

АНАЛИЗ РАБОТЫ АЛГОРИТМОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ТРАЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

К. Ю. Дергачев, Л. А. Краснов, И. А. Пявка

Национальный аэрокосмический университет – «ХАИ»

Аннотация. Приведены результаты анализа корреляционно-экстремальных алгоритмов и алгоритмов выделения объектов по цветовым признакам для решения задач траекторных измерений средствами технического зрения. Исследованы показатели помехоустойчивости и быстродействия. Предложены методы оптимизации структуры этих алгоритмов для работы в сложной помеховой обстановке.

Ключевые слова: алгоритмы технического зрения, помехоустойчивость, быстродействие, определение параметров траектории.

Введение

В последнее время наблюдается существенный рост количества и сфер применения беспилотных летательных аппаратов и разнообразных транспортных роботов. Значительно увеличивается транспортная нагрузка на городскую инфраструктуру. Это требует создания эффективных интеллектуальных транспортных систем. Заметную роль в структуре этих систем играют средства оптического мониторинга движения и ориентированные на оценку траекторных параметров наблюдаемых движущихся объектов.

Исследования показывают, что создание современных конкурентоспособных систем технического зрения для проведения прецизионных траекторных измерений возможно только при использовании простых и надежных алгоритмов, ориентированных на использование достаточно качественных и дешевых видеорегистраторов и аппаратно-программных средств оптимальных по показателям цены, функциональности и быстродействию при решении рассматриваемого класса задач. На практике для создания таких проектов сейчас обычно ориентируются на использование одноплатных компьютеров Raspberry Pi 3 и языка программирования Python с библиотекой обработки изображений OpenCV (Open Source Computer Vision Library). Это дает возможность решить поставленные задачи определения местоположения с необходимой точностью в реальном времени.

1. Постановка задачи исследования

Целью данной работы является исследование помехоустойчивости и быстродействия алгоритмов траекторных измерений, основанных на

© Дергачев К. Ю., Краснов Л. А.,
Пявка И. А. 2018

использовании различных методов определения размещения объекта наблюдения в кадре. Задача траекторных измерений сводится к определению размещения объекта на последовательности кадров, а также его смещений на соседних кадрах видеопоследовательности. Проблема оценки движения может быть решена методом сопоставления блоков, путем анализа оптического потока (по Лукасу-Канаде), с использованием корреляционно-экстремальных алгоритмов и алгоритмов выделения объектов по цветовым признакам [1 – 6]. Преимущество двух последних методов определяется основными эксплуатационными характеристиками – простотой программной реализации алгоритмов и их высоким быстродействием. Поэтому в статье будут исследоваться свойства только этих двух методов.

Необходимо оценить устойчивость работы алгоритмов, как в лабораторных условиях по тестовым записям при незначительных изменениях освещенности сцены, так и при использовании и размещении видеорегистраторов для работы в естественных условиях. Это приводит к существенному изменению освещенности в зависимости от времени суток, состояния атмосферы, осадков, тумана, влажности и порождает ухудшение качества обнаружения объекта, создаёт помехи, приводящие к ошибочным результатам распознавания движения с недопустимым уровнем аномальных ошибок при оценке траекторных параметров.

В качестве исходных для анализа будем использовать данные видеонаблюдения с неподвижной камеры во фронтальной плоскости. Возмущающие воздействия опишем гауссовыми и импульсными помехами различной интенсивности. Эффективность работы будем определять показателями быстродействия и помехоустойчивости (статистическими характеристиками по-

грешностей оценки траекторных параметров – дальности и угловых координат объекта, возникающих в результате действия помех. Также определим шумовые пороги устойчивой работы и сформулируем предложения по оптимизации структуры алгоритмов и их программной реализации.

2. Методы и средства построения алгоритмов траекторных измерений

Рассмотрим подробнее методы построения и структуру алгоритмов технического зрения траекторных измерений. Эти алгоритмы целесообразно использовать на мобильных аппаратных платформах (например, процессоре Raspberry Pi). Для этого в качестве языка программирования используем язык Python, а формирование нужных возможностей программирования будем обеспечивать за счет подключения внешней библиотеки OpenCV. Имортируемые ресурсы для решения наших задач невелики: `import sys, import cv2, import numpy as np, import math`. Такой набор средств программирования не оказывает существенной нагрузки на процессор Raspberry Pi и создает хорошие предпосылки для обработки данных в реальном времени. Для увеличения быстродействия при обработке видео все основные процедуры обычно реализуются с помощью стандартных функций OpenCV, оптимизированных разработчиками еще на этапе их создания. Программные коды функций и команд, используемых в исследуемых алгоритмах, в тексте будем представлять, как это принято, с помощью шрифта Courier New.

2.1. Корреляционно-экстремальные алгоритмы

Отметим, что для надежной работы этих алгоритмов необходимо обеспечить существенное превышение в кадре яркости наблюдаемого объекта по отношению к яркости фона [1, 2]. Обычно RGB-изображение кадра конвертируется в формат полутонового, либо предварительно выделяется нужная цветовая компонента кадра, наилучшим образом соответствующая цвету наблюдаемого объекта. Затем по положению максимума функции взаимной корреляции этой компоненты с шаблоном, размеры которого сопоставимы с размерами объекта, осуществляется его пространственная локализация в кадре. Взаимная корреляционная функция этих двух изображений $K(n,m)$ вычисляется по формуле:

$$K(n,m) = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M [A(i,j)B(i,j)],$$

где $A(i,j)$ и $B(i,j)$ – двумерные массивы чисел, определяющие яркость пикселей изображения кадра размером $N \times M$ и шаблона размером $p \times p$ точек; n,m – координаты пикселя, для которого вычисляется значение корреляционной функции. Обычно эта процедура выполняется с помощью стандартной функции

$$k = \text{xcorr2}(a,b),$$

которая вычисляет двумерную взаимно корреляционную функцию двух изображений по выборкам, заданным в матрицах a и b . Для точной локализации положения объекта в кадре далее необходимо нормировать функцию взаимной корреляции на единицу и провести её бинаризацию с высоким порогом отсека по яркости. Для определения положения объекта с точностью до пикселя значение порога обычно устанавливают очень высоким (например, 0,999).

Далее необходимо определить координаты точки максимума корреляционной функции в системе координат кадра видео. Поскольку начало координат кадра соответствует левому верхнему углу снимка, нужно методом параллельного переноса перейти к центральной прямоугольной системе координат с началом в точке, координаты которой равны половине размера кадра. Такой переход, обеспечивающий удобство расчета, отображения параметров траектории и вычисления нужных показателей (дальности, угловых координат и скорости), затруднений не вызывает.

На рис. 1 приведена структурная схема корреляционно-экстремального алгоритма определения дальности и угловой координаты относительно центра кадра. Он обеспечивает достаточную точность оценки информационных параметров, но имеет и существенные недостатки. Главный из них – это низкое быстродействие, обусловленное самой сущностью метода. Вычисление взаимно-корреляционной функции для каждого пикселя существенно замедляет процедуру обработки данных и лишает возможности обрабатывать видеопоследовательность в реальном масштабе времени. Второй существенный недостаток метода определяется высокой чувствительностью алгоритма к внезапным изменениям условий освещения сцены или появлению в кадре объекта более яркого, чем объект наблюдения. Это приводит к появлению аномальных ошибок, как и в случае временного исчезновения объекта из поля зрения камеры за препятствием.



Рис. 1. Структура корреляционно-экстремального алгоритма

Количественная оценка показателя помехоустойчивости и быстродействия этих алгоритмов будет приведена далее.

2.2. Алгоритмы выделения и сопровождения объектов по цветовым признакам

Этот класс алгоритмов для обнаружения и локализации в кадре использует цветовые характеристики наблюдаемых объектов [3-5]. Обычно сигналы видеорегистратора являются последовательностью изображений, представленных в модели *RGB*, использование которой малопродуктивно, так как поиск областей нужного цвета предполагает анализ всех трех составляющих *R*, *G* и *B*. Для поиска на изображениях объектов по цвету и яркости, как правило, применяется цветовая модель *HSV*, где *Hue*, *Saturation* и *Value* – параметры, определяющие цветовой тон, насыщенность и яркость. Поэтому наиболее важной процедурой после ввода видеоданных является преобразование цветового пространства *RGB* в пространство *HSV* с помощью функции *OpenCV*:

```
hsv=cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_BGR2HSV)
```

Существенное влияние на качество обнаружения оказывает выбор компонент, соответствующих цвету наблюдаемого объекта при различных условиях освещения сцены. Любая точка на шкале *H* определяет двухмерную область с разными значениями *S* и *V*. Но для выбранного значения *H* целевая область в этом двухмерном пространстве надежнее определяется условием: $V > V_{min}$ и $S > S_{min}$, где V_{min} , S_{min} – некоторые константы. Поэтому принято выбирать целевой диапазон на шкале *H*, указывая два значения – H_{min} и H_{max} [3 – 5]. Так, например, диапазон значений параметров *HSV* для выделения синего цвета обычно лежит в пределах

```
low_range = np.array([100,100,100])
up_range = np.array([140,255,255]),
```

а диапазон для красного цвета

```
lower_range = np.array([0,50,100])
up_range = np.array([10,255,255]).
```

Процедуру выбора рабочего диапазона параметров пространства *HSV* для наблюдаемого объекта лучше осуществлять интерактивно в зависимости от текущих условий освещения и цвета самого объекта. Такой подход реализован в рассматриваемом далее алгоритме с помощью элементов настройки (движков) интерфейса (рис. 2). У такого подхода есть и существенный недостаток – надежно выделяются только яркие цветовые компоненты из-за ограничений на основе значений V_{min} и S_{min} . Практически невозможно выделить области для темных цветов (например, коричневого), а также для градаций в оттенках серого. Поэтому для успешного поиска и слежения за объектами на основе цветовых характеристик желательно, чтобы наблюдаемый объект имел маркеры ярких насыщенных цветов (красного, синего или зеленого).

После выбора диапазона нужных цветовых компонент (например, синего цвета) обычно производится фильтрация (настройка цветовой маски) с помощью пороговой функции

```
mask_blue = cv2.inRange(hsv,
low_range,up_range)
```

После цветовой фильтрации изображение кадра представляется в оттенках серого цвета (диапазон значений яркости пикселей от 0 до 255). Такая процедура позволяет надежно детектировать объект по его цвету, однако не позволяет полностью подавить помехи фона, содержащие похожие цветовые компоненты. Эту труд-

ность можно легко преодолеть путем бинаризации с отсечением по порогу яркости отфильтрованного по цвету изображения. Для этого использовалась функция

```
mask_blue=cv2.threshold(mask_blue,
p, 255, cv2.THRESH_BINARY) [1].
```

Следует обратить внимание на выбор порога отсечения по яркости p в этой функции. Он зависит от уровня помех, и его желательно устанавливать интерактивно.

Следующим важным шагом при построении алгоритма траекторных измерений является определение координат объекта наблюдения в текущем кадре. При работе с бинарными изображениями наиболее продуктивным способом этого решения является вычисление моментных инвариантов такого изображения [8, 9], которые позволяют определить координаты с высокой степенью точности.

Моменты изображения вычисляются с помощью функции

```
moments = cv2.moments(thresh, 1).
```

Функция `moments` возвращает массив моментов вплоть до третьего порядка. Однако для вычисления координат центра объекта требуются только моменты первого порядка $m01$ и $m10$, а также момент нулевого порядка $m00$. Они определяются следующим образом:

```
dM01 = moments['m01']
dM10 = moments['m10']
dArea = moments['m00'].
```

Напомним, что момент $m00$ – это количество всех единичных пикселей принадлежащих выделенному объекту, а моменты $m01$ и $m10$ – суммы X и Y координат этих пикселей. Понятно, что для определения координат центра наблюдаемого объекта необходимо выполнить нормировку этих моментов на момент нулевого порядка. При проведении этой процедуры целесообразно выполнить дополнительную пороговую операцию, позволяющую отфильтровать ложные объекты, вероятность появления которых при работе цветового фильтра не исключается. В этом случае при наличии априорной информации о размерах наблюдаемого объекта можно по условию `if dArea > N`, где N – количество единичных пикселей момента $m00$, устранить ложные объекты. В приведенном далее примере программа будет реагировать только на моменты, содержащие больше N пикселей

```
if dArea > N:
    x = int(dM10/dArea)
    y = int(dM01/dArea).
```

В этом случае будут устранены случайные вспышки синего цвета, имеющие малую площадь засветки в кадре (меньшую площади наблюдаемого объекта).

Отметим, что функция `moment` не способна определять количество объектов в кадре. Поэтому, если в кадре окажется, например, два независимых объекта, то они интерпретируются как один общий. Следовательно, и координаты центра будут определены между ними. А это приведет к грубым аномальным ошибкам при вычислении траекторных параметров. В таких случаях необходимо прибегать к более точным методам обработки информации, например, к оценке формы объекта или другим процедурам морфологического анализа. Однако, это не принципиальный аспект решаемой задачи. Он выходит за рамки нашего рассмотрения и в данной работе обсуждаться не будет.

На рис. 2 приведена структурная схема алгоритма выделения и сопровождения объектов по цветовым характеристикам, реализующего изложенные выше процедуры.

Отметим, что точность оценки траекторных параметров для корреляционных и «цветовых» алгоритмов полностью совпадает. Однако последние обладают значительно большим быстродействием. В то же время, следует учитывать изменения цветовых оттенков наблюдаемых объектов при различных условиях освещения сцены.

3. Результаты экспериментальных исследований

В этой работе исследовалась устойчивость работы алгоритмов к действию различных шумов. Наличие шума приводит к существенному снижению яркости объекта наблюдения по отношению к яркости фона. Это ухудшает точность оценки положения объекта в кадре и, в конечном счете, негативно влияет на точность оценки параметров траектории.

Рассмотрим влияние на исходное изображение кадров видео шумов различного вида и интенсивности (гауссовых и импульсных). На рис. 3 приведен пример кадра, в котором положение объекта (в нашем случае движущегося шара синего цвета) замаскировано гауссовым шумом высокой интенсивности, а также примеры зашумленной и незашумленной траектории.

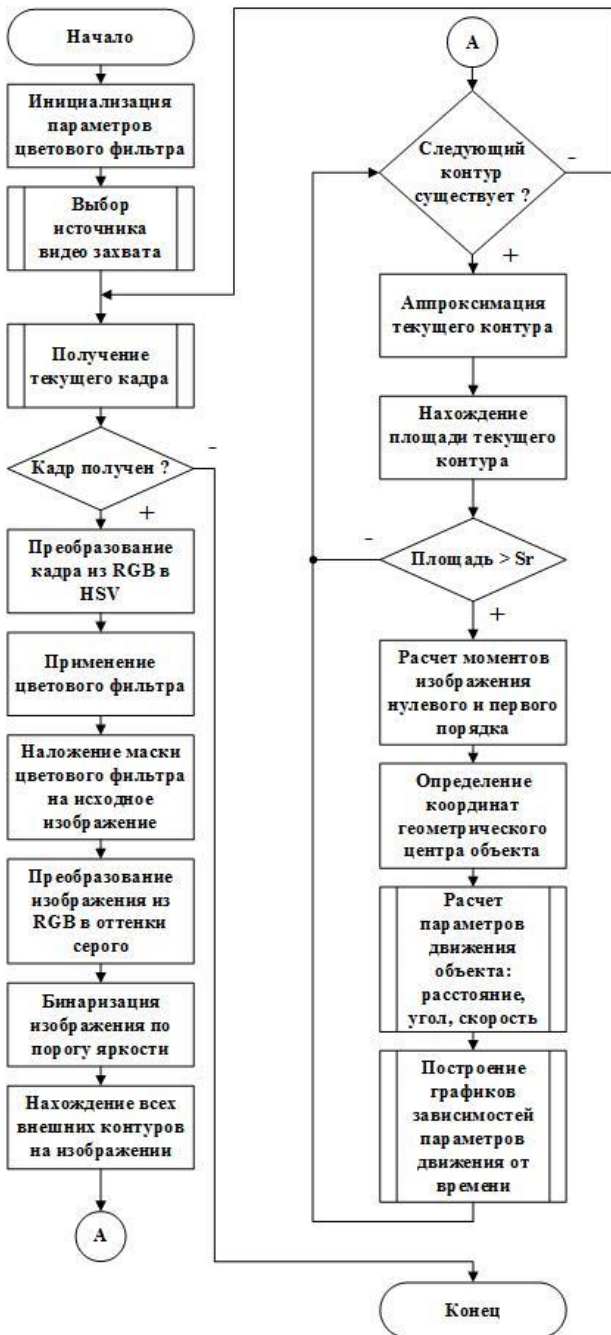
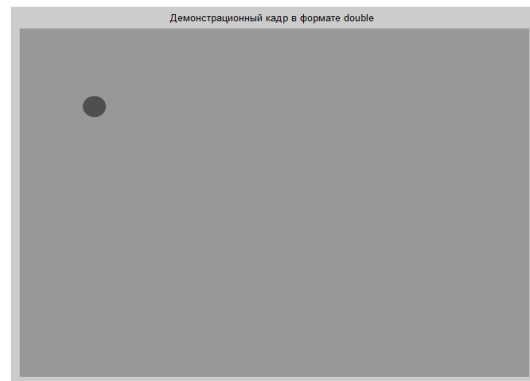
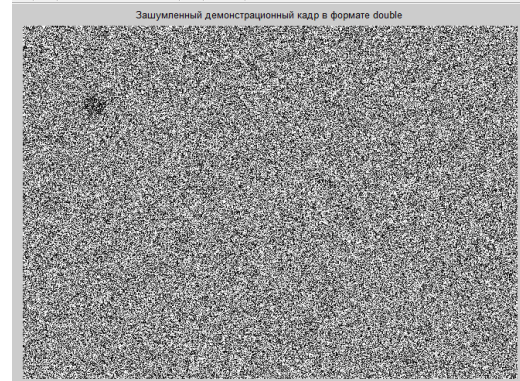


Рис.2. Структура алгоритма цветовой фильтрации

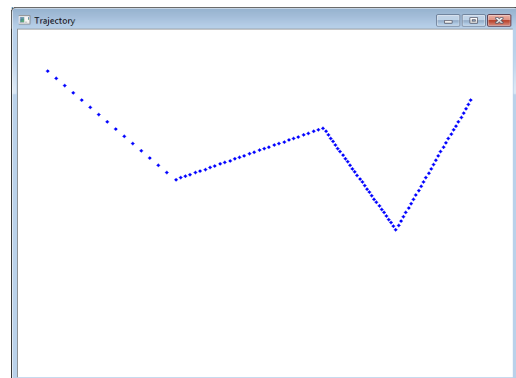
Определялась степень влияния различных помех на качество оценки траекторных параметров и выявлялись пороги устойчивой работы алгоритмов в зависимости от плотности действующих шумов. Характерные показатели ухудшения качества оценки траекторных параметров под действием гауссовых и импульсных шумов различной интенсивности при использовании корреляционно-экстремальных алгоритмов приведены на рис. 4.



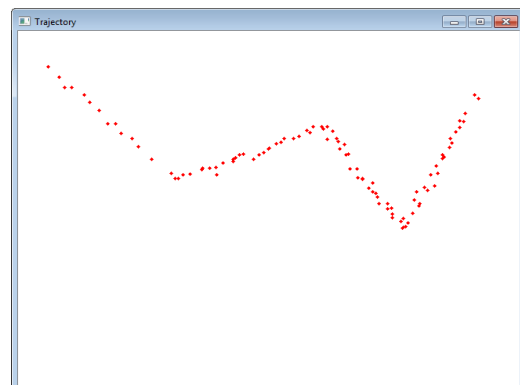
а



б



в



г

Рис.3. Примеры работы алгоритма цветовой фильтрации для незашумленного и зашумленного кадра

В качестве критерия оценки влияния помех на качество определения информационных параметров использовалась величина среднеквадратической ошибки MSE (mean square error).

Однако для наглядности представления результатов применён показатель среднеквадратического отклонения рассчитываемых параметров $SKO = \sqrt{MSE}$, отражающий степень разброса оценок в пикселях. При привязке кадра к реальным координатам достаточно умножить значение SKO на масштабирующий коэффициент, зависящий от условий проведения съёмки.

Анализ показал, что наиболее чувствительной к действию шума является оценка параметра дальности объекта, а устойчивая работа алгоритма лежит в диапазоне дисперсий внешнего шума $q = 0 - 0,45$. Дальнейшее повышение уровня шумов приводит к возникновению аномальных ошибок и дисперсия оценок траекторных параметров существенно возрастает. Однако применение обычной процедуры низкочастотной фильтрации зашумленных кадров видео увеличивает порог устойчивой работы до $p = 0,55$.

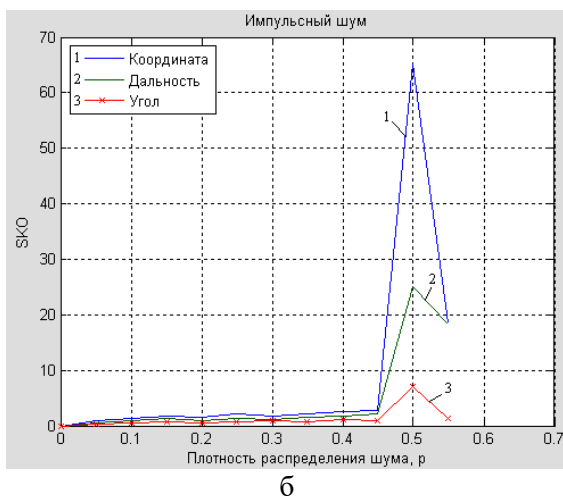
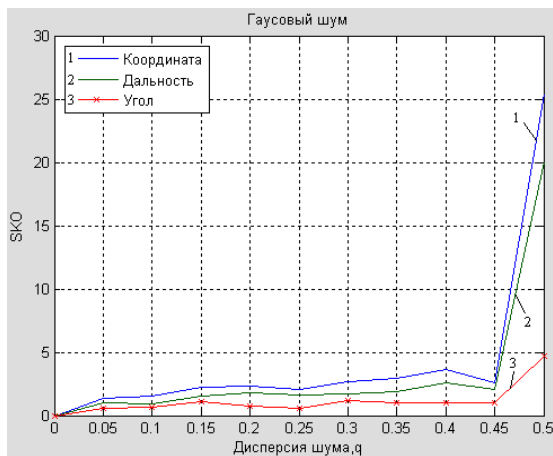


Рис. 4. Оценка траекторных параметров при использовании корреляционно-экстремальных алгоритмов

Аналогичные результаты получены и при анализе действия импульсных шумов с различной плотностью распределения (рис. 4б). В этом случае применение процедуры медианной фильтрации кадров позволяет обеспечить увеличение порога устойчивой работы алгоритма до значений плотности шумов $p = 0,6$.

На рис. 5 представлена зависимость среднеквадратического отклонения от плотности распределения шума при использовании алгоритмов траекторных измерений на основе цветовой фильтрации в условиях а) - импульсных и б) - гауссовых шумов. Результаты показывают значительное снижение значения среднеквадратического отклонения для значений координат и измерения дальности.

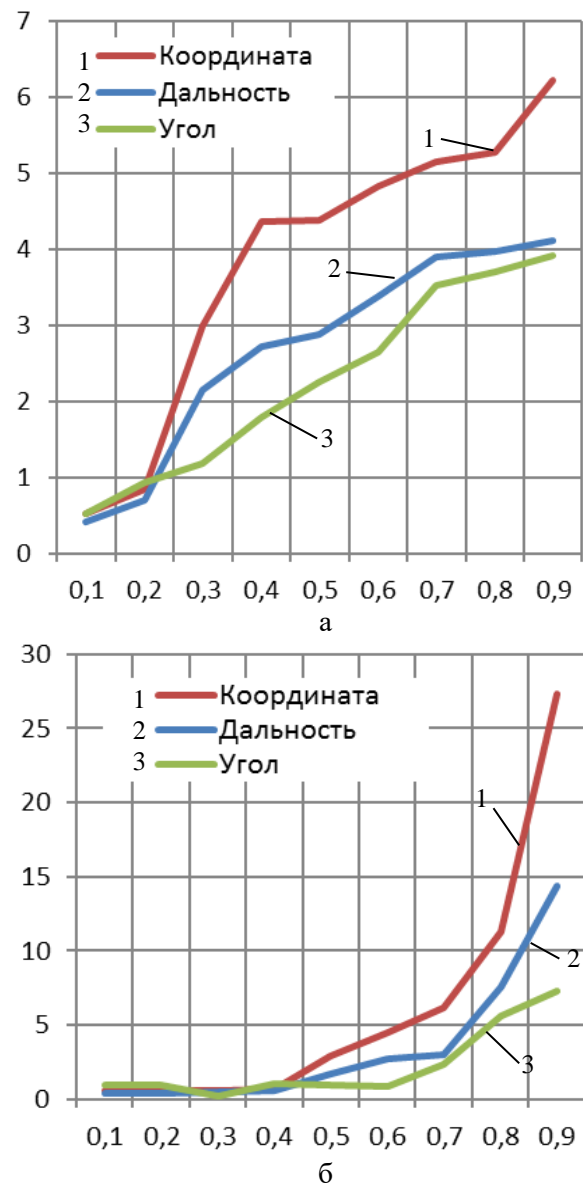


Рис.5. Оценка траекторных параметров при использовании алгоритма цветовой фильтрации

Приведенные результаты на рис.5 свидетельствуют, что при использовании процедуры цветовой фильтрации и сопровождения объектов по цветовым признакам порог устойчивости работы алгоритмов увеличивается до значения $p = 0,95$.

Заключение

В работе выполнен анализ помехоустойчивости и быстродействия различных алгоритмов траекторных измерений, используемых как средство технического зрения при оценке параметров движения роботов и беспилотных летательных аппаратов. Направлением дальнейшего исследования является практическое применение этих алгоритмов на базе микрокомпьютеров Raspberry Pi.

Список использованной литературы

1. Определение координат и параметров движения объекта на основе обработки изображений [Текст] / Л. А. Мартынова, А. В. Корякин, К. В. Ланцов, В. В. Ланцов // Компьютерная оптика. – Самара, 2012. – Т. 36, № 2. – С. 266–273.
2. Lucas, B. An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision [Text] / B. Lucas, T. Kanade // 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI): materials of the international seminar, 24–28 august, 1981. – Vancouver, 1981. – P. 123–129.
3. Wolfgang von Goethe, J. (1840), Goethe's Theory of Colours. Translated with notes by C. L. Eastlake, R.A. F.R.S. London, United Kingdom: John Murray. [Electronic Resource]. – Access Mode: <https://archive.org/details/goestheoryco01goetgoog>, accessed June 4, 2016.
4. Mojsilovic, A. A computational model for color naming and describing color composition of images [Text] // IEEE Transactions on Image Processing. – 2005. – Vol. 14. – pp. 690–699.
5. Barba-Guaman, L., Calderon-Cordova C., Quezada-Sarmiento P. A. Detection of moving objects through color thresholding [Detección de objetos en movimiento a través de la umbralización del color] [Text] // Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, 2017, article № 7975755.
6. Severgnini, F. M. Q., M. L. Oliveira M. L., Mendes V. M. S., Peixoto Z. M. A. Object Tracking by Color and Active Contour Models Segmentation [Text] // IEEE Latin America Transactions, 2016. – № 14 (3). – pp. 1488–1493.
7. Gao, X., Yeh, H.-G., Marayong, P. A. A high-speed color-based object detection algorithm for quayside crane operator assistance system [Text]

// 11th Annual IEEE International Systems Conference, SysCon 2017 – Proceedings.

8. Glumov, N. I. Construction and using of moment invariants for image processing in sliding window [Text] // Computer optics, 1995, no. 14, pp. 46–54.

9. Sabelnikov, P. Y. A comparison of objects contour with partially misrepresented shape [Text] // Journal of Qafqaz University. Mathematics and Computer Science, Baku, 2012, no. 34, pp. 47–58.

10. Краснов, Л. А., Лямцев, С. Э. Исследование помехоустойчивости алгоритмов траекторных измерений по видеоданным [Текст] // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2016. – № 4 (78). – С. 113–117.

11. Дергачёв, К. Ю., Краснов, Л. А., Пявка, Е. В. Алгоритмы обнаружения объектов и оценки параметров их движения в системах технического зрения [Текст] // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2017. – № 4 (84). – С. 28–39.

References

1. Martynova, L. A., Koryakin, A. V., Martynova, L. A., Lantsov, K. V., Lantsov, V. V. (2012). Determination of coordinates and parameters of movement of an object on the basis of image processing [Opredelenie koordinat i parametrov dvizheniya obiekta na osnove obrabotki izobrazheniy]. *Computer optics*, 36 (2), pp. 266–273.
2. Lucas, B., Kanade, T. (1981). An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision. *7th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI): materials of the international seminar*, pp. 123–129.
3. Wolfgang von Goethe, J. (1840). Goethe's Theory of Colours. Translated with notes by C. L. Eastlake, R.A. F.R.S. London, United Kingdom: John Murray. [online]. – Available at: <https://archive.org/details/goestheoryco01goetgoog> [Accessed 4 June. 2016].
4. Mojsilovic, A. (2005). A computational model for color naming and describing color composition of images. *IEEE Transactions on Image Processing*, 14, pp. 690–699.
5. Barba-Guaman, L., Calderon-Cordova C., Quezada-Sarmiento P. A. (2017). Detection of moving objects through color thresholding [Detección de objetos en movimiento a través de la umbralización del color]. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*, article № 7975755.
6. Severgnini, F. M. Q., M. L. Oliveira M. L., Mendes V. M. S., Peixoto Z. M. A. (2016). Object Tracking by Color and Active Contour Models Segmentation. *IEEE Latin America Transactions*, 14 (3), pp. 1488–1493.

7. Gao, X., Yeh, H.-G., Marayong, P. A. (2017). A high-speed color-based object detection algorithm for quayside crane operator assistance system. *11th Annual IEEE International Systems Conference, SysCon, proceedings*.
8. Glumov, N. I. (1995). Construction and using of moment invariants for image processing in sliding window. *Computer optics*, 14, pp. 46–54.
9. Sabelnikov, P. Y. (2012). A comparison of objects contour with partially misrepresented shap. *Journal of Qafqaz University. Mathematics and Computer Science*, 34, pp. 47–58.
10. Krasnov, L. A., Liantsev, S. E. (2016). Research of antijammingness of algorithms of the trajectory measuring on viewdatas [Issledovaniye pomekhoustoychivosti algoritmov traektornykh izmereniy po videodannym]. *Radioelectronic and computer systems*, 4 (78), pp. 113–117.
11. Dergachov, K. Y., Krasnov, L. A., Piavka, E. V. (2017) Algorithms of finding out objects and estimation of parameters of their motion in the systems of technical sight [Algoritmy obnaruzheniye obyektov i otsenki i parametrov ikh dvigeniya v sistemakh tekhnicheskogo zreniya]. *Radioelectronic and computer systems*, 4 (84), pp. 28–39.

ANALYSIS OF WORK OF TECHNICAL VISION ALGORITHMS IN THE TASKS OF TRAJECTORY MEASUREMENTS

K. Yu. Dergachov, L. O. Krasnov, I. O. Piavka

National Aerospace University – «Kharkov Aviation Institute»

Abstract. *The results of the analysis of correlation-extreme algorithms and algorithms for selecting objects by color characteristics for solving problems of trajectory measurements by means of technical vision are presented. The parameters of noise immunity and speed are investigated. Methods for optimizing the structure of these algorithms for working in a complicated interference situation are proposed.*

Recently, there has been a significant increase in the number and scope of unmanned aerial vehicles and a variety of transport robots. The transport load on urban infrastructure is significantly increased. This requires the creation of effective intelligent transport systems. A perceptible role in the structure of these systems is played by the means of optical motion monitoring and oriented to evaluate the trajectory parameters of the observable moving objects.

Investigations show that the creation of modern competitive technical vision systems for precision trajectory measurements is only possible by using simple and reliable algorithms, focused on the use of sufficiently high quality and cheap video recorders and hardware and software for optimal price performance, functionality and speed in dealing with this class of problems. In practice, for the creation of such projects, now they usually focus on the use of Raspberry Pi 3 single-board computers and the Python programming language with the Open Source Computer Vision Library. This makes it possible to solve the assigned tasks of determining the location with the necessary accuracy in real time.

The purpose of this work is to study the noise immunity and speed of the algorithms of trajectory measurements based on the use of various methods for determining the location of the object of observation in the frame. The task of trajectory measurements is reduced to determining the location of an object on a sequence of frames, as well as its displacements on adjacent frames of the video sequence.

Key words: *algorithms of technical vision, noise immunity, speed, determination of trajectory parameters.*

АНАЛІЗ РОБОТИ АЛГОРИТМІВ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ В ЗАВДАННЯХ ТРАЄКТОРНИХ ВИМІРІВ

К. Ю. Дергачов, Л. О. Краснов, І. О. Пявка

Національний аерокосмічний університет – «ХАІ»

Анотація. *Наведено результати аналізу кореляційно-екстремальних алгоритмів і алгоритмів виділення об'єктів по кольорних ознаках для вирішення завдань траєкторних вимірів засобами технічного зору. Досліджені показники перешкодостійкості і швидкодії. Запропоновані методи оптимізації структури цих алгоритмів для роботи в складній обстановці.*

Останнім часом спостерігається суттєве зростання кількості і сфер застосування безпілотних літальних апаратів і різноманітних транспортних роботів. Значно збільшується транспортне навантаження на міську інфраструктуру. Це вимагає створення ефективних інтелектуальних транспортних систем. Помітну роль в структурі цих систем відіграють засоби оптичного моніторингу руху, які орієнтовані на оцінку траєкторних параметрів спостережуваних об'єктів, що рухаються.

Дослідження показують, що створення сучасних конкурентоспроможних систем технічного зору для проведення прецизійних траєкторних вимірювань можливо тільки при використанні простих і надійних алгоритмів, орієнтованих на використання досить якісних і дешевих відеореєстраторів та апаратно-програмних засобів оптимальних за показниками ціни, функціональності та швидкодії при вирішенні даного класу задач. На практиці для створення таких проектів зараз зазвичай орієнтуються на використання одноплатних комп'ютерів Raspberry Pi 3 і мови програмування Python з бібліотекою обробки зображень OpenCV (Open Source Computer Vision Library). Це дає можливість вирішити поставлені завдання визначення місцеположення з необхідною точністю в реальному часі.

Метою даної роботи є дослідження завадостійкості та швидкодії алгоритмів траєкторних вимірювань, заснованих на використанні різних методів визначення розміщення об'єкта спостереження в кадрі. Завдання траєкторних вимірювань зводиться до визначення розміщення об'єкта на послідовності кадрів, а також його зміщень на сусідніх кадрах відеопослідовності.

Ключові слова: алгоритми технічного зору, перешкодостійкість, швидкодія, визначення параметрів траєкторії.

Получено 14.03.2018



Дергачев Константин Юрьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой Систем управления летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета – «Харьковский авиационный институт». Ул. Чкалова, 17, Харьков, Украина, E-mail: kdergachev@ukr.net, тел. +38-057-788-45-49

Kostiantyn Dergachov, Dr. of PhD, Senior Researcher, Manager by a Department of Aircraft Control Systems of the National Aerospace University – «Kharkov Aviation Institute». Chkalova st., 17, Kharkiv, Ukraine, E-mail: kdergachev@ukr.net, mob. +38-057-788-45-49

ORCID ID: 0000-0002-6939-3100



Краснов Леонид Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Систем управления летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета – «Харьковский авиационный институт». Ул. Чкалова, 17, Харьков, Украина, E-mail: leonid.krasnov.1947@gmail.com., тел. +38-057-788-45-49

Krasnov Leonid, Dr. of PhD, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Aircraft Control Systems of the National Aerospace University – «Kharkov Aviation Institute». Chkalova st., 17, Kharkiv, Ukraine, E-mail: leonid.krasnov.1947@gmail.com., mob. +38-057-788-45-49

ORCID ID: 0000-0003-2607-8423



Пявка Ирина Александровна, аспирант кафедры Систем управления летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета – «Харьковский авиационный институт». Ул. Чкалова, 17, Харьков, Украина, E-mail: airin1404@gmail.com, тел. +38-050-876-74-23

Pivka Irina, PhD student of the Department of Aircraft Control Systems of the National Aerospace University – «Kharkov Aviation Institute». Chkalova st., 17, Kharkiv, Ukraine, E-mail: airin1404@gmail.com, mob. +38-050-876-74-23

ORCID ID: 0000-0002-3876-0860