

ОБНАРУЖЕНИЕ И СЛЕЖЕНИЕ ЗА ОБЪЕКТОМ НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ВИОЛЫ-ДЖОНСА И АНАЛИЗА ТРАЕКТОРИЙ

Мария Николаевна Гурьева

Факультет автоматике и информационных технологий в управлении
Рязанский Государственный Радиотехнический Университет, Рязань, Россия
maria_guryeva@mail.ru

Аннотация

Настоящая работа посвящена задаче обнаружения и слежения за наземным объектом, наблюдаемым в последовательности изображений. Предложенный алгоритм решения задачи и программное обеспечение, реализующее его, обеспечивают надежное обнаружение и слежение за наземным ориентиром, в качестве которого выступает взлетно-посадочная полоса (ВПП), при наблюдении с борта летательного аппарата (ЛА).

1. ВВЕДЕНИЕ

Автоматическое обнаружение и слежение за объектами, наблюдаемыми в последовательности изображений, является актуальной задачей, часто возникающей при разработке навигационных комплексов пилотируемых и беспилотных ЛА. При этом одной из важных проблем остается обеспечение обнаружения и слежения при неопределенности взаимного пространственного расположения видеокамеры и объекта. В настоящей работе рассмотрена задача обнаружения и слежения за аэродромом с борта ЛА в условиях, когда начальное взаимное расположение аэродрома и ЛА неизвестно. Существенным требованием, предъявляемым к разрабатываемому алгоритму, является возможность его реализации в бортовых системах обработки информации.

2. АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ И СЛЕЖЕНИЯ ЗА ОБЪЕКТОМ

Достаточно эффективным подходом к автоматическому обнаружению объектов в условиях неопределенности их расположения и ориентации является применение алгоритма Виолы-Джонса [1]. Его недостатком применительно к поставленной задаче является достаточно высокий уровень ложных обнаружений, связанный с тем, что обнаруживается сразу несколько областей изображения, похожих на искомый объект. Для преодоления этого недостатка предлагается списки областей изображения, сформированные алгоритмом Виолы-Джонса, подвергать дополнительной обработке с помощью алгоритма анализа траекторий [2].

Рассмотрим основные особенности алгоритмов Виолы-Джонса и анализа траекторий, имеющие значение применительно к решаемой задаче.

2.1 Алгоритм Виолы-Джонса

Для применения алгоритма Виолы-Джонса необходимо выполнить предварительное обучение каскада классификаторов, используя эталонное изображение объекта. Обучение идет очень медленно, но обнаружение объекта осуществляется очень быстро, именно поэтому был выбран данный метод обнаружения.

Результатом обнаружения на каждом кадре является список параметров областей изображения, содержащих искомый объект.

2.2 Алгоритм анализа траекторий

Алгоритм анализа траекторий основан на разбиении двудольного графа. На входе алгоритма имеются данные измерений - список параметров областей изображения, выделенных с помощью обработки каждого изображения в видеопоследовательности. На выходе - список найденных объектов и их свойств, в котором каждый элемент списка обозначен уникальным номером [2].

Каждый найденный объект имеет следующие свойства:

- Идентификатор - уникальный номер, присваиваемый новому обнаруженному объекту. Номер закрепляется за данным объектом до тех пор, пока не будет принято решение о пропаже объекта;
- Координаты левого края объекта;
- Координаты верхнего края объекта;
- Ширина;
- Высота;
- Время жизни - количество кадров видеопоследовательности, на которых присутствовал данный объект с момента первого обнаружения;
- Тип объекта.

Первый шаг алгоритма заключается в построении двудольного графа, первой группой вершин которого является множество объектов, известных на текущем кадре, а второй - множество связанных областей, найденных на кадре. Между парами вершин графа вычисляется мера соответствия. Граф содержит все дуги, для которых эта мера превышает заданный порог.

Для принятия решения о появлении и исчезновении объектов граф разделяется на связанные компоненты. Для каждой компоненты дуга с минимальным весом удаляется. Рекурсивная процедура повторяется для каждого полученного подграфа. На основе списка компонент, полученных после разбиения двудольного графа, выполняется оценивание координат объектов с помощью фильтра Калмана.

Целесообразность использования этого алгоритма обуславливается наличием такого параметра обнаруженного объекта, как время жизни. На этапе предварительного обнаружения искомым принимается объект с наибольшим временем жизни и таким образом снижается вероятность ложного обнаружения.

2.3 Алгоритм обнаружения и слежения за объектом

На основе совместного применения метода Виолы-Джонса и алгоритма анализа траекторий был разработан алгоритм, осуществляющий обнаружение и слежение за объектом на видеопоследовательности.

Разработанный алгоритм включает в себя следующие этапы:

- В течение первых 50 кадров алгоритм выполняется предварительное обнаружение. На каждом кадре видеопоследовательности производятся следующие действия:
 - Объекты обнаруживаются с помощью каскада классификаторов, обученного на основе метода Виолы-Джонса;
 - С помощью алгоритма анализа траекторий анализируется список найденных на предыдущем шаге объектов.
- По прошествии 50 кадров происходит следующее:
 - Анализируется список найденных объектов и их свойств и выявляется объект с наибольшим временем жизни;
 - Запоминается идентификатор этого объекта для последующего слежения за ним на видеопоследовательности.
- Далее разработанный алгоритм переходит в режим слежения. На каждом кадре видеопоследовательности происходит следующее:
 - Объекты обнаруживаются с помощью каскада классификаторов, обученного на основе метода Виолы-Джонса;
 - С помощью алгоритма анализа траекторий анализируется список найденных на предыдущем шаге объектов.
 - Результатом работы алгоритма слежения за объектом принимаются координаты объекта, имеющего запомненный ранее идентификатор.

Координаты найденного объекта могут в дальнейшем использоваться для корректировки курса ЛА.

3 Экспериментальные исследования

Для проведения экспериментальных исследований было разработано программное обеспечение на языке C++.

В качестве объекта для поиска было принято спутниковое изображение аэродрома, представленное на Рис.1. Изображение получено с ресурса GoogleMaps.



Рис.1 – Изображение аэродрома со спутника

На основе этого объекта был обучен каскад классификаторов. Обучение производилось с использованием 5000 позитивных образцов, созданных при помощи утилиты `opencv_createsamples`, и 2500 негативных. Количество этапов обучения было принято равным 14. Весь процесс обучения занял приблизительно 63 часа 22 минуты. Процесс поиска объекта на кадре размером 1160x656 при этом выполняется в среднем за 0,4 секунды.

Также при помощи программы «Google планета Земля» смоделирован полет самолета над аэродромом.

Пример работы программы в режиме предварительного обнаружения представлен на рис.2. Несмотря на то, что

искомый объект найден, присутствует некоторое количество ложных обнаружений.



Рис.2 – Режим предварительного обнаружения

Пример работы программы в режиме слежения представлен на рис.3. Видно, что все ложные обнаружения проигнорированы.

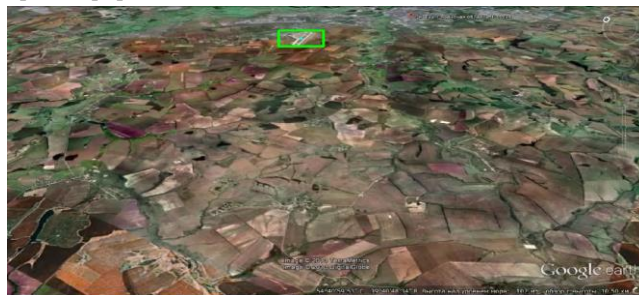


Рис.3 – Режим слежения

Разработанный алгоритм эффективно работает также в присутствии шума на изображении.

3.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был предложен алгоритм обнаружения аэродрома на основе метода Виолы-Джонса. При помощи алгоритма анализа траектории был значительно снижен процент ложных обнаружений. Анализ результатов компьютерных экспериментов позволяет говорить об успешной работе созданного алгоритма и программы при обнаружении и слежении за объектом.

4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. P. Viola and M.J. Jones, «Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features», proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001), 2001
2. Boris Alpatov and Pavel Babayan, «multiple object tracking based on the partition of the bipartite graph», Proc. SPIE 8186, 81860B (2011).
3. Р.Гонсалес, Р.Вудс, «Цифровая обработка изображений», ISBN 5-94836-028-8, изд-во: Техносфера, Москва, 2005. – 1072 с.
4. Местецкий Л. М., «Математические методы распознавания образов», МГУ, ВМиК, Москва, 2002–2004., с. 42 – 44