

ИННОВАЦИИ В СОЗДАНИИ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ – ТРЕХМЕРНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ СКАНИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ

С.Р. Мельников, директор НПП “Геокосмос”,
О.В. Дроздов, начальник отдела маркетинга НПП “Геокосмос”

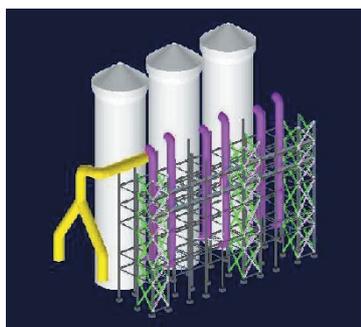
С начала 2001 г. НПП “Геокосмос” применяет технологию лазерного сканирования местности для выполнения топографических крупномасштабных цифровых съемок. С июля 2001 г. НПП “Геокосмос” начинает принимать заказы на наземное трехмерное сканирование и создание по его результатам цифровых моделей местности и инженерных объектов. В связи с созданием этой новейшей технологии и началом ее использования в производстве у специалистов возникает много вопросов по ее применению в решении своих задач.

Данная статья открывает цикл статей в журнале “Нефтяное хозяйство”, рассказывающих об этой и других технологиях, разработанных, применяемых и поставляемых нами на предприятия нефтегазовой, горной и других отраслей. Впервые материалы по указанной тематике были опубликованы в специальном выпуске “Информационного бюллетеня ГИС-Ассоциации” № 2(29) – 3(30) за 2001 г.

Несмотря на принципиальную новизну сканирования как метода создания трехмерных цифровых моделей, его можно рассматривать как логическое продолжение развития безотражательных технологий и их использования в геодезических инструментах – лазерных рулетках, дальномерах, а с недавнего времени и в электронных тахеометрах. Активно начать в 2001 г. промышленную эксплуатацию сканеров, продвижение и поставки данной технологии в России нам позволили несколько факторов. Это серьезные исследования наземных сканирующих систем и опыта их использования, которые мы проводим в течение последнего полугодия, встречи и консультации с производителями и пользователями, почти десятилетний практический опыт применения новейших технологий и оборудования для производства цифровых топографо-геодезических и маркшейдерских работ, опыт использования безотражательных тахеометров, внедрение которых начато нами в 2000 г. при съемке промышленных объектов Самотлорского месторождения, шламокопителей Полтавского ГОКа и на других производственных объектах.

Принципы трехмерного лазерного сканирования и моделирования.

В настоящее время на рынке существует несколько коммерческих моделей трехмерных лазерных сканирующих и моделирующих систем наземного базирования. В статье описаны общие принципы их функционирования.



Система состоит из портативного, работающего в автоматическом режиме, импульсного лазера и полевого персонального компьютера со специализированным программным обеспечением. Для сканирования пользователь направляет лазер в сторону объекта (если можно так сказать про систему с полем зрения $360 \times 180^\circ$),

встроенная система визуализации выводит на экран компьютера изображение, позволяющее оператору контролировать по-

ле зрения сканера. Оператор при необходимости уточняет область сканирования, расстояние между точками (разрешение) и запускает процесс сканирования. Затем прибор автоматически сканирует выбранную область при помощи оптико-механических систем, быстро “проводящих” пульсирующим лазерным лучом сканера по измеряемой области.

Типовая система способна проводить работы по получению трехмерной цифровой модели с точностью от долей миллиметров до 5 см на расстоянии от нескольких десятков до 2500 м за время от нескольких секунд до десятков минут. Лазер имеет поле зрения от 40×40 до $360 \times 180^\circ$ и подходит для съемки и моделирования местности и инженерных объектов.

Основные технические характеристики наземных лазерных сканеров

Точность	От 5 мм до 5 см
Дальность действия, м	От 25 до 2500
Угол поля зрения, градус	От 40×40 до $360 \times 180^\circ$
Время сканирования	От 15 с до 15 мин
Число точек	От нескольких тысяч до нескольких миллионов
Стоимость комплекта наземного базирования, тыс. долл.	От 150 тыс.

Безотражательный принцип работы системы исключает применение отражателей. Трехмерная конфигурация снимаемой поверхности регистрируется с одновременным выводом на дисплей в виде массива точек, имеющих три координаты и, как правило, показатели интенсивности отражения и/или “истинного цвета”. Таким образом, мгновенно создается трехмерная растровая модель снимаемого объекта. Возможно, термины “трехмерный растр” или “трехмерный массив точек” не совсем корректно описывают то, что получается в результате лазерного сканирования, но на момент подготовки данного материала более подходящих определений подобрать не удалось.

Результаты сканирования (сканы), проведенного с различных точек, могут быть “сшиты” друг с другом для создания полной модели комплекса конструкций и местности с помощью программного обеспечения (ПО). ПО позволяет визуализировать модель, вращать объект, перемещаться и проводить измерения между любыми точками или моделируемыми поверхностями, “заглядывать”, “гулять” по только что снятому объекту. Каждая графическая точка может быть окрашена в зависимости от интенсивности отраженного лазерного сигнала, “истинного цвета” или другого параметра (например, высотной отметки или удаления от точки съемки), что улучшает визуализацию объекта. Подобной функцией обладают и более широко распространенные программные продукты.

По результатам полевой съемки возможно построение модели снимаемой местности или объекта — объединения точек в сеть триангулированных ячеек (TIN-модель). Программа автоматически определяет границы ячеек, формирует очертания отдельных объектов, анализирует интенсивность и цвет изображения и обеспечивает получение модели с четкими контурами и цветовым разграничением различных геометрических элементов (откосы, трубы, резервуары, стальные конструкции и др.).

Процесс занимает немного времени, что позволяет выполнить трехмерное изображение объекта непосредственно в полевых условиях.

Трехмерная модель, получаемая в процессе сканирования, изначально не является векторной (не описана набором математических уравнений), но по ней можно выполнять пространственные измерения: вычислять объемы насыпи и выемки, расстояния



между точками, нормальные расстояния от точки до поверхности, между поверхностями и осями и отдельными составляющими модели. Точечный массив может быть преобразован в векторную трехмерную модель и двухмерные рисунки с помощью различных программ, которые могут использоваться вместе со сканирующими и моделирующими системами и содержат библиотеки объектов. Модель и контуры могут быть напрямую перенесены в среду AutoCAD (Autodesk, Inc., США), MicroStation (Bentley Systems, Inc., США), 3D StudioMax и других САПР и ГИС.

Недостатками трехмерной растровой модели являются большой объем занимаемой памяти (до 18 Мб на один "скан" при поле зрения $360 \times 180^\circ$ и угловом разрешении $0,1^\circ$) и более медленное манипулирование. Векторная трехмерная модель такого же объекта занимает всего 20–500 Кб. К преимуществам растровой модели относится то, что она получается сразу после завершения сканирования и имеет меньшую стоимость. Необходимо четко оценивать целесообразность векторизации изображения, поскольку иногда (например, для контроля формы в процессе строительства, вычисления объемов, проведения измерения на недоступных участках и др.) достаточно и необходимо по временным и материальным затратам иметь растровую модель.

Преимущества метода перед тахеометрической съемкой и другими наземными видами съемки:

- ✓ мгновенная трехмерная визуализация;
- ✓ высокая точность;
- ✓ более 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 затратами при традиционных методах съемки, а на участках большой площади или протяженности — ниже. Даже при сопоставимых расходах на съемку, полнота и точность результатов лазерного сканирования позволяют избежать дополнительных расходов на этапах проектирования, строительства и эксплуатации объекта. Сравнение временных затрат просто бессмысленно, поскольку счет идет на порядки.

Преимущества метода перед фотограмметрическими способами съемки.

Лазерное сканирование и моделирование аналогично фотограмметрическим методам, но позволяют получать координаты с

одной точки стояния и без последующей камеральной обработки — с возможностью контроля измерений непосредственно в полевых условиях. Кроме того, обеспечивается более высокая точность измерений по сравнению с фотограмметрическими методами при одинаковом удалении от снимаемого объекта. К преимуществам лазерного сканирования относятся также:

- возможность настройки некоторых моделей сканеров на фиксацию первого и/или последнего отражения, что позволяет разделять отраженный сигнал от растительности и поверхности земли — "пробивать" растительность;
- упрощенная схема привязки к системе координат.

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

Некоторые области применения лазерного сканирования.

Инженерные изыскания с применением воздушного лазерного сканирования:

- оперативное проведение инженерных изысканий больших и/или протяженных, труднодоступных и/или труднопроходимых территорий;
- мониторинг больших территорий;

Нефтегазовая промышленность:

- создание и мониторинг цифровых моделей промысловых объектов;
- создание цифровых моделей сложных технологических объектов и узлов для реконструкции;

Горная промышленность:

- создание и мониторинг цифровых моделей открытых карьеров и подземных выработок (данные по интенсивности отражения и цвету позволяют создавать геологические модели);
- определение объемов выработок и складов;
- маркшейдерское сопровождение буровых и взрывных работ.

Строительство и эксплуатация инженерных сооружений:

- контроль строительства;
- корректирование проекта в процессе строительства;
- оптимальное планирование и контроль перемещения, установки и удаления крупных частей сооружений или оборудования;
- монтажные работы, калибровка;
- исполнительная съемка в процессе строительства и после его окончания;
- мониторинг состояния объекта при эксплуатации.

В настоящее время метод воздушного трехмерного лазерного сканирования применяется для изысканий под строительство железной дороги к Эльгинскому угольному месторождению на Дальнем Востоке (более 340 км²). Работы выполняются НПП "Геокосмос" совместно с "Оптэн Лтд." по заказу Мосгипротранса. Сроки и стоимость работ примерно в 2–3 раза ниже, чем при аэрофотосъемке.

В ближайшее время специалистами НПП "Геокосмос" при участии специалистов ВНИМИ (Санкт-Петербург) и НВК ВИСТ планируется создание цифровых моделей подземных выработок ОАО "Норильский никель" с применением трехмерного лазерного сканера.

109017, Москва, Старомонетный переулок, 31, ВИМС, Геокосмос

Тел.: (095) 950-3046; тел/факс: (095) 950-3073

E-mail: geokos@aha.ru, Internet: www.geokosmos.ru