

А. В. Лактионова^{1}, Е. П. Хлебникова¹*

Исследование различных методов получения 3D-модели зданий в условиях города

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация,
*e-mail: lakhtionova.nastya98@gmail.com

Аннотация: 3D-моделирование становится ключевым элементом в строительстве, архитектуре, геодезии и многих других отраслях. В настоящее время особое внимание уделяется системам лазерного сканирования, в роли которых выступают различные 3D сканеры – от воздушных и наземных до популярного датчика lidar в телефонах. Однако стоит учитывать и не менее эффективные и доступные методы, к ним можно отнести – фотограмметрию, тахеометрию и инженерное моделирование. Данные методы в некоторых случаях могут быть не только более быстрыми и более доступными с точки зрения затрат, но и предоставлять высокое качество конечного продукта. Внедрение разнообразных методов в процесс создания 3D-моделей может существенно расширить возможности пользователей в выборе оптимального подхода, что важно для эффективного и точного моделирования в различных сферах деятельности.

Ключевые слова: 3D-моделирование, цифровая трехмерная модель, цифровой двойник

A. V. Lakhtionova^{1}, E. P. Khlebnikova¹*

Research of various methods for obtaining 3D-models of buildings in urban conditions

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation,
*e-mail: lakhtionova.nastya98@gmail.com

Abstract: 3D modeling is becoming a key element in construction, architecture, geodesy and many other industries. Currently, special attention is paid to laser scanning systems, which are various 3D scanners - from aerial and ground to the popular lidar sensor in phones. However, it is worth considering equally effective and affordable methods, these include photogrammetry, tacheometry and engineering modeling. In some cases, these methods may not only be faster and more affordable in terms of costs, but also provide a high quality of the final product. The introduction of various methods in the process of creating 3D models can significantly expand the capabilities of users in choosing the optimal approach, which is important for effective and accurate modeling in various fields of activity.

Keywords: 3D modeling, digital three-dimensional model, digital double

Введение

В связи с расширением городской инфраструктуры, особенно в свете урбанизации и увеличения объёмов строительства, становится все более важным повсеместное создание 3D-моделей объектов городской застройки, позволяющее с легкостью передавать и анализировать данные, характеризующие те или иные параметры этих объекты. Трехмерные модели объектов могут быть созданы ме-

тодами обратного моделирования, то есть модель получают при помощи восстановления трехмерной модели уже существующего объекта или методом прямого моделирования, при котором моделирование объекта выполняется «с нуля» в специальном программном обеспечении (рис.1).



Рис. 1. Методы 3D моделирования

На основании вышеизложенного можно сформулировать следующие задачи исследования:

- осуществить обзор и проанализировать достоинства и недостатки актуальных методов получения 3D-моделей зданий и сооружений;
- осуществить поиск и оценить результаты выполнения реальных проектов, где использовались различные методы получения 3D-моделей зданий;
- сравнить технические характеристики каждого из методов и исследовать, в каких областях каждый из методов будет являться наиболее эффективным;
- выбрать объект работ для сравнения различных способов получения 3D-моделей зданий на практике.

Методы и материалы

Рассмотрим основные методы обратного моделирования.

Фотограмметрический метод. Это метод получения трехмерных моделей объектов основанный на анализе 2D снимков. Схема получения простая:

- получение снимков объекта с разных углов и ракурсов (здесь могут использоваться квадрокоптеры, телефоны, фотоаппараты);
- камеральная обработка результатов в специализированных программных продуктах, например, Agisoft Metashape или Pix4D. Формирование точек общих

характеристик (на снимках выделяются ключевые точки, которые присутствуют на нескольких изображениях, эти точки могут быть углами, краями или другими характеристиками объекта) [1];

- трассировка и измерение – фотограмметрические алгоритмы программы автоматически отслеживают движение этих ключевых точек на разных снимках и используют эту информацию для восстановления 3D-координат каждой точки;

- создание облака точек – полученные 3D-координаты точек объединяются в облако точек, представляющее поверхность объекта;

- построение поверхности – на основе облака точек строится трехмерная поверхность объекта, которая может быть текстурирована с использованием цветов и текстур из оригинальных фотографий.

Ко второму методу обратного моделирования можно отнести лазерное сканирование. Это способ получения точной трехмерной информации о поверхности объекта с использованием лазерного луча. А схема получения 3D-модели объекта выглядит следующим образом:

- измерение и сбор данных. Во время сканирования лазерный сканер перемещается по объекту (зданию), собирая данные о расстоянии до поверхности в различных точках. Одновременно сканер создает облако точек на каждой из своих станций;

- обработка и «сшивка» полученных данных. Специализированное программное обеспечение используется для обработки облака точек и создания точной трехмерной модели объекта;

- воссоздание формы. На основе обработанных данных строится трехмерная поверхность, которая точно отражает форму и структуру объекта [2].

К третьему методу можно отнести тахеометрический метод. Этот метод, в контексте получения 3D-модели здания, связан с использованием тахеометра – инструмента, который объединяет в себе функции теодолита и дальномера [3].

И к последнему методу обратного моделирования можно отнести использование смешанных методов. Некоторые проекты могут комбинировать несколько методов, чтобы достичь наилучших результатов. Например, фотограмметрию можно использовать в сочетании с лазерным сканированием для более точных и детализированных моделей [4].

К методу прямого моделирования относят инженерное моделирование. Это процесс создания виртуальных трехмерных моделей зданий на основе имеющихся данных. Здесь схема получения сводится к двум этапам:

- получение исходных данных. Здесь может использоваться техническая документация уже построенных объектов, данные по приведённым обследованиям и измерениям и др.;

- построение модели в программах инженерного моделирования, таких как SketchUp, Revit или AutoCAD по исходным данным [5].

Рассмотрим реальные примеры получения 3D-моделей зданий/сооружений/городов по некоторым из рассмотренных методов (табл.1).

Примеры получения 3D-моделей зданий/сооружений/городов

Метод	Фото	Описание
Метод лазерного сканирования		Пример получения 3D-модели таунхауса, его технического плана при помощи системы лазерного сканирования. Работы проводились в 2016 году московской компанией «Союзгипрозем» в коттеджном поселке БрикВуд для подготовки проекта дизайна интерьера. В качестве инструмента использовался лазерный сканер Trimble TX8 [6].
Фотограмметрический метод		Пример применения беспилотного летательного аппарата для получения 3D-модели города Санкт-Петербург. Масштаб модели 1 к 1. Центр города выполнен с соблюдением реальных текстур, скатными кровлями и средним уровнем детализации, а некоторые места с реальными текстурами [7].
Метод инженерного моделирования		Пример 3D-модели города Нижний-Новгород, полученной по технической документации в рамках проекта «3D-город». Портал «3D-Город» создавался в большей степени как рабочий инструмент Правительства Нижегородской области для пространственного анализа, принятия и презентации градостроительных решений [8].

Выбор метода для создания 3D-модели здания зависит от нескольких факторов: целей моделирования, типа данных и ресурсов, бюджета проекта, временных рамок, качества и сложности модели, типа здания и окружающей среды. Например, использование дронов для фотограмметрии может быть эффективным для обширных зданий или участков, в то время как лазерное сканирование может быть более удобным для детализации внутренних пространств.

Также важно помнить, что при создании больших по площади трехмерных моделей, нужно учитывать и размер файла, который получится в результате проведенных работ. Только мощные компьютеры могут открыть сложный и крупный проект, например, такой как 3D-модель отсканированного промышленного комплекса площадью 1000 квадратных метров.

Результаты и материалы

Для сравнения рассмотренных методов были выбраны конкретные приборы: 3D сканер Leica BLK360, квадрокоптер Атлас Компакт Гео, тахеометр Leica TS16 для дальнейшей возможности практически их сравнить (табл. 2)

Таблица 2

Сравнение методов получения 3D-модели здания

Критерий	Сканирование 3D сканером Leica BLK360 [9]	На основании технической документации	При геодезического квадрокоптера Атлас Компакт Гео [10]	При помощи тахеометрической съемки Leica TS16 в без отражательном режиме [11]
Точность изменений	до 6 мм на 10 м	Не оценимый критерий	2-7 см	На отражатель (1,0 мм + 1,5 ррм) и на любую поверхность (2,0 мм + 2 ррм)
Затраты времени на съёмку	80 минут 200 м ²	-	30 минут 200 м ²	160 минут 200 м ²
Затраты времени на обработку	14 часов 200 м ² в программе Credo 3D скан	8-10 часов 200 м ² в программе ArchiCAD	8-10 часов 200 м ² в программе CompactAgisoft Metashape	6 часов 200 м ² В программе Credo
Стоимость оборудования на октябрь 2023г. (без учета компьютера)	2 615 000 руб	-	675 000 руб	3 195 480 руб.
Стоимость работ на октябрь 2023г.	50-100 т.р.	20-80 т.р.	15-30 т.р.	20-40 т.р.
Использование в строительстве	Да	Да	Нет	Да
Использование в реставрационных целях	Да	Да/нет	Да	Да
Максимальная площадь объекта работ	Нет предела	Нет предела	До 500 м ²	Нет предела
Возможность использования при исполнительной съёмке строительных конструкций	Да	Да	Да	Да
Необходимость дополнительных материалов (Фото, тех. планов...)	Нет	Да	Нет	Нет
Возможность использования при внутренних обмеров здания	Да	Да	Нет	Нет
Модель «один в один»	Да	Нет	Да	Да

В ходе исследования были рассмотрены различные методы получения 3D-моделей зданий и сооружений, а также проведено сравнение их характеристик

на практике. Анализ приведенных методов позволил сделать следующие выводы:

- лазерное сканирование, выполняемое 3D-сканером Leica BLK360, обладает высокой точностью съемки и возможностью использования внутри объектов. Однако, это сопряжено с более высокими затратами по времени и деньгам, что делает его более подходящим для строительных, реставрационных и фасадных работ;

- съемка с беспилотного летательного аппарата, с использованием квадрокоптера Атлас Компакт Гео, выделяется малыми стоимостью и затратами времени на обработку и съемку, но ограничена низкой точностью и невозможностью проведения работ внутри зданий. Этот метод наиболее подходит для мониторинга, реставрационных и архитектурных работ;

- тахеометрическая съемка объектов, представленная тахеометром Leica TS16, обеспечивает высокую точность и относительно низкие затраты. Однако, этот метод требует больше времени на съемку объекта и не может использоваться внутри зданий, что делает его менее подходящим для целей 3D-моделирования;

- использование технической документации предоставляет преимущества во временных затратах и отсутствии необходимости выезда на съемку. Однако, модель, полученная на основании документации, может не являться моделью «один в один», что может быть неприемлемо для некоторых работ. Этот метод широко используется в строительстве и архитектуре.

Заключение

В заключении необходимо отметить, что выбор метода зависит от конкретных задач и особенностей проекта. Например, если требуется создать высокоточную модель существующего здания с большим количеством деталей, лазерное сканирование может быть предпочтительным. В то время как для концептуального проектирования и создания архитектурных ансамблей методы прямого моделирования могут быть более удобными и эффективными.

В рамках продолжения исследований планируется выполнить сравнение рассмотренных методов получения 3D-моделей объектов на практике. В качестве экспериментального объекта выбрано здание, находящееся на участке с кадастровым номером 35:24:0305018:3 по адресу: Российская Федерация, Вологодская область, город Вологда, ул. Карла-Маркса, д. 68 (рис. 2).

Процесс выбора оптимального метода требует внимательного анализа задач проекта, доступных ресурсов и бюджета. Оптимальное решение может также включать в себя комбинацию различных методов для достижения наилучших результатов в конкретной ситуации. Результаты исследования могут служить руководством для профессионалов в области геодезии, строительства и дизайна при выборе наилучшего подхода к созданию 3D-моделей зданий и сооружений.



Рис. 2. Экспериментальный объект исследования

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лахтионова А. В., Заварин Д. А. Трехмерное моделирование зданий по данным технических паспортов третьего корпуса ВоГУ // Молодые исследователи регионам. – Вологодский государственный университет, 2023. – С. 362–364.
2. Лахтионова А. В., Заварин Д. А. Трехмерный кадастр недвижимости // Молодые исследователи регионам. – Вологодский государственный университет, 2022. – С. 319–321.
3. Смирнова Е. К., Заварин Д. А., Лахтионова А. В., Наумкова В. А., Скородумова Е. С. Опорная межевая сеть Вытегорского района Вологодской области // Московский экономический журнал. – 2022. – Т. 7. – № 1.
4. Алтынцев М. А., Карпик П. А. Методика создания цифровых трехмерных моделей объектов инфраструктуры нефтегазодобывающих комплексов с применением наземного лазерного сканирования // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25. – № 2. – С. 121–139.
5. Ланковская Е. В., Семяк А. Ф. 3D-моделирование и визуализация зданий // Молодёжь, Наука, Творчество. – 2016. – Омский государственный технический университет, 2016. – С. 421–422.
6. СоюзГипрозем: наземное лазерное сканирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.souzgiprozem.ru/tehnologii-nazemnoe-lazernoe-skanirovanie.html>.
7. Архитектурный блог: 3D модель Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://orlova.cih.ru/blog/2021/03/09/3d>.
8. 3D Город: информационно-аналитическая система Нижегородской области "3D-Город" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3d-gorod.ru/portal/apps/sites/#/3dcity/pages/oproekte>.
9. Leica Geosystems: лазерный 3D-сканер Leica BLK360 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://leica-geosystems.com/ru/products/laser-scanners/scanners/blk360>.
10. Геоприбор: геодезический квадрокоптер Geobox Atlas Compact [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geospb.ru/geodezicheskie-kvadrokoptery-i-drugie-bas/2981-kompleks-dlya-aerofotosemki-geobox-atlas-compact.html>.
11. Geooptic: Роботизированный тахеометр Leica TS16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geooptic.ru/product/leica-ts16-a-r1000-1>.

© А. В. Лахтионова, Е. П. Хлебникова, 2024