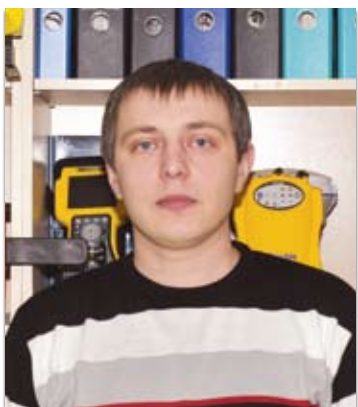


Наземное лазерное сканирование: очевидные преимущества

Авторы



Любовь Удовик, инженер-геодезист компании «КМС» (Киев)



Виталий Глущенко, ведущий инженер компании «КМС» (Киев)

Вопрос точности геодезических работ, полноты и объективности получаемой информации имеет принципиальное значение, так как он во многом определяет уровень качества и надежности строящихся и эксплуатируемых зданий и сооружений.

При оценке надежности и точности измерений главным является выбор методики геодезических работ и соответствующих приборов исходя из технологических требований проекта и допусков.

С ростом научно-технического прогресса и технического развития строительства совершенствовались также методы и приборы для проведения инженерно-

В предыдущем номере «Геопрофиля» была затронута тема применения трехмерного лазерного сканирования при различных инженерно-геодезических работах. Специалисты компании «КМС» в данной статье хотят развить эту тему, утверждая: ни тахеометрическая, ни наземная фотограмметрическая съемка не могут конкурировать с 3D лазерным сканированием.

геодезических работ. Современный геодезический прибор — это продукт высоких технологий, который объединил в себе последние достижения электроники, точной механики, оптики, материаловедения и других наук.

Относительно недавно производители геодезического оборудования стали выпускать лазерные электронные тахеометры без отражателя. Эти приборы сделали работу геодезиста эффективнее и проще, а главное — позволили быстрее решать ряд задач, с которыми геодезисты сталкиваются почти каждый день. Безусловно, такие приборы практически идеальны для проведения архитектурных обмеров. Использование безотражательных тахеометров по сравнению с измерительными системами, которые использовались ранее, увеличило производительность труда приблизительно в три раза.

Но мир традиционных геодезических и связанных с ними других координатных измерений все же консервативен. И он не обеспечил точными и полными данными возросшие потребности в построении цифровых моделей объектов, зданий и сооружений.

Действительно, дискретность и разреженность пунктов с определяемыми координатами не позволяют с максимальной точностью описать объекты съемки — количество информации недостаточно.

Появление метода трехмерного лазерного сканирования полно-

стью изменило мировоззрение: появилась возможность получать изображения, модели объектов, сооружений, целых застроенных территорий с максимальной полнотой и детальностью. Наземное лазерное сканирование стало одним из направлений научных исследований для съемок и документирования культурного наследия и широко используется для охраны и реставрации архитектурных памятников. Это относительно новая составная часть интегрированной технологии с документированием, которая позволяет быстро и точно строить трехмерные пространственные модели сложных архитектурных объектов.

Развитию трехмерного моделирования на данном этапе уделяют значительное внимание. Посто-



янно совершенствуются приборы сбора 3D-данных, программное обеспечение для обработки этих данных, построения трехмерных моделей.

Сегодня результаты трехмерного моделирования используют:

- при построении трехмерных моделей застроенных территорий и создании «3D-кадастра» городов;
- при создании цифровых моделей местности и цифровых моделей рельефа;
- при съемке и проектировании промышленных объектов и элементов инфраструктуры;
- в горной промышленности;
- в строительстве и реконструкции объектов;
- в архитектуре, археологии, а также для сохранения архитектурного наследия.

Надо отметить, что области применения трехмерного лазерного сканирования очень широки. Этот метод находит применение в компьютерной графике, машиностроении, конструировании и даже в медицине (ортопедии, протезировании, пластической хирургии, косметологии, стоматологии).

Лазерное сканирование — это метод, который позволяет создавать цифровую модель всего окружающего пространства, представляя его как массив точек с пространственными координатами. Основные отличия от съемки с помощью традиционных геодезических приборов, например тахеометров, — большой уровень автоматизации работ, наличие сервопривода, автоматически поворачивающего измерительную головку в двух (вертикальной и горизонтальной) плоскостях, а самое главное — большая скорость и «плотность» измерений.

Полученная после измерений модель объекта — это гигантский набор точек (от сотни тысяч до нескольких миллионов), характеризующихся координатами, которые измерены с точностью до нескольких миллиметров. Не нужно больше смотреть в окуляр тахеометра, выискивая цель, не нужно нажимать кнопки для запуска дальномера и записи полученных данных в память, и, наконец, нет необходимости по несколько раз переставлять прибор для поиска наиболее выгодной для съемки позиции. Теперь это можно делать с одной точки, без участия оператора и в десятки раз быстрее, при этом сохраняя необходимую точность.

Принцип измерений

Принцип работы сканера аналогичен принципу работы тахеометра, — измерение двух углов и расстояния до объекта, что в конечном итоге дает возможность вычислить координаты. Пучок лазера выходит из излучателя, отражается от поверхности объекта и возвращается в приемник, где с помощью электроники определяется точное время прохождения каждого импульса. Импульсный лазер генерирует множество коротких импульсов в инфракрасной области спектра, которые направлены через зрительную трубу к цели.

Скорость прохождения света сквозь окружающую среду можно точно определить. Поэтому, зная время

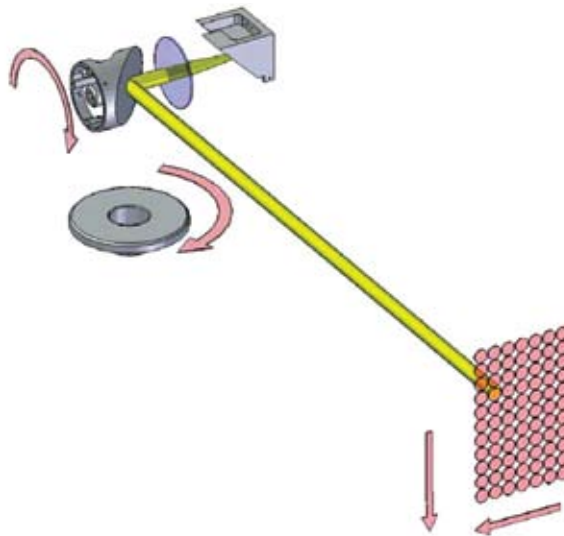
прохождения луча до объекта и обратно, можно вычислить расстояние между целью и инструментом.

Измерения с помощью определения времени прохождения сигнала (TOF) обычно имеют не только наибольшую дальность, но и отвечают наивысшим стандартам безопасности, поскольку интервалы между импульсами недостаточны для накопления «вредной» для глаз энергии.

Каждый импульс — это одноразовое измерение расстояния, но поскольку каждую секунду посылаются тысячи таких импульсов, то с помощью усреднения результатов достаточно быстро достигается высокая точность измерений. Обычно в ходе измерений прибор выдает около 20 000 лазерных импульсов в секунду. Этого достаточно, чтобы при усреднении получить точные значения расстояний.

Процесс измерений

В процессе измерений встроенный в головку сканера блок развертки вращается в горизонтальной плоскости в диапазоне 360°, при этом может быть установлен шаг сканирования. В вертикальной плоскости лазерный луч разделяется с помощью вращающегося зеркала с предварительно заданным шагом. Таким образом, в отдельно взятом вертикальном скане будут измерены все точки с данной дискретностью. Потом сервопривод вращает блок измерительной головки на угол, равный шагу измерений.



При этом измеряется расстояние до сканируемой точки. Затем сервопривод поворачивает сканирующую головку в горизонтальной плоскости на угол, равный шагу измерения. Углы поворота сканирующей призмы в вертикальной плоскости и угол поворота сканирующей головки в горизонтальной плоскости измеряют с помощью аналого-цифровых преобразователей. Измеренное расстояние и два угла (вертикальный и горизонтальный) в конечном итоге дают возможность вычислить координаты сканируемой точки¹.

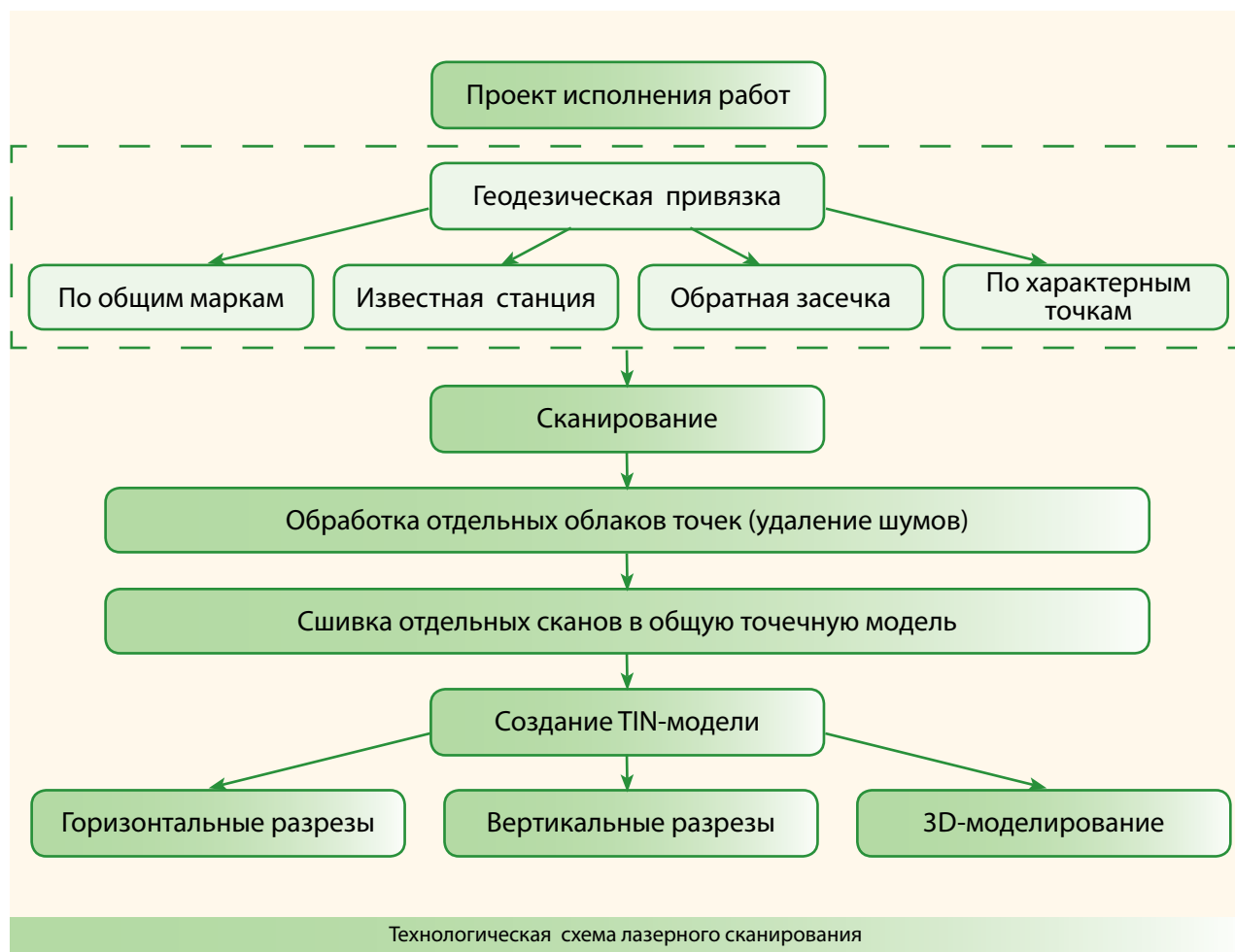
Сканер может также иметь цифровую камеру со сменным фокусным расстоянием, которым можно

¹ Дементьев В. Е. «Современная геодезическая техника и ее применение». — М.: Академический проект, 2008.

управлять с помощью программного обеспечения. Полученные с места съемки фотографии объектов затем могут использоваться для создания фотореалистичных трехмерных моделей объектов или архитектурной среды в целом.

Перед началом работы производят привязку и ориентирование прибора на станции с помо-

щью электронного тахеометра. Затем производят установку сканера, устанавливают шаг и диапазон сканирования. Полная последовательность работ от установки прибора до получения результатов сканирования в виде файлов для создания планов, чертежей, разрезов показана на технологической схеме.



В компании «КМС» для обработки данных сканирования используют такое программное обеспечение:

- *RealWorks Survey (RWS)* применяется для сшивки сканов, преобразования системы координат, создания 2D-схем, разрезов, сечений, расчетов расстояний, размеров, площади, построения чертежей. Есть базовый модуль для первичной обработки сканов. Также используется для измерений объемов породы (в горной промышленности, энергетике).

- *3Dipos* служит для создания 3D-моделей на основе полученных сканов («облаков точек»). Используется для 3D-моделирования производств, сложных технологических комплексов.

Преимущества сканирования над тахеометрической и другими наземными видами съемки:

- мгновенная трехмерная визуализация;
- высокая точность;
- несравнимо полные результаты;
- быстрый сбор данных;

- обеспечение безопасности при съемке труднодоступных и опасных объектов.

Материальные затраты по сбору данных и моделированию объекта методами трехмерного лазерного сканирования на небольших участках и объектах сопоставимы с традиционными методами съемки, а на участках большой площади или протяженности — ниже. При расчете затрат на съемку надо учитывать, что полнота и точность результатов лазерного сканирования позволяют избежать дополнительных расходов на этапах проектирования, строительства и эксплуатации объекта.

Преимущество сканирования над фотограмметрическими способами съемки:

Лазерное сканирование и моделирование аналогично наземным фотограмметрическим методам, но позволяет получать координаты с одной точки стояния и без последующей сложной камеральной обработки, при этом еще и с возможностью контролировать измерения непосредственно в полевых

Сравнительный анализ существующих методов съемки и обмеров зданий и сооружений

Вид измерений	Инструменты	Точность измерения координат	Производительность	Условия применения
Непосредственные	Линейки, стальные рулетки и мерные ленты, лазерные рулетки	5-10 мм, возможны значительные систематические ошибки	Низкая	Для технических измерений, схематических построений, при отсутствии оборудования
Геодезические	Электронные безотражательные тахеометры	2-5 мм	Средняя	При незначительных объемах работ
Фотограмметрические	Фототеодолиты, стереофотограмметрические камеры, цифровые фототеодолиты	2-15 мм	Высокая	При значительных объемах работ
Лазерные	Лазерный сканер + электронный тахеометр	2-5 мм	Очень высокая	Для создания 3D-моделей объектов



условиях. Кроме этого, обеспечивается более высокая точность измерений в сравнении с фотограмметрическими методами при одинаковом отдалении от снимаемого объекта.

Также необходимо указать на следующие преимущества лазерного сканирования:

- возможность настройки некоторых моделей сканеров на фиксацию первого и/или последнего отражения, что позволяет отличать отраженный сигнал от растительности и поверхности земли — «пробивать» растительность;
- более простой способ привязки к системе координат.

Финансовые и временные затраты свидетельствуют в пользу лазерного сканирования. При отсутствии необходимости векторизации трехмерного раstra работа с результатами лазерного сканирования может происходить в режиме реального времени, что для фотограмметрических способов невозможно.

Недостатки лазерного сканирования:

- с большинством сканеров рекомендуется работать при температуре не ниже 0°C, что устанавливает некоторые ограничения на полевые работы в зимнее время, хотя некоторые модели отлично работают и при -20°C;
- до сегодняшнего дня ни одна из систем лазерного сканирования не имеет функций тахеометра по непосредственной привязке отдельных сканов к единой системе координат, поскольку сканирование с каждой точки стояния проводится в системе координат прибора; поэтому необходим дополнительный

геодезический прибор для определения координат контрольных точек (марок) сканера;

- на данный момент достаточно низкая степень автоматизации при трехмерном моделировании сложных объектов на основе лазерного сканирования в компьютере; большинство программных продуктов сфокусировано на индустриальных приложениях — в них принято, что большинство объектов могут описываться простыми геометрическими примитивами, что неприменимо при компьютерном моделировании памятников архитектуры.

В последнее время все более популярными становятся некоммерческие проекты, цель которых — создание и публикация в интернете трехмерных моделей объектов культурного наследия.

Сканирование — это прекрасный метод, который позволяет автоматизировать многие виды геодезических работ, заменив трудоемкие и подчас даже опасные измерения простым нажатием кнопки. Конечно же, при съемке сложных объектов необходимо также планировать работы, выбирать несколько точек для сканирования. Создание трехмерных моделей объектов, в том числе и памятников архитектуры, требует выполнения нескольких сканов с нескольких точек, расположенных как внутри, так и вне сооружения. Необходимо также совершенствовать программное обеспечение. Но несмотря на эти обстоятельства сканирование — это более быстрый, а главное — в сотни раз более информативный метод получения данных об окружающем мире.

