

Анализ методов создания пространственных моделей

А. В. Ситникова^{1}*

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: anzhela.sitnikova.1999@mail.ru

Аннотация. В настоящее время использование пространственных моделей стало неотъемлемой частью различных сфер деятельности человека. Зачастую при выборе метода реализации работы в той или иной сфере, главными требованиями заказчика являются: время, затраченное на работу, стоимость и точность полученных результатов. В связи с этим данное исследование нацелено на выявление оптимального варианта достижения требований, поставленных заказчиком. В статье рассмотрены основные методы создания пространственных моделей и области их применения. За основные методы были приняты: геодезический, фотограмметрический и метод лазерного сканирования. В результате исследования выявлены положительные и отрицательные стороны использования каждого из методов, а также проведен сравнительный анализ, позволяющий выявить приемлемый метод для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: пространственная модель, цифровая модель, стереофотограмметрическая съемка, тахеометрическая съемка, лазерное сканирование

Analysis of methods for creating spatial models

A. V. Sitnikova^{1}*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: anzhela.sitnikova.1999@mail.ru

Annotation. Presently, the use of spatial models has become an integral part of various fields of human activity. Often, when choosing a method for implementing work in a particular area, the main requirements of a customer are: time spent on work, cost and accuracy of the results obtained. In this regard, the study is aimed at identifying the best option for achieving the requirements set by the customer. The article discusses the main methods for creating spatial models and areas of their application. For the main methods were taken: geodetic, photogrammetric and laser scanning method. As a result of the study, advantages and disadvantages of each of the methods were identified, and a comparative analysis was carried out to identify an acceptable method for solving the problem.

Keywords: spatial model, digital model, stereophotogrammetric survey, tacheometric survey, laser scanning

Введение

Задача получения пространственных моделей является актуальной в различных сферах жизни общества. Моделирование предоставляет возможность переноса результатов на оригинал, тем самым решая задачу переноса данных [2]. Учитывая трудоемкость создания трехмерных моделей, активно развиваются методы их автоматического получения. Помимо этого, пространственное моделирование позволяет решить следующие задачи:

- размещение организаций (промышленные, энергетические и гражданские сооружения), отрицательно влияющих на прилегающую территорию;
- постройка различных объектов с учетом зон затопления;
- распределение на городской территории служб специального назначения (пожарные службы, службы общественного порядка и др.);
- оценка стоимости земли с учетом природных и социально-экономических факторов;
- контроль экологического состояния территории [10, 11].

Цель данного исследования – выявить наиболее оптимальный метод создания пространственной модели объекта, учитывая его техническую и материальную составляющие.

Методы

Создание пространственных (цифровых) моделей является актуальным в таких отраслях, как строительство, архитектура, геодезия, астрономия, культура, археология, судебная медицина, криминалистика и другие. Применение трехмерных моделей позволило многим специалистам расширить область своей деятельности.

В статье [20] приводится понятие, в котором подразумевается, что цифровая модель представляет собой модель криволинейной поверхности, создаваемой на основе реальной поверхности (объекта). Трехмерный аналог реального объекта, позволяет детально изучить непосредственно сам объект, произвести необходимые расчеты, проследить за его деформацией или же любыми другими изменениями. Достоверность цифровой копии объекта достигается при помощи современного программно-аппаратного комплекса, а также благодаря множеству методов получения информации об объекте.

Самыми распространенными методами для создания пространственных моделей являются: геодезический, фотограмметрический и метод лазерного сканирования. Рассмотрим их более подробно.

Геодезический метод

В качестве геодезического метода создания трехмерной модели выступает тахеометрическая съемка. С греческого языка «тахеометрия» дословно переводится как «быстрое измерение» [17]. Данный вид съемки является одним из самых распространенных видов топографических съемок, реализуемых при помощи геодезических приборов – тахеометров и теодолитов. Тахеометрическая съемка, позволяет одновременно осуществить как горизонтальную, так и вертикальную съемку.

Суть данного метода заключается в установлении точек, которые представляют собой рельеф местности и очертания объектов. По полученным материалам составляется план местности, на котором изображают ситуацию и рельеф.

В ходе съемки, прибор устанавливается над точкой съемочного обоснования (опорная точка) и приводится в рабочее положение. Далее, по одной из сторон тахеометрического хода, примыкающей к станции, ориентируют лимб. Также,

при помощи рулетки, происходит измерение высоты прибора с точностью до 0,01 м. После, намечают пикеты, расстояния между которыми для различных масштабов не должны превышать определенных величин [16].

Для получения лучшего результата, целесообразнее осуществлять съемку при помощи электронного или номограммного тахеометра, который позволит автоматически получать превышения и горизонтальные проложения.

Тахеометрия применима там, где эффективность других топографических съемок крайне низка, например, для съемки небольших территорий (объектов) в масштабах 1:500–1:5000 [1]. Пример выполнения плана тахеометрической съемки приведен на рис. 1

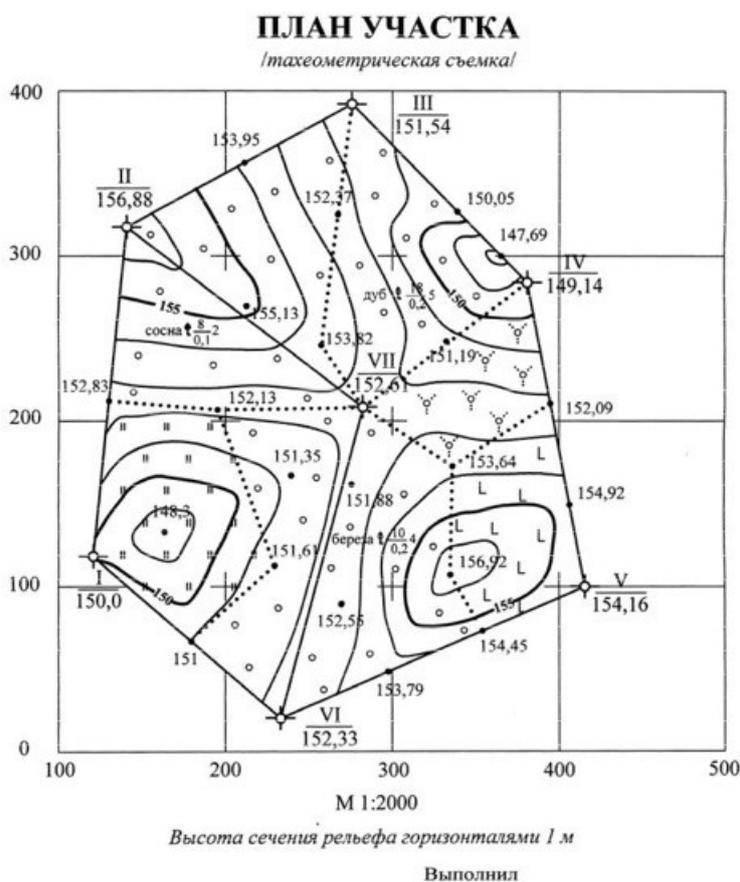


Рис. 1. План тахеометрической съемки [18]

Основными преимуществами тахеометрической съемки являются:

- выполнение съемки контуров и рельефов полярным способом;
- применение метода тригонометрического нивелирования для определения высот и превышений съемочных точек;
- проведение съемки при неблагоприятных погодных условиях;
- одновременное проведение камеральных работ и полевых измерений;
- автоматизация процесса съемки при использовании электронных тахеометров.

Главным недостатком тахеометрической съемки является то, что результат (план местности), достигаемый в камеральных условиях, может быть получен, только после проведения полевых работ и зарисовок, что, впоследствии исключает возможность своевременного выявления всех допущенных недочетов и промахов, исправление которых можно осуществить только при повторных измерениях [7].

Фотограмметрический метод

Одним из распространенных способов получения информации об объекте в фотограмметрии является стереофотограмметрическая съемка. Данный метод наземной съемки основан на измерениях стереопар фотоснимков исследуемых объектов, а также изучении их геометрических свойств и методов определения размеров, формы, и пространственного положения объектов. Пример стереопары фотоснимков представлен на рис. 2 [13].



Рис. 2. Стереопара карьера «Удачный» [13]

На стереофотограмметрических системах выполняются следующие виды работ:

- определение координат и высот точек объекта;
- создание карт различного назначения;
- создание цифровых моделей рельефа;
- построение сетей пространственной фототриангуляции.

Стереофотограмметрическая съемка также применяется для обнаружения деформаций сооружений, изучения объектов культурного наследия, движения ледников, построения планов местности и других задач.

Преимуществом использования данного метода является оборудование. Традиционный подход к наземной стереофото съемке основан на использовании фототеодолитов. Помимо этого, в наземной фотограмметрии используются стереофотограмметрические камеры, представляющие собой две абсолютно одинаковые съемочные камеры, которые устанавливаются на некотором базисе, таким образом, чтобы оптические оси этих камер были перпендикулярны к базису [12].

Также, данный вид съемки можно реализовать при помощи обычной цифровой камеры. Для этого изначально нужно выбрать два удачных ракурса. После установки камеры происходит фотографирование первого ракурса. Далее, необходимо сместить фотокамеру и произвести съемку второго ракурса. Смещение

должно быть строго горизонтальное. Положительный результат при использовании данного метода можно получить только при съемке статичных объектов, так как при смещении камеры, движущиеся объекты меняют свое положение в пространстве по отношению к первому снимку, при такой съемке результат не будет объемным [3]. Использование цифровой камеры, оптимизирует процесс съемки и значительно снижает затраты, так как цветные изображения получаются в кратчайшие сроки, и не требуют проведения фотолабораторных работ.

Из всего вышеперечисленного можно выделить следующие преимущества использования стереофото съемки:

- высокая производительность (измеряются не объекты, а их изображения);
- реализация метода при наличии недорогого оборудования;
- полноценная фиксация состояния объекта;
- достоверность полученных снимков;
- полная объективность результатов измерений (изображения получают фотографическим способом);
- оперативное получение цветных изображений;
- практичность хранения материалов съемки;
- измерения выполняются дистанционным методом (позволяет проводить измерения в особых условиях, например, когда объекты недоступны или находятся в зоне небезопасной для человека) [9].

Метод лазерного сканирования

Лазерное сканирование является современным методом получения 2D и 3D моделей изучаемого объекта. Лазерное сканирование находит применение во многих отраслях, например, таких как строительство, архитектура, железнодорожная и автомобильная отрасли, горное дело, электроэнергетика и многие другие [19].

Данный метод осуществляется при помощи лазерного сканера. Процесс сканирования объекта заключается в излучении лазерного луча, обладающего высокой частотой, который впоследствии достигает объект, отражается от него, и возвращается в изначальную точку. После прибор фиксирует время, за которое луч достиг своего начального положения и на основании этого получает данные о расстоянии, на котором находится объект. Таким образом, в результате работы прибора формируется облако точек с пространственными координатами, на основе которых и строится объемная модель исследуемого объекта [5].

Существует три вида лазерного сканирования: наземное, воздушное и мобильное. Решение, о том, какой именно вид сканирования будет применен, напрямую зависит от поставленной задачи и желаемой точности полученных в итоге данных. Если исследуемый объект является небольшим, то в этом случае подойдет наземное лазерное сканирование. Воздушное лазерное сканирование применяется для крупных объектов, имеющих большую площадь покрытия. Мобильное лазерное сканирование, в основном, применяется для линейных объектов, имеющих небольшую протяженность. Самым точным из трех видов явля-

ется наземное сканирование, так как его точность составляет 2–5 мм. Мобильное сканирование обладает точностью в пределах 5 см, а воздушное достигает 15–20 см [8]. Примеры полученных данных в результате трех видов сканирования представлены на рис.3.

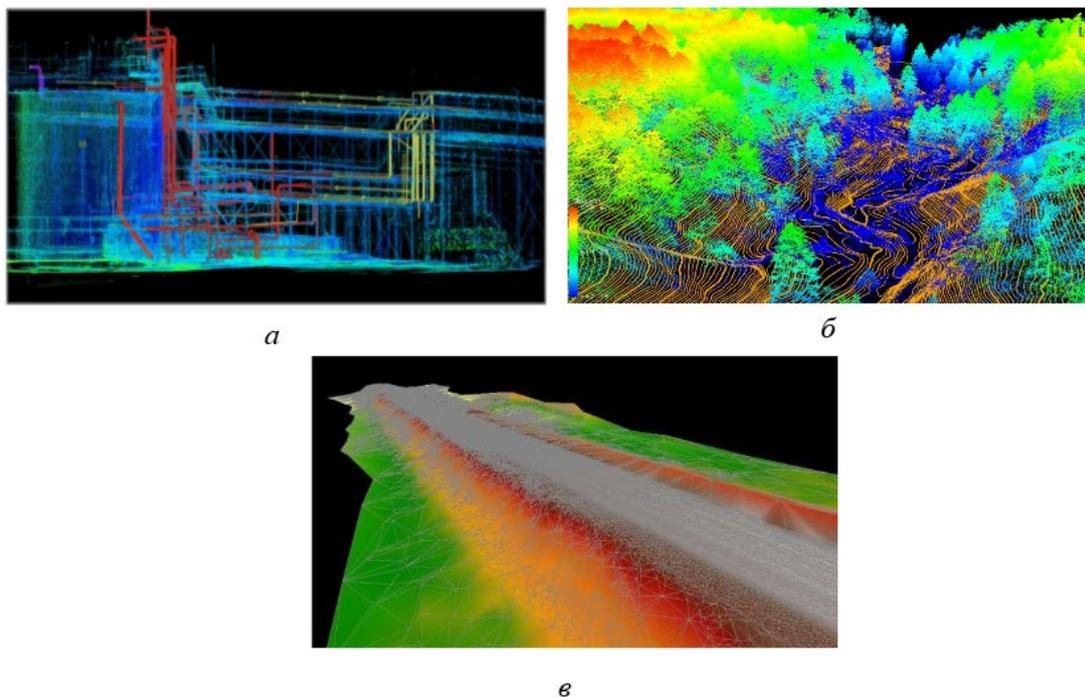


Рис. 3. Данные лазерного сканирования:
а – наземное, *б* – воздушное, *в* – мобильное [14, 4, 6]

К преимуществам использования лазерного сканирования можно отнести:

- миллиметровую точность получаемых данных;
- быстрое получение результата (современные приборы позволяют получить результат в 3D-виде практически сразу же по завершению съемки);
- возможность выполнения работ в труднодоступных или опасных для человека местах;
- высокую скорость съемки;
- автоматизацию процесса;
- цифровой формат данных [5, 7].

Основными недостатками данной технологии являются:

- трудности при сканировании сложных архитектурных или исторических объектов;
- отсутствие возможности использования аппаратуры при очень низких температурах;
- привязка сканера к определенной системе координат;
- влияние погодных условий на конечный результат;
- высокая сложность, а иногда невозможность сканирования стеклянных объектов [19].

Заключение

Рассмотрев три основных метода создания пространственных моделей, было выявлено, что каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, из-за чего сложно выделить из них наилучший. Каждая задача имеет свои определенные требования, исходя из которых и выбирается оптимальный метод построения модели.

Для проведения сравнительного анализа, в качестве поставленной задачи будет выступать создание цифровой модели памятника архитектуры для музея. При изучении трех методов построения объемных моделей были выявлены следующие основные критерии:

- стоимость оборудования и последующих работ;
- точность полученных данных;
- время, затраченное на выполнение съемки.

Исходя из этого можно сделать вывод о том, что использование стереофото-съемки для поставленной задачи будет наиболее оптимальным как с технической точки зрения, так и с материальной по следующим причинам:

- не требует дорогостоящего оборудования: самый простой лазерный сканер будет стоить значительно дороже цифровой камеры;
- высокая точность полученных данных: лазерному сканеру не всегда удастся уловить мелкие детали объекта;
- на выполнение поставленной задачи, данный метод затратит гораздо меньше времени, в отличие от тахеометрической съемки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Артамонова, С.В. Тахеометрическая съемка [Текст]: метод. указания / С.В. Артамонова – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – 19 с.
- 2 Булгаков С. В. Особенности пространственного моделирования [Текст]: статья / С. В. Булгаков – Москва: МГТУ МИРЭА, 2014. – 145 с.
- 3 Виды оборудования для стереосъемки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vokrug3d.ru/> – Загл. с экрана.
- 4 Воздушное лазерное сканирование лесных и горных участков местности, автоматическая классификация облака точек, построение горизонталей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://topodrone.ru/> – Загл. с экрана.
- 5 Ерасыл К. К. Возможности, преимущества и недостатки наземного лазерного сканирования [Текст]: статья / К. К. Ерасыл – Караганда: Карагандинский государственный технический университет, 2017. – 27 с.
- 6 Лазерное сканирование – 3D видение кадастра [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rukadastr.ru/> – Загл. с экрана.
- 7 Лазерное сканирование [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.geokosmos.ru/> – Загл. с экрана.
- 8 Лазерное сканирование зданий и сооружений: все, что нужно знать заказчику [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://gektargroup.ru/> – Загл. с экрана.
- 9 Лобанов А. Н. Фотограмметрия [Текст]: учебник для вузов / А. Н. Лобанов – М: Недра, 1984. – 4 с.
- 10 Меженин А.В., Семенова Е.Е. Оценка методов построения пространственных моделей [Текст]: сборник научных трудов / А. В. Меженин, Е. Е. Семенова – Тамбов: заочная конференция, 2015. – 64 с.

- 11 Методы пространственного анализа и моделирования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studopedia.ru/> – Загл. с экрана.
- 12 Наземная фотограмметрия / Съёмочные камеры, применяемые в наземной фотограмметрии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studfile.net/> – Загл. с экрана.
- 13 Новаковский Б. А., Пермяков Р. В. Цифровая наземная стереосъёмка: возможности и перспективы [Текст]: статья / Б. А. Новаковский, Р. В. Пермяков – Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 2014. – 37 с.
- 14 Применение мобильного лазерного сканирования при изысканиях и проектировании железных дорог. Краткий обзор [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docplayer.com/> – Загл. с экрана.
- 15 Середович В. А., Алтынцев М. А., Попов Р. А. Особенности применения данных различных видов лазерного сканирования при мониторинге природных и промышленных объектов [Текст]: статья / В. А. Середович, М. А. Алтынцев, Р. А. Попов – Новосибирск: СГГА, 2013. – 141 с.
- 16 Тахеометрическая съёмка [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studwood.net/> – Загл. с экрана.
- 17 Тахеометрическая съёмка [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.nngasu.ru/> – Загл. с экрана.
- 18 Тахеометрическая съёмка [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://gis2000.ru/> – Загл. с экрана.
- 19 Храмлиук А. К., Романова Т. А., Аколян Г. Т. Возможности, преимущества и недостатки наземного лазерного сканирования [Текст]: статья / А. К. Храмлиук, Т. А. Романова, Г. Т. Аколян – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2019. – 327 с.
- 20 Цветков В. Я. Цифровые карты и цифровые модели [Текст]: статья в журнале – научная статья / В.Я. Цветков – Москва: Московский государственный университет геодезии и картографии, 2000. – 147 с.