В. К. Методы фильтрации сигналов в корреляционно-экстремальных системах навигации / В. К. Баклицкий, А. М. Бочкарев, М. П. Мусьяков ; под ред. В. К. Баклицкого. – М. : Радио и связь, 1986. – 216 с.
3. Артемьев, В. М. Обнаружение объектов конечных размеров на изображениях в условиях неопределенности / В. М. Артемьев, А. О. Наумов, Л. Л. Кохан // Информатика. – 2010. – № 4. – С. 5–15.
4. Артемьев, В. М. Обработка изображений в пассивных обзорно-поисковых оптико-электронных системах / В. М. Артемьев, А. О. Наумов, Л. Л. Кохан. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 116 с.
5. Гуцев, Р.А. Обнаружение слабоконтрастных сигналов воздушных целей на изображениях в оптико-локационных системах телевизионного типа: дис. канд. техн. наук: 20.02.14 / Р.А. Гуцев. – Минск., 2011. – 159 л.
6. Клетте, Р. Компьютерное зрение: теория и алгоритмы / Р. Клетте ; пер. с англ. А. А. Слинкин. – М. : ДМК Пресс, 2019. – 506 с.
7. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс ; пер. с англ. под ред. П. А. Чочиа. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
8. Верхов, К.А. Методы и алгоритмы обнаружения объектов на изображении с использованием машинного обучения: дис. магистр: 26.04.22 / К.А. Верхов. – Минск., 2022. – 65 л.