

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ НАВИГАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

И. П. Пажитных

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время интенсивно развивается такая область информатики как компьютерное зрение. Существует множество алгоритмов по распознаванию и поиску объектов на картинке, сравнения изображений, нахождения геометрического преобразования. При помощи этих алгоритмов можно из одного изображения получить другое.

Алгоритмы компьютерного зрения активно используются в различных системах: управления процессами (промышленные роботы, автономные транспортные средства), видеонаблюдения, организации информации (индексация баз данных изображений), моделирования объектов и окружающей среды (анализ медицинских изображений, топографическое моделирование), взаимодействия (устройства ввода для системы человеко-машинного взаимодействия), дополненной реальности.

Предмет настоящего исследования – беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Как следует из названия, БПЛА не имеют пилота, но это не значит, что они не пилотируемы. Управление беспилотником требует специального обучения, сосредоточенности и является очень утомительным для оператора. Необходимым условием для работы БПЛА является наличие GPS-сигнала, который обеспечивает GPS (Global Positioning System, система глобального позиционирования) – спутниковая система навигации, используемая для определения расстояния, времени и местоположения. Названное условие делает БПЛА очень уязвимым и зависимым от внешних обстоятельств: в отсутствие GPS-сигнала он теряет управление.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Актуальна задача нахождения и использования источников навигации БПЛА, альтернативных GPS. Так как почти каждый современный беспилотник оснащён камерой, то возможно применение алгоритмов компьютерного зрения. Поэтому цель работы – создать алгоритм и реализовать программу, которые обеспечат навигацию БПЛА, используя только камеру.

Задачу навигации БПЛА в условиях отсутствия GPS-сигнала можно разбить на подзадачи:

- построение 3D-карты местности: сбор и подготовка данных, восстановление модели местности;
- разработка алгоритма навигации по существующей карте: нахождение по снимку себя на карте, извлечение GPS-координат, осуществление навигации;
- оптимизация алгоритма для возможности построения карты в режиме реального времени на борту БПЛА.

В работе рассматриваются алгоритмы компьютерного зрения, которые могут быть использованы для навигации БПЛА, представлены результаты экспериментов и приложение, реализованное для построения трёхмерной модели местности и осуществления поиска по ней.

Дополнительные возможности применения приложения обширны. Например, патрулирование территории и обнаружение новых объектов, не присутствовавших ранее, возвращение в заданную точку в случае потери GPS-сигнала, слежение за данным объектом, навигация по известной графической точке.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Первый вопрос, в котором следует разобраться, – как компьютер обретает зрение? Основная идея состоит в том, чтобы получить какую-то характеристику для описания изображения. В качестве такой характеристики используется понятие ключевая точка (key point) – это такая особая точка, которая сильно отличается от близлежащих точек по какому-то свойству и является уникальной в локальной области изображения. Ключевая точка должна быть устойчивой к повороту, масштабированию, сдвигу, изменению яркости.

Дескриптор – своеобразный описатель или идентификатор ключевой точки, представляющий её в удобном для сравнения виде. Благодаря дескрипторам получается инвариантность относительно преобразований изображений.

Задача построения модели местности, называемая Structure From Motion (структура из движения), подразделяется на следующие этапы:

- Feature detection (нахождение особенностей) – для поиска ключевых точек;
- Feature extraction (извлечение особенностей) – для получения ключевых точек и их дескрипторов;
- Feature matching (сопоставление особенностей) – для сопоставления снимков и нахождения соответствий между ними;
- применение алгоритма Bundle Adjustment – для восстановления модели поверхности на основе сопоставлений снимков.

Существует ряд алгоритмов компьютерного зрения, основанных на особых точках (feature-based algorithms). Они различаются по времени работы и точности сопоставления. Среди них: SIFT, SURF, BRIEF, ORB. В работе были использованы алгоритмы SIFT и ORB. Следует заметить, что одной из задач, которая решалась, было проведение экспериментов с целью сравнения алгоритмов SIFT и ORB. Один из результатов – SIFT дает много ложных сопоставлений при очень большом времени работы (3,5 часа против 20 минут у ORB).

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОИСКА

После выполнения всех этапов процесса Structure From Motion мы получаем 3D-модель, которая используется в качестве 3D-карты реконструируемой поверхности. Модель представляет из себя набор точек пространства, с которым мы можем привязать GPS-данные. Цель алгоритма – найти на построенной 3D-карте расположение нового снимка поверхности. Предполагается, что снимок взят не из исходного набора данных, но на нём присутствует та же область пространства, иначе ничего найдено не будет. Уточняем задачу: найти геометрическое преобразование и с его помощью определить точные координаты точки пространства, из которой был сделан искомый снимок.

Для осуществления поиска по модели вместе с каждой 3D-точкой сохраняется набор дескрипторов всех особых точек, соответствующих этой реальной точке. В итоге получается следующий алгоритм:

- на вход поступает очередной снимок;
- находим ключевые точки и извлекаем соответствующие им дескрипторы;
- сравниваем полученные дескрипторы с сохранёнными в модели;
- находим камеру из исходного набора данных, для которой получили наилучшее сопоставление;
- находим геометрическое преобразование, с помощью которого искомый снимок проецируется на «лучшую» камеру;
- по известным GPS-координатам исходной камеры и геометрическому преобразованию находим местоположение искомой камеры.

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ НАВИГАЦИИ БПЛА

Для разрабатываемого приложения были определены следующие требования: высокая производительность, удобный и кроссплатформенный пользовательский интерфейс, минимум зависимостей. Для реализации

процесса Structure From Motion была выбрана библиотека проективной геометрии с открытым исходным кодом Theia от Криса Суини (Chris Sweeney). Для написания графического пользовательского интерфейса отлично подошел инструмент Qt – кроссплатформенный инструментарий разработки приложений на языке программирования C++.

Реализованное приложение является полноценным инструментом для построения и визуализации 3D-моделей, осуществления поиска по ним. В приложении реализован следующий функционал:

- создание нового или открытие существующего проекта;
- просмотр набора изображений текущего проекта;
- извлечение ключевых точек;
- построение модели;
- визуализация модели;
- поиск по построенной модели.

При визуализации модели отображаются положения исходных камер, с которых видны ключевые точки. При выборе исходного изображения подсвечиваются точки на модели, соответствующие выбранным снимкам. Цветом выделяются результаты поиска. Все это позволяет визуально проанализировать результат работы алгоритма.

При построении модели можно настроить следующие параметры: количество потоков, в которых будет выполняться каждая часть процесса Structure From Motion, тип дескриптора и детектора, стратегия сопоставления снимков. Также поддерживаются настройки внутренних и внешних параметров камеры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучены и проанализированы основные алгоритмы компьютерного зрения используемые для решения задачи реконструкции. Разработано и реализовано приложение для построения 3D-моделей, их визуализации. Разработан алгоритм поиска на трёхмерной карте местности. Подготовлены тестовые данные, проведены эксперименты.

Выбранная область и проблема позволяют не останавливаться на достигнутом и, в дальнейшем, продолжить работу над задачей. В будущем планируется доработка приложения до стабильной версии и распространение его в свободном доступе.