

УДК 004.932, 681.518

Сравнительный анализ алгоритмов построения изображений подстилающей поверхности

***Бочаров В.А.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматического управления»*

***Каширов Н.С.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматического управления»*

***Чумикова Е.П.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматического управления»*

*Научный руководитель: Гаврилов А.И., д.т.н.,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru*

В настоящее время сдерживающим фактором применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для решения гражданских задач является недостаточная безопасность полетов, что отчасти может быть компенсировано модернизацией навигационного оборудования. Между тем имеется потребность как со стороны государственных ведомств так и частных структур в использовании БПЛА для решения задач оперативного контроля и мониторинга удаленных и сильно протяженных объектов (лесных угодий, рек, трубопроводов, линий электропередач и т.п.) [1].

Целью исследования является реализация методов получения панорамного изображения из нескольких изображений, и сравнительный анализ алгоритмов поиска характерных точек.

Наилучшими характеристиками в задаче сопоставления изображений и их дальнейшей склейки обладает метод описания изображения при помощи характерных точек: как правило, это точки экстремума яркости изображения. Найденные точки применяются для сопоставления отдельных фотографий и построения панорамных изображений [2, 6].

Процедура построения панорамных изображений выглядит следующим образом:

1) Получение характерных точек каждого изображения и их описаний (дескрипторов);

- 2) Сравнение характерных точек;
- 3) Нахождение матрицы преобразования для проецирования одного изображения на другое по соответствующим характерным точкам;
- 4) Получение итогового панорамного изображения.

На данный момент можно выделить два наиболее эффективных алгоритма поиска характерных точек и построения дескрипторов: Sift (Scale invariant feature transform) и Surf (Speed Up Robust Feature) [3, 4].

Алгоритм SIFT:

1. Нахождение экстремумов по всем шкалам и точкам изображений. Реализуется путём вычисления разности Гауссовых функций, которые позволяют находить потенциально интересные точки, инвариантные по отношению к поворотам и растяжению.

2. Локализация характерных точек. В каждой точке, найденной в п.1, строится детализированная модель для уточнения положения ключевой точки и её размера.

3. Расширение описания путем добавления вектора градиентов.

4. Построения дескрипторов характерных точек. Локальные градиенты изображения измеряются по выбранной шкале в районе каждой ключевой точки. Эти данные преобразуются к виду, допускающему значительную степень изменения формы и изменения освещения.

Для каждой характерной точки строится дескриптор размером в 64 (или 128) вещественных чисел.

Характерные точки, которые находятся с помощью метода SIFT, устойчивы к растяжению, повороту изображения и частично к изменению ракурса наблюдения. Для стандартных изображений получается большое число точек, описания (дескрипторы) которых значительно отличаются, что делает возможным поиск по большой базе точек. Результаты обработки исходного изображения, полученного в результате аэрофотосъемки, представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Слева - пример фотографии, полученной при АФС, справа - результат работы на данной фотографии детектора SIFT

Метод SURF в некоторой степени основан на тех же концепциях, которые применяются в методе SIFT. В то же время, стандартная версия SURF в несколько раз быстрее, чем SIFT.

В соответствии с алгоритмом SURF определяются характерные точки с помощью матрицы Гессе. Гессиан функции – симметрическая квадратичная форма, описывающая поведение функции во втором порядке. Матрица этой квадратичной формы образована вторыми частными производными функции. Определитель матрицы Гессе называется определителем Гессе или гессианом. Если все производные существуют, то детерминант матрицы Гессе (т.н. гессиан) достигает экстремума в точках максимального изменения градиента яркости. Он хорошо детектирует пятна, углы и края линий. Гессиан инвариантен относительно вращения. Для каждой ключевой точки считается направление максимального изменения яркости (градиент) и масштаб, взятый из масштабного коэффициента матрицы Гессе.

Градиент в точке вычисляется с помощью фильтров Хаара. После нахождения характерных точек, SURF формирует их дескрипторы. Дескриптор представляет собой набор из 64 (либо 128) чисел для каждой характерной точки. Эти числа отображают флуктуации градиента вокруг характерной точки. Поскольку характерной точка представляет собой максимум гессиана, то это гарантирует, что в окрестности точки должны быть участки с разными градиентами. Таким образом, обеспечивается дисперсия (различие) дескрипторов для разных характерных точек. Результаты представлены на рисунке 2.



Рис. 2. Слева - пример фотографии, полученной при АФС, справа - результат работы на данной фотографии детектора SURF

В работе использовались реализации SIFT и SURF из библиотеки OpenCV. В табл. 1 приведены результаты моделирования алгоритмов на трех изображениях размера 539×404 .

Таблица 1

Зависимость времени работы и количества найденных характерных точек от типа детектора

Номер изображения		1	2	3
SIFT	Время работы, с	1470	1753	1360
	Количество точек	0,41	0,44	0,42
SURF	Время работы, с	2312	2158	2372
	Количество точек	0,59	0,57	0,62

Время обработки тестовых изображений по методу SIFT примерно в 1,5 раза больше, чем время работы SURF. Но SURF при этом находит больше точек. Однако для сравнения качества работы дескрипторов необходимо сопоставить ряд существенных параметров эффективности алгоритмов: инвариантность к преобразованиям масштаба, ракурса, и угла поворота.

Рассмотрим пример по склейке 3 фотографий на рис. 3.



Рис. 3. Сверху - пример фотографий, полученных при АФС, снизу - результат склейки с использованием SURF

Недостатки SURF проявляются на сильно размытых фотографиях, при сшивке разномасштабных фотографий, а также при изменении угла обзора. Первые две проблемы обычно не проявляются при АФС (фотографии делаются примерно в одном масштабе, при помощи качественной оптики и с большого расстояния от объектов, что исключает размытие). Третий недостаток несущественен при прямом пролёте, так как точки на фотографиях видны примерно под одним углом. Однако использование SURF при пролёте с поворотах может привести к значительным проблемам, которые негативно влияют на качество склейки. Значит, в общем случае использование SIFT является более надёжным. Но в случае особых наборов данных или приложений, критичных по времени, хорошим решением может стать использование SURF.

Одним из ключевых показателей будет число точек интереса, сопоставленных между несколькими последовательными изображениями. Если после обработки изображения детектором точек и реализации функции сопоставления было найдено

слишком мало пар точек, то решение может оказаться или неточным, или даже полностью неправильным.

На основе сравнительного анализа алгоритмов на тестовых изображениях можно сделать следующие выводы. Основным преимуществом метода SURF является определение достаточного количества характерных точек для обеспечения высокой надежности, недостатком – неустойчивость найденных им характерных точек к повороту. Преимуществом метода SIFT является высокое быстродействие, недостатком – определение меньшего, чем в методе SURF количества характерных точек. В задаче построения изображения подстилающей поверхности по последовательности кадров предпочтение отдается методу SURF, так как предполагается, что фотографии делаются с одной высоты камерой БПЛА, и метод определяет большее количество характерных точек, что обеспечивает высокое качество получаемого панорамного изображения подстилающей поверхности. Исследованные алгоритмы построения изображения подстилающей поверхности по последовательности кадров могут быть использованы при разработке интеллектуальных навигационных систем высокой точности и надежности [5].

Список литературы

1. Зинченко О.Н. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. Режим доступа: http://uavstart.ru/pdf/uav_1.pdf (дата обращения 10.03.2014).
2. Карпов Д.П. Сшивка изображений, полученных в результате аэрофотосъемки. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Режим доступа: <http://is.ifmo.ru/projects/2012/karpov/description.pdf> (дата обращения 10.03.2014)
3. Электронный журнал Habrahabr. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/106302/> (дата обращения 10.03.2014)
4. Электронный журнал Habrahabr. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/144845/> (дата обращения 10.03.2014).
5. Пупков К.А., Гаврилов А.И., Шахназаров Г.А. Комплексование технологий управления в интеллектуальных системах высокой точности и надежности. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2011. № 4. С. 60-67.
6. Парфентьев К.В., Гаврилов А.И. 77-48211/445850. Реализация программного модуля распознавания изображений на основе самоорганизующихся карт Кохонена

средствами системы Matlab // Молодежный научно-технический вестник. 2012. № 4.
Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/458080.html> (дата обращения 10.03.2014).