

# ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ

## Новый метод создания трехмерных моделей местности и инженерных объектов

С.Р.Мельников, директор НПП «Геокосмос»

С начала 2001 г. НПП «Геокосмос» применяет технологию лазерного сканирования местности для выполнения топографических крупномасштабных цифровых съемок, а с июля 2001 г. принимает заказы на наземное трехмерное сканирование и создание по его результатам цифровых моделей местности и инженерных объектов.

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 этом году промышленную эксплуатацию сканеров, продвижение и поставки этой технологии в России нам позволили несколько факторов. Это и серьезные исследования наземных сканирующих систем и опыта их использования, которые мы проводим в течение последнего полугодия, встречи и консультации с производителями и пользователями, и почти десятилетний практический опыт использования новейших технологий и оборудования для производства цифровых топографо-геодезических и маркшейдерских работ, и опыт использования безотражательных тахеометров, начатый нами в прошлом году при съемке промышленных объектов Самотлорского месторождения. Кроме того, с этой весны нами совместно с компанией «Оптен Лтд.» (Москва) – владельцами воздушного лазерного сканера ведутся работы по созданию по результатам сканирования цифровой модели местности площадью более 340 км<sup>2</sup> для проектирования железной дороги.

### Принципы трехмерного лазерного сканирования и моделирования

В настоящее время на рынке существует несколько коммерческих моделей трехмерных лазерных сканирующих и моделирующих систем наземного базирования. В этой статье описаны общие принципы функционирования систем (настоящая статья впервые была опубликована в специальном выпуске «Информационного бюллетеня ГИС-Ассоциации» №2 (29)–3 (30) за 2001 год).

Система состоит из портативного, работающего в автоматическом режиме, пульсового 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 360×180°), встроенная система визуализации выводит на экран компьютера изображение, позволяющее оператору контролировать поле зрения сканера. Оператор при необходимости уточняет область сканирования, расстояние между точками (разрешение) и запускает процесс сканирования, после чего прибор автоматически сканирует выбранную область при помощи оптико-механических



### Основные технические характеристики наземных лазерных сканеров:

Точность	от 5 мм до 5 см
Дальность действия, м	от 25 до 2500
Угол поля зрения	от 40×40 до 360×180°
Время сканирования	от 15 с до 15 мин.
Количество точек	от нескольких тыс. до нескольких млн.
Стоимость комплекта наземного базирования, \$	от 150 тыс.

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 360×180° и подходит для съемки и моделирования местности и инженерных объектов.

Система не требует применения отражателей, так как используется безотражательный принцип работы. 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 окра-

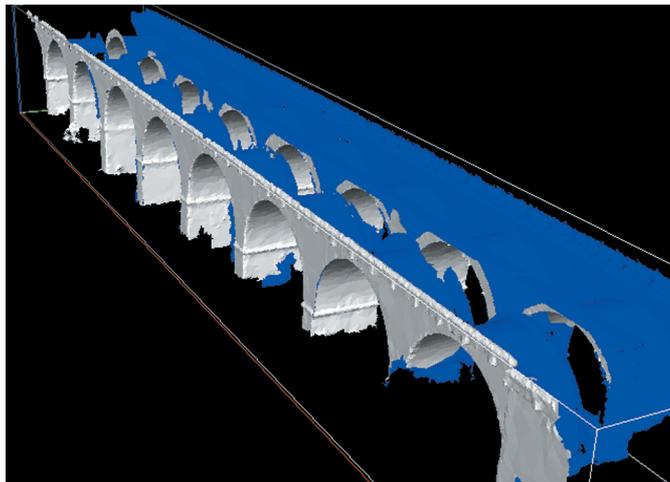
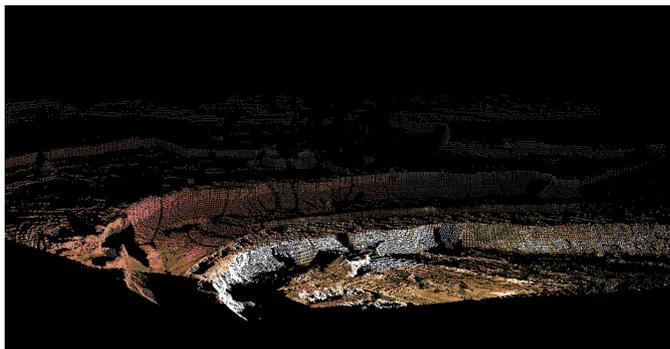


шена в зависимости от интенсивности отраженного лазерного сигнала, «истинного цвета» или другого параметра (например, высотной отметки или удаления от точки съемки), что улучшает визуализацию объекта. Подобной функцией обладают не только специализированные «сканерные» программы, но и более широко распространенные 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 получает модель с четкими контурами и цветовым разграничением различных геометрических элементов (откосы, трубы, резервуары, стальные конструкции и т.д.). Процесс занимает немного времени, что позволяет получать 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 того же объекта занимает



всего 20–500 Кб. В то же время растровая модель имеет ряд преимуществ: она получается сразу же после завершения сканирования и стоит дешевле. Необходимо четко оценивать целесообразность векторизации изображения, поскольку в некоторых случаях (например, для контроля формы в процессе строительства, вычисления объемов, проведения измерения на недоступных участках и т.д.) 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;
- несравнимо 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 традиционными методами 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 – счет идет на порядки.

#### Преимущества метода перед фотограмметрическими способами съемки

Лазерное сканирование и моделирование аналогично фотограмметрическим методам, но позволяет 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.

Также необходимо отметить такие преимущества лазерного сканирования как:

- 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 говорят в пользу 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 промышленных 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 также геологические модели);
- определение объемов выработок и складов;
- маркшейдерское сопровождение буровзрывных 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 месторождению углей на Дальнем Востоке (более 340 км<sup>2</sup>). Работы выполняются НПП «Геокосмос» совместно с «Оптэн Лтд.» по заказу Мосгипротранса. Сроки и стоимость работ примерно в 2–3 раза ниже, чем при выполнении аэрофотосъемки.

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

#### НПП «ГЕОКОСМОС»

Тел.: (095) 950-3046, 950-3073

Факс: (095) 950-3073

E-mail geokos@aha.ru

www.geokosmos.ru

