

РАСПОЗНАВАНИЕ МАРКЕРОВ МЕТОДОМ SURF (SPEEDED-UP ROBUST FEATURES)

Боковой А.В.

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия, bokovoy@inbox.ru

В работе рассматривается метод распознавания маркеров на изображении, основанный на построении дескрипторов особых точек. Проводится анализ скорости работы алгоритма и устойчивости к искажениям.

Ключевые слова: анализ изображений, распознавание маркеров, особые точки, SURF.

Введение

В распознавании образов часто возникает проблема, связанные с распознаванием заранее заданного объекта. В частности, в робототехнике существует задача распознавания маркера приземления беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на основе анализа изображения с видеокамеры. Маркером, в данном контексте, называют изображение, выделяющееся среди других объектов на сцене. Например, маркером можно назвать изображение окружности черного цвета на белом фоне с крестом внутри нее. Поскольку БПЛА постоянно находится в движении и видео передается по беспроводному каналу, то изображение, полученное с видеокамеры, может быть зашумлено, искажено или частично потеряно. Если маркер присутствует на изображении, то он может быть виден с разных сторон, в перспективе или может быть частично скрыт. Для решения такой задачи, хорошо подходит метод SURF, основанный на выделении дескрипторов изображения.

Выделение особых точек

Особыми точками (interest points) [1] считаются точки на изображении (пиксели), значения яркости которых достигают локального минимума или максимума. Для нахождения особых точек, используется двумерная функция Гаусса от двух переменных, а точнее ее вторые производные по направлениям x_x , u_y , x_y . Вычисляя свертки вторых производных функций Гаусса и заданной функции можно найти число, характеризующее изменение яркости конкретной точки относительно точек в заданной окрестности по направлениям x_x , u_y , x_y . Масштаб окрестности определяется коэффициентом a , который является одним из аргументов функции Гаусса.

Для того, чтобы учесть изменение яркости точки по всем направлениям, необходимо найти определитель матрицы Гессе, элементами которой являются свертки вторых производных функций Гаусса и заданной функции. Особыми точками будут являться точки, в которых определитель матрицы Гессе будет достигать локального минимума или максимума.

Если представить изображение в виде матрицы, элементами которой будут являться яркости соответствующих пикселей, то, после дискретизации, также можно выделить особые точки. Для увеличения производительности алгоритма при масштабировании, исходная матрица преобразуется к интегральному виду (integral image) [2], что позволяет вычислять яркость произвольной прямоугольной области за четыре обращения к такой матрице.

Для нахождения особых точек на изображении, вычисляются приближенные значения производных функций Гаусса и, также как в общем случае, ищется определитель матрицы Гессе, но уже для дискретных сверток вторых производных функций Гаусса и изображения.

Также, необходимо учесть, в каком масштабе ищется особая точка. Для этого все масштабы, условно разбиваются на октавы, содержащие в себе четыре масштаба, начиная с 9×9 с шагом b_i , где i – номер октавы. Используя метод соседних точек $3 \times 3 \times 3$ ($3 \times 3 \times 3$ neighborhood) [3] находятся особые точки в разных масштабах.

Нахождение дескрипторов

Для того, чтобы метод был инвариантен к повороту, при составлении дескриптора необходимо учитывать приоритетное направление особой точки. Для каждой особой точки, берется область, центральным элементом которой будет эта точка, размером $4s$, где s – масштаб, в котором была найдена особая точка. Эта область разбивается на 16 квадратов. Для каждого квадрата, с помощью фильтров Хаара [1] ищется изменение яркости по горизонтали (dx) и вертикали (dy). Приоритетным направлением особой точки является суммарный вектор всех таких квадратов.

Далее, каждый квадрат разбивается на 4 подобласти и для каждой полученной подобласти, с помощью фильтров Хаара вычисляется длина направляющего вектора по dx и dy . Затем для всей области вокруг особой точки, считаются суммы по всем dx , $|dx|$, dy , $|dy|$ и получается вектор, размерности 64 вне зависимости от масштаба, в котором была найдена особая точка.

Полученные дескрипторы для искомого объекта и сцены, в простом случае, сравниваются каждый с каждым (brute-force search) и на основе такого сравнения можно судить о присутствии или отсутствии объекта на сцене. Также, в зависимости от условий задачи, для оптимизации времени выполнения алгоритма, возможно использование других алгоритмов сравнения многомерных векторов, например алгоритм FLANN (Fast Library for Approximate Nearest Neighbors).

Реализация метода.

Реализация метода была разработана в виде программы, осуществляющей поиск и выделение маркера на изображениях, полученных с видео-потока. Использовались язык программирования C++ и открытая библиотека для распознавания образов OpenCV. В ходе эксперимента было выявлено, что скорость обработки одного кадра, размером 800×600 , варьируется от 150мс до 200мс (ОС Windows 7, CPU Intel Core i7 3770k 3.4 GHz, 16 GB RAM) с учетом сравнения дескрипторов полным перебором и локализации объекта. Процент успешных распознаваний приблизительно равен 86%. Также замечено, что при попытке обнаружения более одного маркера на изображении, наблюдается резкое падение скорости выполнения алгоритма. Такое падение связано с увеличением количества дескрипторов для сравнения и проблемами локализации нескольких объектов. Также было замечено, что при попытке поиска неконтрастных изображений или изображений, сливающихся с фоном, эффективность алгоритма (количество успешных распознаваний) резко падает.

Выводы

В ходе эксперимента было выявлено, что метод SURF позволяет быстро и эффективно распознавать маркеры, которые сильно контрастируют с фоном. При таких условиях метод показывает стабильные результаты, даже если маркер повернут, зашумлен или частично не виден на сцене. Скорость выполнения алгоритма позволяет выполнять поиск маркера на сцене даже на маломощных встраиваемых системах, что позволяет эффективно использовать его в задачах робототехники.

Литература

1. *Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool*. Speeded-Up Robust Features
2. *Herbert Bay, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool*, SURF: Speeded-Up Robust Features
3. A. Neubeck and L. Van Gool. Efficient non-maximum suppression. In ICPR, 2006.

MARKER RECOGNITION USING SURF (SPEEDED-UP ROBUST FEATURES) METHOD.

Bokovoy A.V.

Peoples' Friendship University of Russian, Moscow, Russia, bokovoy@inbox.ru

This paper will discuss the marker recognition method, based on descriptors extraction from key (interest) points on image. Also provided analysis of methods' speed and its' resistance to distortions.

Key words: image analysis, marker recognition, interest points, SURF