

ТРЕХМЕРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ СНИМКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С БПЛА

*Андрейчиков Владислав Владимирович, Будкевич Карина Сергеевна,
студенты 4-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Князева Е.И., ассистент)*

В настоящее время самым популярным методом, позволяющим решать задачи трехмерной реконструкции поверхности, является метод структуры из движения (Structure for Motion (SfM)). Данный метод основывается на сравнении изображений объекта, сделанных при смещении камеры, с целью автоматического распознавания общих признаков между изображениями, которые в дальнейшем используются для определения параметров сдвига камеры и ориентации фотографируемого объекта относительно положения камеры. К основным этапам метода можно отнести:

- автоматическое распознавание признаков изображения (идентификация соответственных точек пары снимков);
- распределение признаков за счет минимизации расстояния между векторами признаков большой размерности;
- взаимная ориентация соседних изображений и последовательное создание общей модели;
- определение окончательных параметров внутренней и внешней ориентации, а также трехмерных координат измеренных соответственных точек.

В основном для идентификации соответственных точек пары снимков используется алгоритм SIFT (масштабно-инвариантное преобразование) – осуществляет поиск признаков в методе на основе пирамид, который, по сути, определяет локальные распределения градиента с помощью фильтрации Лапласа-Гаусса, и использует это для построения 128-мерного вектора признаков. Геометрическая точность идентификации одноименных точек составляет от 0,5 до 1 пикселя.

Для метода SfM требуются достаточно текстурированные поверхности объектов и относительно небольшие базисы фотографирования, то есть при съемке должна быть обеспечена высокая степень взаимного перекрытия снимков. Результатом применения метода движения из структуры является разреженное облако точек.

Использование БПЛА для трехмерной реконструкции поверхности значительно распространилось благодаря методу SfM и обычно надежно приводит к плотным описаниям поверхности. Как правило, плановая точность составляет примерно 1 пиксель, а точность по высоте – от 2 до 3 пикселей.

Для адекватного описания поверхности объекта, обычно создается плотное облако точек, то есть объект описывается с пространственным разрешением. Сопоставление должно быть, как можно более независимым от геометрических и радиометрических различий между изображениями.

Самым популярным в настоящее время алгоритмом построения плотного облака точек по стереопаре снимков является так называемое полуглобальное отождествление (Semi GlobalMatching (SGM)). Для каждого пикселя выходного изображения метод SGM вычисляет соответствующую точку изображения на эпполярной линии, минимизируя функцию стоимости, в которой сходство двух частей изображения оценивается положительно, а превышение рассчитанного параллакса сравнивается с предельными значениями – оценивается отрицательно. Для этого создается пространство поиска, в котором поиск соответствующих точек изображения происходит по определенным путям, в которых затем сохраняются и оцениваются различия.

В таблице 1 показаны три конфигурации съемки квадрокоптером DJI Phantom 4 RTK. Третья конфигурация представляет собой экстремальный пример съемки с процентом продольного и поперечного перекрытия 90%, что теоретически приводит к очень большому количеству изображений на точку объекта. Стандартные отклонения, достигаемые в каждом случае, находятся в ожидаемом диапазоне примерно 0,5 GSD в плановом положении и от 0,5 до 1,5 GSD по высоте для первой и второй конфигураций. Как и ожидалось, увеличенное поперечное перекрытие во второй конфигурации съемки, прежде всего, дает выигрыш в точности по высоте.

Таблица 1 – Моделируемые конфигурации съемки

Конфигурация съемки	Продольное перекрытия, р, %	Поперечное перекрытия, q, %	Количество снимков	Количество снимков на точку	СКП XY (Max)	СКП Z (Max)
1	60	20	24	2,4	0,015 м (0,027)	0,033 м (0,040)
2	60	60	42	4,7	0,010 м (0,020)	0,016 м (0,029)
3	90	90	520	65,5	0,003 м (0,006)	0,006 м (0,018)

Объединение методов цифровой фотограмметрии и технологий компьютерного зрения позволяет использовать автоматизированные системы, которые, с одной стороны, легко управляются, а с другой, предлагают расширенные инструменты оценки и контроля точности результатов, которые позволяют специалистам добиваться требуемого высокого качества экспортируемых пространственных данных, таких как: плотные облака точек, текстурированные полигональные модели, ортофотопланы и цифровые модели местности (ЦММ).

Современные фотограмметрические методы, такие как построение текстуры из движения, позволяют полностью автоматизировать фотограмметрическую обработку снимков с одновременной калибровкой используемой камеры. Отсутствие ограничений на количество используемых изображений, приводит к более надежной реконструкции поверхности. Практика показывает, что для среднего стандартного отклонения координат объекта в плановом положении примерно 1 GSD и по высоте примерно от 0,5 до 1,5 GSD.

Литература:

1. Фотограмметрия : учеб. для вузов / А.Г. Чибуничева [и др.]; под общ. ред. А.Г. Чибуничева. – М. : МИИГАиК, 2016. – 294 с.
2. Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 1.8 [Электронный ресурс]: руководство пользователя. – Режим доступа : https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_8_ru.pdf.
3. Радцевич, Е. И. Тенденции развития ГИС / Е. И. Радцевич, А. В. Кабацкий, С. М. Крупица // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Международной научно-технической конференции / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 267-272.
4. Краснопевцев, Б.В. Фотограмметрия : метод. пособие / Б.В. Краснопевцев, В.М. Курков – М.: МИИГАиК, 2012, – 74 с.