

УДК 621.396.96

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

Тэт Найнэ Вин, магистрант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Дубовик И. А. – канд. техн. наук, доцент

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.

Ключевые слова. оптико-электронные системы, измерение, обнаружение, воздушная цель.

Введение.

В условиях развития современной авиационной техники и увеличения интенсивности воздушного движения задача эффективного обнаружения и точного определения координат воздушных целей становится особенно актуальной. Ключевую роль в решении этой задачи играют оптико-электронные системы (ОЭС), обеспечивающие 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 сложных фоновых обстановках. Развитие современных авиационных средств поражения, характеризующихся высокой маневренностью и малой заметностью, требует новых подходов к обработке информации в ОЭС. Существующие методы обнаружения и измерения координат зачастую не обеспечивают требуемой эффективности в условиях различных видов помех, сложного фона и неблагоприятных метеорологических условий. Это обуславливает необходимость разработки и исследования новых алгоритмических решений, повышающих вероятность правильного обнаружения целей и снижающих уровень ложных тревог.

В статье представлено комплексное решение, объединяющее два технических подхода: высокоточное отслеживание объектов с использованием алгоритма CSRT (Channel and Spatial Reliability Tracker) [1], реализованного на Raspberry Pi с OpenCV, и точное измерение координат с использованием фильтров Калмана и альфа-бета, реализованных в MATLAB. Платформа Raspberry Pi предлагает оптимальный баланс между вычислительной мощностью и энергоэффективностью для полевых оптоэлектронных систем, в то время как алгоритм CSRT обеспечивает превосходную производительность отслеживания в сложных условиях с окклюзиями и сложным фоном. Подсистема измерения координат реализует и сравнивает два подхода к фильтрации — фильтр Калмана для оптимальной оценки и вычислительно эффективный фильтр альфа-бета — для определения наиболее подходящего решения для различных рабочих сценариев.

Основная часть.

Алгоритмы сопровождения и измерения координат воздушных целей можно классифицировать по различным признакам. Алгоритм извлечения контура изображения, алгоритмы извлечения специальной маски изображения, алгоритм корреляции для поиска изображений с использованием метода шаблона, измерение координат с использованием фильтра Калмана, измерение координат с использованием фильтра альфа-бета и метода CSRT (Channel and Spatial Reliability Tracker).

Извлечение контура изображения — фундаментальная техника в компьютерном зрении, которая определяет и представляет границы объектов на изображении [2, 3]. Она служит критическим этапом предварительной обработки для обнаружения, отслеживания и анализа формы объектов (рисунок 1).



Рисунок 1 — Извлечение краев изображения с помощью различных операторов:
а — Собеля, б — Лапласа, в — Кэнни, г — Превитта

Алгоритмы выделения особых точек изображений – алгоритмы на основе признаков, такие как SIFT – масштабно-инвариантного преобразования признаков (рисунок 2) [4], SURF – ускорения надежных функций (рисунок 3) [5] и ORB – ориентированный FAST и повернутый BRIEF (рисунок 4) [6], предоставляют надежные методы извлечения отличительных областей изображения (ключевых точек), которые могут служить специализированными масками для отслеживания и распознавания объектов.

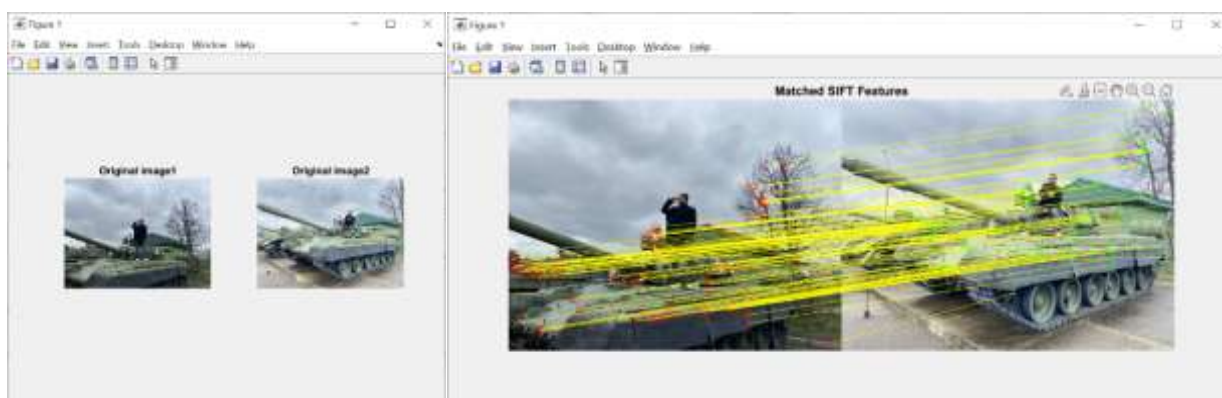


Рисунок 2 – Алгоритмы извлечения специальных масок из изображений с использованием SIFT

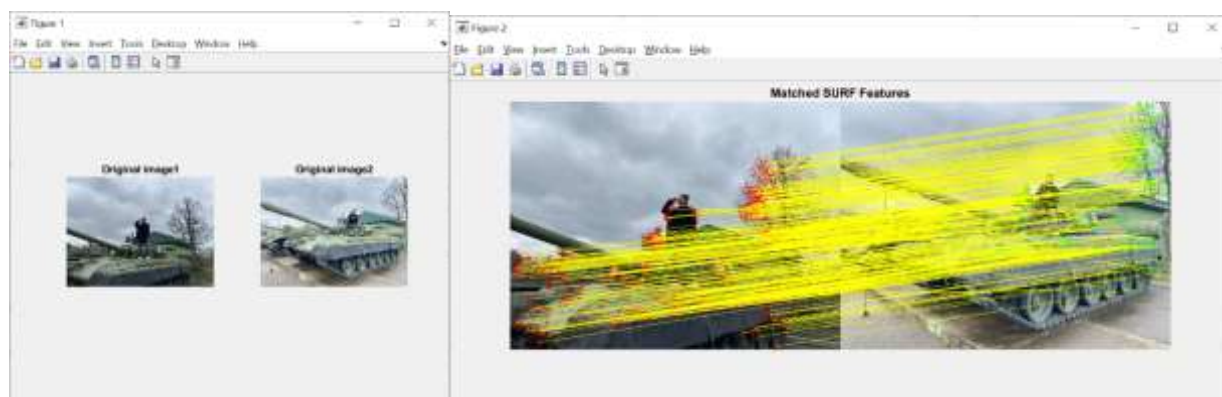


Рисунок 3 – Алгоритмы извлечения специальных масок из изображений с использованием SURF

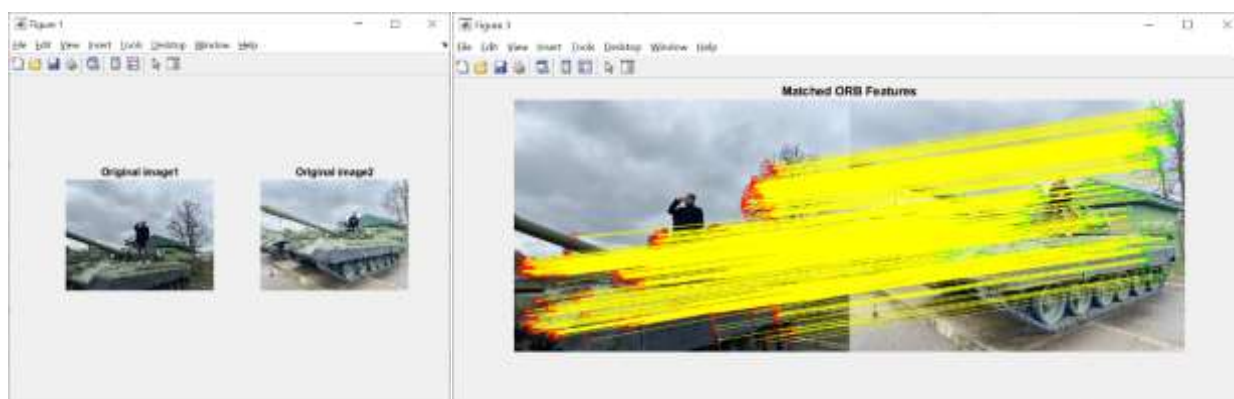


Рисунок 4 – Алгоритмы извлечения специальных масок из изображений с использованием ORB

Алгоритм корреляции для поиска изображений методом шаблона – сопоставление шаблонов является фундаментальной техникой в компьютерном зрении для нахождения предопределенного изображения шаблона в более крупном целевом изображении [7]. Подходы на основе корреляции измеряют сходство между областями шаблона и изображения для выявления совпадений, что делает их ценными для отслеживания объектов, промышленного контроля и оптоэлектронного распознавания целей (рисунок 5).

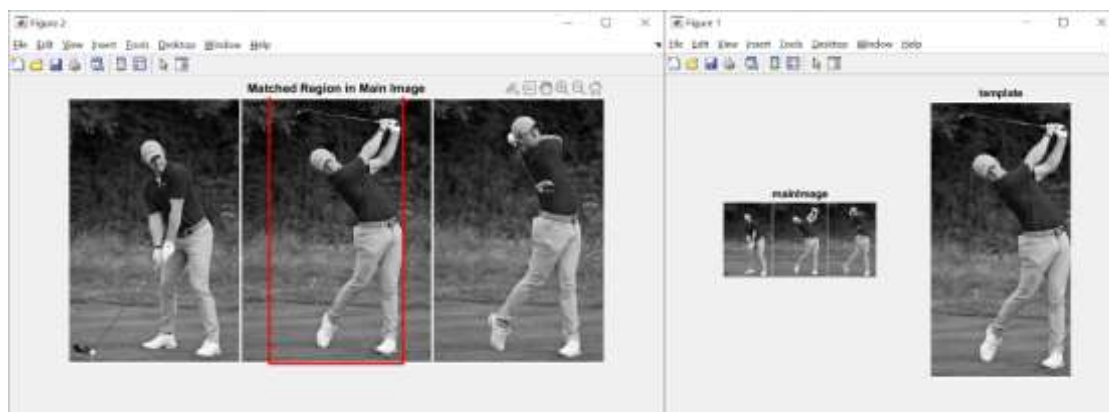


Рисунок 5 – Корреляционный алгоритм поиска изображений шаблоном методом

Способы измерения угловых координат объектов на изображении. Точное измерение угловых координат имеет решающее значение для приложений отслеживания объектов в аэрокосмической, оборонной и робототехнической областях. В этом разделе представлены передовые подходы к фильтрации — фильтр Калмана (рисунок 6) [8] и фильтр Альфа-Бета (рисунок 7) [9] — для точной оценки угловых координат из зашумленных измерений изображения, с особым акцентом на реализацию во встроенных системах машинного зрения.

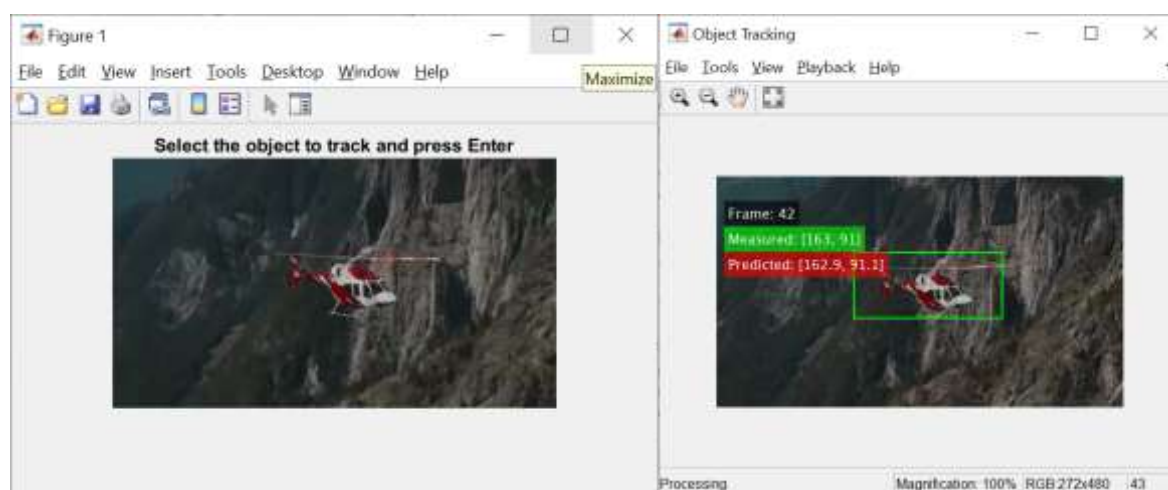


Рисунок 6 – Измерение координат вертолета по видео с использованием фильтра Калмана

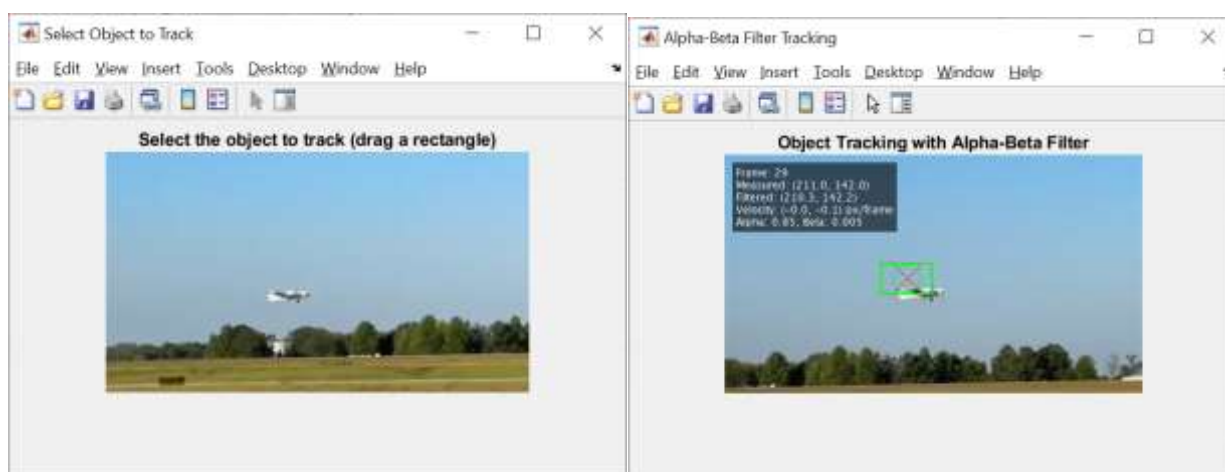


Рисунок 7 – Измерение координат вертолета по видео с использованием фильтра Альфа-Бета

Отслеживание объектов и измерение координат с помощью Raspberry Pi - Реализованная система отслеживания на основе CSRT демонстрирует надежную производительность в реальном времени на оборудовании Raspberry Pi, достигая достаточной частоты кадров для многих практических приложений (рисунок 8). Интеграция с алгоритмами измерения координат и фильтрации обеспечивает комплексное решение для оценки углового положения в оптоэлектронных системах.



Рисунок 8 – Отслеживание объектов с помощью CSRT и измерение координат в Raspberry Pi

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. Lukežić, A., Vojir, T., Cehovin Zajc, L., Matas, J., Kristan, M. Discriminative Correlation Filter with Channel and Spatial Reliability // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 2018. – Т. 40. – № 4. – С. 951–965.
2. Canny, J. A Computational Approach to Edge Detection // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 1986. – Т. 8. – № 6. – С. 679–698.
3. Sobel, I., Feldman, G. A 3x3 Isotropic Gradient Operator for Image Processing // *Pattern Classification and Scene Analysis*. – Wiley, 1973. – С. 271–272.
4. Lowe, D.G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints // *International Journal of Computer Vision*. – 2004. – Т. 60. – № 2. – С. 91–110.
5. Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., Van Gool, L. SURF: Speeded Up Robust Features // *Computer Vision and Image Understanding*. – 2008. – Т. 110. – № 3. – С. 346–359.
6. Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., Bradski, G. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF // *IEEE International Conference on Computer Vision*. – 2011. – С. 2564–2571.
7. Lewis, J.P. Fast Template Matching // *Vision Interface*. – 1995. – С. 120–123.
8. Kalman, R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems // *Journal of Basic Engineering*. – 1960. – Т. 82. – № 1. – С. 35–45.
9. Tenne, D., Singh, T. The higher order unscented filter // *Proceedings of the American Control Conference*. – 2003. – Т. 3. – С. 2441–2446.

UDC 621.396.96

APPLICATION OF ALGORITHMS FOR DETECTION AND MEASUREMENT OF ANGULAR COORDINATES OF AIRBORNE TARGETS IN OPTOELECTRONIC SYSTEMS

Thet Naing Win, master's student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Dubovik I. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. 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 environments have been analyzed.

Keywords. optoelectronic systems, measurement, detection, air target.