

ФОТОГРАММЕТРИЯ КАК СПОСОБ СОЗДАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ. ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ

Холод П.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Для создания 3D-модели из реального объекта необходимо получить информацию о координатах его точек в пространстве. Для этого существуют следующие методы: 1) контактные (измерительные щупы, проходящие по всей поверхности объекта); 2) бесконтактные: ультразвуковые (по времени отражения звуковых волн и скорости звука определяется расстояние до точек объекта от излучателя), электромагнитные (как ультразвуковые, но используют электромагнитные волны), лазерные (аналогично работе лазерного дальномера), фотограмметрические [1].

Фотограмметрия – это научно-техническая дисциплина, изучающая способы определения форм, размеров, положения в пространстве различных объектов по их фотоизображениям [2].

Фотограмметрия, как правило, используется в двух основных направлениях. 1) Сканирование местности, крупных площадей и в результате преобразование результатов в карты объектов/местности (создание ортофотопланов). 2) Работа с отдельными объектами различного размера: для получения 3D-модели, которая может использоваться для исследования и симуляции объекта, разработки техпроцесса его производства (реверс-инжиниринг); для восстановления археологических находок; при создании цифрового двойника; в медицине для учёта индивидуальных особенностей строения элементов организма конкретного человека и т.д.

В настоящее время существует большое количество программных средств, выполняющих автоматизацию процесса обработки фотографий и получения 3D-объекта из них. Данные программы имеют разные алгоритмы, лежащие в основе их работы, однако придерживаются схожей последовательности действий: загружается весь набор изображений, далее каждое изображение обрабатывается, на них выделяются ключевые точки, затем программа выполняет поиск совпадений между ключевыми точками на соседних снимках, выполняется оценка соответствий и удаление ошибочных, вычисляется положение камеры во время выполнения каждого снимка, определение трёхмерных координат точек и преобразование их в результирующее 3D облако точек, чего для некоторых задач, где не требуется высокая точность, достаточно [3]. В задачах, где требуется высокая точность, далее при помощи различных алгоритмов выполняется преобразование облака точек в полигональную модель, либо

объект поверхностного моделирования, либо твердотельную модель. Иногда это всё реализовано в одном программном комплексе.

Современные достижения в области компьютерного зрения и обработки изображений позволяют получать 3D-модели не только при помощи 3D-сканнеров и профессиональных оптических систем, но и используя бытовые камеры, включая камеры смартфонов. Вне зависимости от используемого программного обеспечения и оборудования для съёмки, для получения лучших результатов при использовании методов фотограмметрии следует придерживаться некоторых правил: 1) хорошее освещение объекта съёмки со всех сторон без теней и отражений; 2) сохранять фиксированным значение фокусного расстояния; 3) снимки должны охватывать все ракурсы, при этом на каждой новой фотографии должна меняться либо позиция камеры либо должен быть выполнен поворот объекта (например, поворотным столом); 4) на каждом фото объект должен занимать большую часть; 5) лучше, если фон однотонный, ровный, при этом цвет сильно контрастирует с объектом, а сама поверхность объекта в идеале не должна иметь отражающих и прозрачных участков, цвет объекта не должен быть чёрным; 6) большее количество снимков позволяет обеспечить большую точность (обычно в зависимости от размеров и сложности геометрии объекта требуется от 50 до 150 фотографий) [4]; 7) если объект имеет внутреннюю геометрию, и (или) полная информация о нём недостижима при единственной его установке, то необходимо выполнить съёмку отдельно внешнего и внутреннего контуров и (или) съёмку при нескольких его установках, обеспечивающих полную информацию, затем для каждого набора фотографий создаётся отдельная 3D-модель, которые затем соединяются в единую при помощи специализированного программного обеспечения, например, MeshLab.

Далее рассматриваются программы, которые позволяют получить 3D-модель объёмного стационарного объекта, некоторые из них также пригодны для создания карт местности. Те же, которые используются только для создания карт местности, не рассматриваются. Программы, реализующие описанные функции можно разделить на две группы:

- платные: Agisoft Metashape (ранее Photoscan)*, 3DSOM*, Strata Foto 3D, Reality Capture, Autodesk ReCap*, iWitness, Photomodeler*.

- бесплатные: Alice Vision Meshroom, Autodesk 123D Catch, 3DF Zephyr (до 50 фото в одном проекте), Colmap, Regard3D, VisualSFM, Qlone [5], [6].

* - доступен бесплатный пробный период.

Все из перечисленных программных продуктов поддерживают экспорт результатов в формате .obj, большинство также поддерживают формат .stl. Оба формата поддерживаются как в наиболее популярных САПР (КОМПАС-3D, SolidWorks, Catia, NX, Fusion 360, Autodesk

Inventor), так и в ПО для 3D-моделирования дизайнерского типа: Blender, Autodesk 3ds Max.

По количеству публикаций и учебных материалов наибольшее распространение получили Agisoft Metashape, Alice Vision Meshroom, 3DF Zephyr, Autodesk ReCap, Colmap.

Результаты фотограмметрии могут быть оценены путём сравнения полученного облака точек/полигональной/поверхностной/твердотельной модели с эталонной (3D-модель, по которой выполнен объект, либо результат 3D-сканнера высокой точности) при помощи программных продуктов, например, Geomagic, Meshlab, ZEISS INSPECT, функция «Сравнение тел» SolidWorks и т.д. либо алгоритмически при помощи таких методов, как: вычисление евклидова расстояния, вычисление среднеквадратической ошибки (RMSE), измерение Хаусдорфа [5], используемое для оценки качества упрощения полигональных объектов при реализации технологии проработки уровня детализации (LOD), L1-норма, расстояние Вассерштейна, коэффициент корреляции, поэлементное сравнение и др [6].

1. Константинов, Т. А. Фотограмметрический метод получения 3D модели в решении прикладных задач / Т. А. Константинов, А. В. Селихов // X Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием имени академика А.Г. Шипунова : материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием имени академика А.Г. Шипунова, Ливны, 24 марта 2023 года. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2023. – С. 176-180.
2. Карманов А. Г. Прикладная фотограмметрия: учебное пособие. – Санкт-Петербург, 2012. – 171 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opcn.ifmo.ru/imagcs/6/6e/145531photogrammctria.pdf>
3. Катермин, В. С. Фотограмметрия: 3D-модель из фотографий / В. С. Катермин // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 12-11(80). – С. 89-94.
4. Capturing [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://meshroom-manual.readthedocs.io/en/latest/capturing/capturing.html>
5. Извозчикова, В. В. 3D-моделирование методов съемки мобильными видеосистемами / В. В. Извозчикова, А. В. Меженин // Программные продукты и системы. – 2016. – № 3. – С. 163-167. – EDN XEPQKB.
6. Коньков, В. В. Программно-аппаратный комплекс получения фотоизображений на основе технологии ИОТ и анализ точности различных алгоритмов цифровой генерации 3D моделей на основе принципа фотограмметрии / В. В. Коньков, А. Б. Замчалов, М. Г. Жабицкий // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Т. 11, № 8. – С. 32-51.