

Я.А. Кадури́н, М.К. Савкин

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, Калуга, Россия

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСОБЫХ ТОЧЕК НА ИЗОБРАЖЕНИИ

В статье поднимаются проблемы навигации и определения координат беспилотных летательных аппаратов без использования систем спутниковой навигации типа GPS и ГЛОНАСС. Описывается идея создания системы навигации с использованием технологии компьютерного зрения, являющейся подразделом дисциплины искусственного интеллекта. В работе дается краткое описание основных понятий и проблем одного из главных подразделов технического зрения – идентификации образов и нахождения особых точек на изображении. Также рассматриваются и анализируются в части идентификации особых точек алгоритмы определения локальных особенностей на изображении, явно отличающиеся по своему принципу работы и предназначению. На основании принципов работы рассмотренных алгоритмов были выявлены их существенные преимущества и недостатки, которые оказывают прямое влияние на эффективность использования данных алгоритмов в системе беспилотной навигации. В заключении приведены ключевые аспекты, которые необходимо учитывать при выборе алгоритма для разработки системы навигации.

Ключевые слова: компьютерное зрение, беспилотная навигация.

Для цитирования: Кадури́н Я.А., Савкин М.К. Обзор алгоритмов определения особых точек на изображении // Радиопромышленность. 2018. № 2. С. 36–39.

Ja.A. Kadurin, M.K. Savkin

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga branch, Kaluga, Russia

REVIEW OF IMAGE FEATURE POINTS DETECTION ALGORITHMS

The article raises the problem of navigation and positioning of unmanned aerial vehicles without using satellite navigation systems, such as GPS and GLONASS. The idea of creating a navigation system using computer vision technology, which is a subsection of the discipline of artificial intelligence, is described herein. The article gives a brief description of the core concepts and problems of one of the main subsections of computer vision – identification of images and finding of specific points on the image. Also algorithms for determination of local features on the image, that are clearly differing in their operation principle and purposes, have been reviewed and analysed from the point of view of identifying specific points on the image. Based on the operation principles of the reviewed algorithms, their material advantages and disadvantages, which directly affect the efficiency of using these algorithms in non-satellite navigation system, have been identified. In the conclusion, several key aspects that should be taken into account in selection of appropriate algorithm for development of a navigation system are highlighted.

Keywords: computer vision, non-satellite navigation.

For citation: Kadurin Ja. A., Savkin M.K. Review of image feature points detection algorithms. Radiopromyshlennost, 2018, no. 2, pp. 36–39. (In Russian).

Введение

В настоящее время в мире наблюдаются развитие и активное использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА, дрон) как для военных, так и для мирных целей. В основном БПЛА включаются в состав комплексов разведки и целеуказания,

для которых особенно важна возможность точного определения аппаратом своих координат. Однако различные глобальные спутниковые системы навигации, такие как GPS и ГЛОНАСС, не подходят для решения подобной задачи, т.к. БПЛА имеют уязвимые каналы связи и любые отсылаемые

и принимаемые дроном сигналы можно заглушить, перехватить и даже подменить. В случае использования незашифрованного сигнала GPS существует угроза взлома и перехвата управления аппаратом.

В связи с этим возникает проблема разработки механизмов определения координат дрона без использования глобальных навигационных систем, чтобы исключить возможность взлома и некорректной работы аппарата. Одним из способов решения данной задачи является создание системы навигации, основанной на технологиях компьютерного зрения.

Компьютерное зрение

Компьютерное зрение – это технология из раздела искусственного интеллекта, в основе которой лежит задача обучения компьютера умениям обнаружить и классифицировать на изображении некий объект; получить из изображения некоторую информацию или определить схожесть двух изображений одного и того же объекта подобно тому, как эту задачу выполнил бы человек. Данная технология позволяет отслеживать объект при помощи фото- или видеосъемки, идентифицировать его и на основе полученных данных выполнять соответствующий программный алгоритм. Идентификация объекта происходит посредством сравнения его с образцом (заранее заложенной информацией о характерных чертах объекта, которые должны быть устойчивы к различным преобразованиям в изображении) при помощи специальных алгоритмов.

Человек идентифицирует объект на изображении интуитивно и без особого труда, даже не замечая, какое количество операций он совершил. Если же эту задачу будет выполнять компьютер, то на пути к ее решению он столкнется с некоторыми трудностями:

- Масштаб. Различные по размеру изображения воспринимаются компьютером как неидентичные, несмотря на то что на них находится один и тот же объект.
- Расположение. Исследуемый объект может находиться в различных частях изображения, и, даже если остальные объекты не изменят своего местоположения, компьютер будет воспринимать данное изображение и образец по-разному.
- Помехи. Изображения могут отличаться по яркости, контрасту, размытию и количеству шума. Кроме того, объект может быть перекрыт другими объектами или просто плохо выделяться на изображении.
- Проекция. Изображение – это двумерная проекция трехмерного пространства, следовательно, смена ракурса съемки (даже на небольшой угол) даст другую проекцию. Также имеют

место аффинные преобразования, которые могут сильно исказить изображение по сравнению с образцом.

Для решения этих проблем применяются алгоритмы определения особых точек на изображении. Под особой точкой понимается некоторая характерная черта объекта (точка, угол, контур, резкая смена яркости и т.д.), которая будет однозначно определять этот объект и может быть обнаружена при достаточно большом количестве преобразований изображения [1].

Все алгоритмы можно условно разделить на две группы: детекторы и дескрипторы. Детекторы предназначены для обнаружения особых точек на изображении, в том числе при его преобразовании и искажении. Дескрипторы необходимы для присвоения особой точке некоего описания, которое позволит однозначно выделить ее среди множества всех найденных детектором точек [2].

Алгоритмы

Детектор Моравеца [3] предназначен для нахождения наиболее частых типов особых точек – углов. Данный алгоритм основан на расчете яркости небольшого участка изображения и ее изменения при переходе от одного пикселя к другому, непосредственно соседствующего с ним. При проходе через вычисление оценочной функции, которая определяет минимум из разностей яркости участка с центром в исследуемом пикселе и яркости смещенного участка, находятся направления наименьшего изменения интенсивности, что в целом будет отображать вероятность нахождения угла в той или иной части изображения. Несмотря на простоту реализации данного алгоритма, он очень чувствителен к шуму на изображении, а при повороте изображения число точек, которые он обнаруживает, резко уменьшается, т.к. рассматриваются сдвиги лишь в восьми направлениях (два по вертикали, два по горизонтали и четыре по диагонали) от исследуемого пикселя.

Детектор Харриса и Стефенса [3] – усовершенствованная версия детектора Моравеца. В отличие от предыдущего алгоритма, в данном случае появляется возможность двигаться не по восьми, а по всему множеству направлений изображения, поскольку смещение может происходить на расстояние больше одного пикселя. Это очень эффективно при обнаружении прямых углов. Принцип обнаружения схож с детектором Моравеца, однако расчет ведется через частные производные, а оценочная функция раскладывается в ряд Тейлора. При помощи данного алгоритма некоторые точки изображения можно классифицировать как углы, ребра и плоскости. Так же как и свой предшественник,

алгоритм очень чувствителен к шуму. К прочим недостаткам можно отнести зависимость результата работы от масштаба и большую вычислительную сложность, связанную с множеством математических операций. Однако из-за своей способности передвигаться в большом количестве направлений алгоритм более устойчив к поворотам изображения и даже к некоторым аффинным преобразованиям.

Детектор MSER (maximally stable extremal regions) [3, 4] был разработан для решения проблемы обнаружения особых точек на разномасштабных изображениях. Его принцип работы основан на рассмотрении пирамиды бинарных (черно-белых) изображений, полученных на различных порогах интенсивности. При изменении порога интенсивности от минимальной величины до максимальной пиксели изображения будут инвертировать свои значения до тех пор, пока каждый из них не окажется инвертированным. Особыми точками на данном изображении будут те области пикселей, которые долгое время не изменяли своей кодировки. Достоинством алгоритма является возможность найти особые области на изображениях, подверженных масштабным изменениям и аффинным преобразованиям. Также, выбирая другой порог интенсивности, можно регулировать необходимые точность и количество областей (параметры обратно пропорциональны друг другу). К недостаткам следует отнести его чувствительность к шуму и размытию в изображении, а также обнаружение некоторых областей, не несущих никакой информативности.

Алгоритм SIFT (scale-invariant feature transform) [3] выполняет сразу две функции: детектирует особые точки и строит для них дескрипторы. Данный алгоритм, как и MSER, был разработан для обнаружения точек разномасштабных изображений. Детектирование точек происходит посредством нахождения локальных максимумов интенсивности пикселей изображений, взятых при разных масштабах и сравниваемых между собой. В качестве дескриптора точек выступает ориентация градиента яркости небольшой области вокруг точки с максимальным значением этого градиента. Данный

алгоритм весьма устойчив к шуму и изменению яркости. Также он неизменно работает с повернутыми и измененными в масштабе изображениями. К недостаткам можно отнести его жесткие требования по локализации особых точек, в результате чего эти точки могут быть вообще не найдены, даже если они есть. Тем не менее данный алгоритм зарекомендовал себя как один из эффективных в области компьютерного зрения.

Алгоритм SURF (speeded-up robust features) [3] является ускоренной версией SIFT. Он также предназначен для обнаружения точек и построения для них дескрипторов. Принцип работы алгоритма остался прежним, но за счет небольших изменений в его реализации удалось добиться большего быстродействия по сравнению с SIFT. Данный алгоритм имеет ряд достоинств: с помощью него можно точно найти особые точки на повернутом изображении, а также построить их описание на увеличенном изображении. Также алгоритм способен определить особую точку по окружающему ее участку в тех случаях, когда сама точка заслонена. Несмотря на это, SURF имеет серьезный недостаток: плохо текстурированные объекты и объекты простой формы не воспринимаются алгоритмом, в связи с чем идентифицировать их он не способен.

Заключение

Существует большое количество других алгоритмов, предназначенных для определения особых точек или областей на изображении. Однако большинство из них являются лишь небольшими модификациями, созданными для устранения некоторых недостатков перечисленных выше алгоритмов. Стоит отметить, что каждый алгоритм имеет свои особенности и не является универсальным, т.е. не решает весь спектр задач по идентификации объектов на изображении. Следовательно, выбор алгоритма в первую очередь должен зависеть от того, какие объекты должен находить БПЛА, и от его вычислительной мощности, поскольку некоторые алгоритмы требуют сложных операций, что может сказаться на эффективности работы дрона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конушин А.С. Слежение за точечными особенностями сцены // Компьютерная графика и мультимедиа. 2003. № 1 (5). С. 15.
2. Корнеев М.А., Максимов А.Н., Максимов Н.А. Методы выделения точек привязки для визуальной навигации беспилотных летательных аппаратов // Труды МАИ. 2012. № 58. С. 22.
3. Половинкин А.Н. Разработка мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP [Электронный ресурс]. 2013. URL: <http://www.hpcc.unn.ru/?doc=602> (дата обращения: 18.04.2018).
4. Наранович Д.В. Обнаружение локальных особенностей изображения с использованием детектора максимально стабильных экстремальных областей // Молодежный научно-технический вестник. 2016. № 9. С. 10.

REFERENCES

1. Konushin A. S. Tracking scene feature points. *Kompyuternaya grafika i multimedia*, 2003, no. 1 (5), p. 15. (In Russian).

2. Korneev M. A., Maksimov A. N., Maksimov N. A. Methods of selecting reference points for visual navigation of unmanned aerial vehicles. *Trudy MAI*, 2012, no. 58, p. 22. (In Russian).
3. Polovinkin A. N. Razrabotka multimedijnyh prilozhenij s ispolzovaniem bibliotek OpenCV i IPP [Developing multimedia applications with OpenCV and IPP libraries]. (In Russian). Available at: <http://www.hpcc.unn.ru/?doc=602> (accessed 18.04.2018).
4. Naranovich D. V. Discovering of local image features with maximum stable extreme areas. *Molodezhnyi nauchno-tehnicheskii vestnik*, 2016, no. 9, p. 10. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кадури́н Я́рослав Алексе́евич, студент, кафедра «Информационная безопасность автоматизированных систем», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, 248000, Калуга, ул. Баженова, д. 2, тел.: +7 (920) 610-85-35, e-mail: mr.cadurin@yandex.ru.

Савкин Михаил Константинович, ассистент, кафедра «Информационная безопасность автоматизированных систем», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, 248000, Калуга, ул. Баженова, д. 2, тел.: +7 (960) 517-19-55, e-mail: savkinmk@gmail.com.

AUTHORS

Kadurin Jaroslav, student, Department of Information Security of Automated Systems, Bauman Moscow State Technical University, Kaluga branch, 2, ulitsa Bazhenova, Kaluga, 248000, Russia, tel.: +7 (920) 610-85-35, e-mail: mr.cadurin@yandex.ru.

Savkin Mikhail, assistant, Department of Information Security of Automated Systems, Bauman Moscow State Technical University, Kaluga branch, 2, ulitsa Bazhenova, Kaluga, 248000, Russia, tel.: +7 (960) 517-19-55, e-mail: savkinmk@gmail.com.