УДК 528.4

СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

***Кабацкий Александр Викторович**, старший преподаватель кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
kabackij@bntu.by
***Крупица Сергей Михайлович**, старший преподаватель кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
krupica@bntu.by

В статье рассмотрены основные способы создания 3d-моделей зданий и сооружений по результатам геодезических измерений, их преимущества и недостатки, сделаны выводы о предпочтении использования методов съемки при создании цифровых моделей зданий и сооружений.
Ключевые слова: 3-D модель, геодезический метод, стереофотограмметрическая съемка, лазерное сканирование.

В настоящее время для представления пространственных объектов местности широко используются 3D-модели, которые обладают гораздо более широкими возможностями, нежели их двухмерный аналог, особенно при проведении работ по реставрации исторических и архитектурных комплексов.

При создании 3-D моделей и обмерных чертежей применяются следующие методы:

- традиционный геодезический метод (съемка электронным тахеометром);
- наземная и воздушная стереофотограмметрическая съемка;
- наземное и воздушное лазерное сканирование.

Съемка электронным тахеометром за продолжительный период зарекомендовала себя как широко распространенный и проверенный на практике способ. При помощи тахеометра определяются пространственные координаты сооружения путем измерения горизонтальных и вертикальных углов, а также расстояний.

Основными этапами геодезического метода при выполнения фасадных съемок следующие:

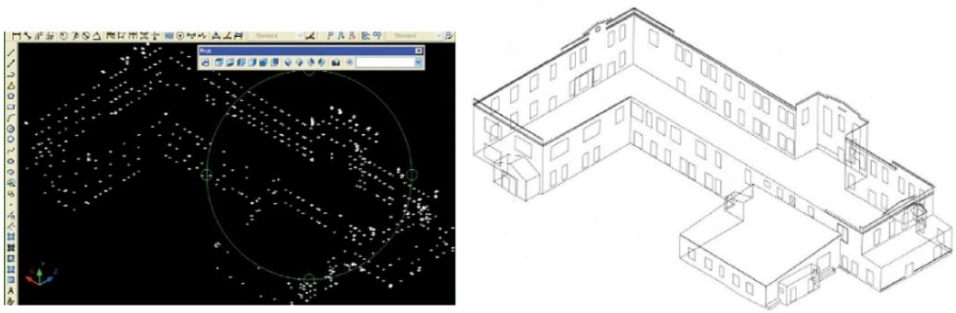
- создание опорной геодезической основы для объекта в необходимой системе координат;
- съемка элементов фасада здания тахеометром;
- обработка полученных данных в системе автоматизированного проектирования.

Опорная координатная сеть создается на территории около здания или сооружения в виде закрепленных на местности точек, для которых определяются координаты X, Y и высота H.

Одновременно с проложением опорной сети вокруг сооружения производят измерения для определения координат и высот характерных (опорных) точек фасадов. Затем производится съемка с каждого пункта опорной координатной сети путем измерения всех видимых элементов фасада здания.

Дальнейшая обработка измерений выполняется в системе автоматизированного проектирования, в которой создается каркасная модель, образующая все детали архитектурных элементов (Рис. 1а), а затем путем векторизации – трехмерная модель (Рис. 1б).

а б



а – общий вид точек; б – трехмерная модель

Рисунок 1 – Создание 3-D модели в системе автоматизированного проектирования

Данный метод достаточно эффективен для сравнительно несложных объектов. Однако для объектов со сложными архитектурными формами, больших размеров, методы тахеометрической съемки, становится затратным и по полевым и по камеральным работам. Для крупных объектов съемка с земли не обеспечивает полное отображение архитектурных форм,

в силу наличия «мертвых» зон недоступных для съемки (особенно крыш и верхних элементов сооружения).

Фотограмметрические методы являются методами сбора информации об объекте исследования. Крупномасштабные снимки могут быть получены с использованием съемки с различных летательных аппаратов (легких вертолетов, легкомоторных самолетов, беспилотных летательных аппаратов) и наземной фотосъемкой, а также разнообразными цифровым фотокамерами (профессиональными и любительскими) среднего и малого формата.

Выполнение фотограмметрических работ с целью определения трехмерных координат всех характерных точек объекта включает следующие процессы:

- выбор параметров съемки (масштаб съемки, высота фотографирования; модель камеры, особенности формы объекта);
- фотограмметрическая калибровка (определение элементов внутреннего ориентирования (фокусного расстояния и координат главной точки), поправок за дисторсию съемочной камеры)
- создание векторной модели по стереопарам цифровых снимков;
- отображение полученных результатов.

Недостатками фотограмметрического метода по данным аэрофотосъёмки являются метеозависимость (облачность может повлиять на временные затраты при обработке снимков, а наличие ветра – на точность полученных данных), а также необходимость получения обязательного разрешения на использование воздушного пространства и ведение фотосъемки, обязательное наличие квалификации у оператора по управлению беспилотными летательными аппаратами.

Стереофотограмметрическая съемка позволяет получить достоверную информацию о размерах, форме, положении объекта и всех его элементов в пространстве, данный метод может быть реализован с применением недорогого оборудования. В результате съемки можно создать метрические фотоснимки, ортофотопланы, обмерные чертежи и 3D-модели.

Принцип наземного сканирования для определения координат точек объекта состоит в нахождении трехмерных координат точек объекта методом полярной засечки с одновременной фиксацией интенсивности отраженного сигнала (Рис 2).

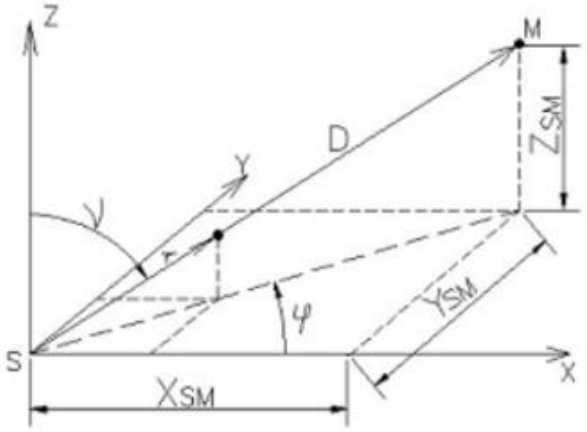


Рисунок 2 – Принцип работы лазерного сканера

Координаты точки M объекта (X_M, Y_M, Z_M) в системе координат сканера S ($X_S Y_S Z_S$) определяются по значениям измеренных горизонтального γ и вертикального ν углов визирного луча SM и наклонной дальности до снимаемой точки SM(D), определяемой с помощью импульсного или фазового лазерного дальномера.

Съемка объекта производится путем последовательного определения координат точек объекта, расположенных в сечениях объекта плоскостями сканирования, проходящими через ось Z с системы координат сканера. В каждой плоскости измерение точек производится путем циклического поворота вокруг горизонтальной оси сканера на угол Δ.

После завершения измерений точек в одной вертикальной плоскости происходит поворот сканера вокруг вертикальной оси на угол Δ и измерения выполняются при новом положении плоскости сканирования. В результате съемки получается некий массив (облако) точек, описывающий объект в системе координат сканера. При необходимости съемка выполняется с нескольких точек стояния прибора с перекрытием облаков точек на объекте.

Затем, в специализированном программном, обеспечении выполняется взаимное и внешнее ориентирование облаков точек. Взаимное ориентирование выполняется по общим точкам в зоне перекрытия, а внешнее по опорным точкам, координаты которых определенны в системе координат объекта. В качестве опорных точек могут быть использованы естественные контурные точки объекта, но чаще используются специальные марки, заранее установленные на объекте.

Обработка результатов сканирования выполняется в специализированных программных продуктах, предназначенных для работы с лидарными данными.

Построение модели происходит из примитивов с привязкой элементов построения к облаку точек, что обеспечивает сходство с реальным объектом.

К основным преимуществам технологии лазерного сканирования, можно отнести следующие:

- трехмерная визуализация, с достоверной информацией о форме, размерах и положении снимаемых объектов;
- высокая оперативность и скорость съемки;
- съемка труднодоступных и сложных объектов;
- высокая точность и детализация при построении модели.

К недостаткам лазерной съемки по сравнению с другими технологиями архитектурных обмеров можно отнести следующее:

- большие временные затраты при построении векторных моделей по облаку точек;
- необходимость использования мощные производительные компьютерной техники.

Для составления цифровых моделей зданий в настоящее время предпочтение отдается методу наземного лазерного сканирования и фотограмметрический метод по данным аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов, так как эти методы обеспечивают высокую точность и требуют меньших затрат труда и времени.

Технологии лазерного сканирования и аэрофотосъемки имеют свои преимущества и недостатки, но использование сочетания этих способов (съемку фасада здания можно выполнять способами наземного лазерного сканирования, а верхних элементов и крыш с помощью стереофотограмметрических методов и воздушного лазерного сканирования) решит основную проблему создания полноценных высокоточных цифровых моделей крупных и сложных зданий и сооружений.