

МОБИЛЬНЫЕ СКАНИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ

А.А. Ковров («ГеоПолигон»)

В 1995 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания института работал в МИИГАиК, с 2004 г. — в компании «Геокосмос». С 2005 г. по настоящее время — инженер по наземному лазерному сканированию компании «ГеоПолигон».

Наземное лазерное сканирование как метод отображения местности и реальной поверхности объектов в виде трехмерного изображения, наряду с электронными тахеометрами и глобальными навигационными спутниковыми системами (ГНСС), успешно зарекомендовало себя при использовании в геодезии, топографии, съемке промышленных объектов, инвентаризации объектов недвижимости, в маркшейдерском деле, для исполнительной съемки зданий и сооружений (автомобильных и железных дорог, линий электропередач и т. д.).

Несмотря на относительно высокую стоимость, лазерные сканеры все активнее приобретают предприятия горнодобывающей и нефтегазовой отраслей, в состав которых входят собственные маркшейдерские или геодезические подразделения. Большинство специализированных топографо-геодезических фирм освоили и активно используют наземные лазерные сканеры для оперативных задач при съемке фасадов зданий, автомобильных, железных дорог и прилегающей к ним инфраструктуры, местности, насыщенной большим количеством технологических объектов, а также при инвентаризации цехов промышленных предприятий и производственного оборудования [1, 2].

Наряду с очевидными преимуществами метода наземного лазерного сканирования, такими как оперативность сбора данных, наглядность, высокая

точность, безопасность для целого ряда работ, у него имеются и недостатки. Одним из них является необходимость проведения вспомогательных работ для объединения и трансформирования отдельных «облаков точек», полученных с различных «скан-позиций» (точек установки лазерного сканера), в единое «облако точек» в заданной условной или глобальной системе координат. Поэтому параллельно с процессом сканирования проводится геодезическая пространственная привязка специальных марок-отражателей, служащих для объединения отдельных «облаков точек». Для этих целей на объекте с помощью электронных тахеометров или спутниковых приемников ГНСС развивают съемочную сеть или прокладывают тахеометрические ходы. Затем с пунктов сети или точек тахеометрического хода измеряют координаты марок-отражателей. В тех случаях, когда работы на объекте выполняются с небольшого числа «скан-позиций», например, при съемке фасадов или внутренних интерьеров отдельного здания, или требуется высокая точность конечных результатов (при проектировании цехов и мест установки оборудования), такой метод вполне себя оправдывает. Однако во многих случаях, в частности, при съемке протяженных объектов (автомобильных и железных дорог) или при создании трехмерных моделей городских кварталов, данная техно-

логическая схема сканирования весьма трудоемка и требует значительного времени для проведения полевых работ.

Использование мобильных сканирующих систем (МСС) является дальнейшим развитием технологии наземного лазерного сканирования, направленным на увеличение производительности и удобства проведения полевых и камеральных работ. МСС позволяет выполнять трехмерную съемку с помощью наземных лазерных сканеров в движении. В качестве движущейся платформы могут быть использованы автомобили, железнодорожные локомотивы, речные и морские суда. Для сканирования могут применяться как двухмерные, так и трехмерные наземные лазерные сканеры, работающие в режиме профилографа, например, сканеры компании RIEGL (Австрия). Для того, чтобы объединить отдельные «облака точек», полученные в движении, в единое «облако точек» в заданной системе координат, например, в WGS-84, наземные лазерные сканеры должны быть дополнены интегральным навигационным комплексом GPS/IMU, включающем спутниковый навигационный приемник GPS и инерциальную систему [3]. Такой комплекс позволяет определять положение и ориентацию мобильной платформы, на которой устанавливается наземный лазерный сканер, в геоцентрической системе координат WGS-84.

Данные лазерного сканирования, полученные с помощью

МСС, содержат большое число геометрических профилей — линейных сканов, которые, в свою очередь, представляют собой «облака точек» с определенным количеством одиночных лазерных измерений. Каждое одиночное лазерное измерение имеет собственную временную метку в формате UTC или GPS-времени. Для синхронизации данных сканирования используются данные спутникового приемника GPS, а для коррекции мгновенных изменений положения мобильной платформы — данные инерциальной системы. Кроме того, для совместной обработки данных лазерного сканирования и данных, полученных интегральным навигационным комплексом GPS/IMU, используется специализированное программное обеспечение.

Очевидно, что эта технология в плане конструктивных решений имеет много общего с методом воздушного лазерного сканирования [3], который широко применяется для создания топографических планов и карт, а также для съемки протяженных объектов (нефтегазового комплекса, линий электропередач, городов и т. д.). Однако данная система имеет существенно более низкую стоимость за счет использования различных типов наземных лазерных сканеров, в том числе и трехмерных, работающих в режиме профилографа, которые на порядок дешевле воздушных лазерных сканирующих систем. Кроме того, МСС, в отличие от аэросъемочного метода, не требует аренды дорогостоящих летательных аппаратов.

Существует еще одно важное отличие — мобильные сканирующие системы можно использовать непосредственно в населенных зонах, так как применяемые в них наземные лазерные сканеры безопасны для зрения. Например, сканеры компании RIEGL имеют класс лазера 1.

▼ **Области применения**

Мобильные сканирующие системы могут применяться в различных приложениях, в том числе для съемки протяженных линейных объектов, таких как:

- береговые линии рек и прилегающие к ним затопляемые участки местности при моделировании зон затоплений прибрежных участков по цифровой модели местности;
- автомобильные и железные дороги, прилегающие к ним объекты инфраструктуры и элементы местности;
- линии электропередач (ЛЭП) и прилегающая к ним растительность при технической инвентаризации и планировании строительства новых ЛЭП.

Также МСС могут быть эффективно использованы при съемке и мониторинге следующих площадных объектов:

- открытых карьеров, с целью подсчета объемов земляных работ в горнодобывающей промышленности;
- участков местности, для создания топографических пла-

нов крупных масштабов;

- геологических разрезов, для определения положения слоев разведываемых пород;
- лесных массивов и сельскохозяйственных угодий, для подсчета объема растительности;
- ледников, горных обвалов, оползней, затопляемых участков, при проведении работ по защите окружающей среды;
- объектов исторического и архитектурного наследия.

▼ **Основные компоненты и принцип работы**

Мобильная сканирующая система представляет собой один или несколько наземных лазерных сканеров, которые установлены на подвижной мобильной платформе, оснащенной интегральным навигационным комплексом GPS/IMU, что обеспечивает:

- эффективный по времени сбор данных на обширных участках местности;
- автоматическую регистрацию трехмерных данных в единой глобальной системе координат;

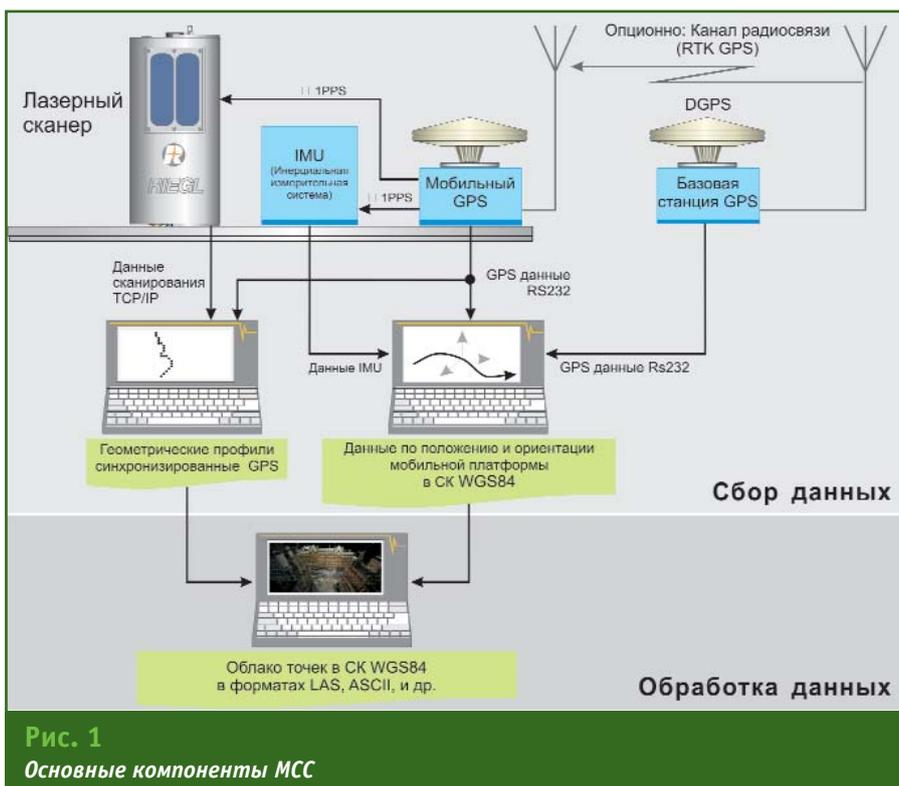


Рис. 1
Основные компоненты МСС

— высокое разрешение и точность регистрации измеряемых параметров.

Основными компонентами МСС являются (рис. 1):

1. Как минимум один наземный лазерный сканер, работающий в режиме профилографа.

2. Интегральный навигационный комплекс GPS/IMU. Постоянно действующая базовая станция GPS или сеть базовых станций (DGPS).

3. Надежная, поглощающая удары мобильная платформа.

4. Датчики пути — одометры. Дополнительно могут использоваться цифровые камеры высокого разрешения.

Один из возможных вариантов сбора пространственных данных с помощью МСС представлен на рис. 2.

В процессе полевых измерений пространственная информация, получаемая средствами МСС, записывается двумя независимыми потоками. Один поток — это данные лазерного сканирования, а второй — дан-



ные о положении и ориентации мобильной платформы.

Данные лазерного сканирования представляют собой большой массив линейных сканов, каждый из которых содержит информацию о геометрическом профиле в виде множества

одиночных измерений. Для последующей синхронизации данных лазерного сканирования с данными о положении и ориентации мобильной платформы одновременно со сканированием приемником GPS каждую секунду выдается единичный им-

Пример записи данных о положении и ориентации в файле «ros»						Таблица 1	
Время	Положение	Ориентация					
Временная метка UTC, с	Широта, °	Долгота, °	Высота, м	Крен, °	Тангаж, °	Рысканье, °	
50759,001	48,33841614	15,93149532	471,005	-0,8156	7,1238	71,1383	
50759,002	48,33841616	15,93149556	471,004	-0,8118	7,1230	71,1393	
50759,003	48,33841617	15,93149579	471,002	-0,8081	7,1214	71,1409	
50759,004	48,33841619	15,93149602	471,000	-0,8039	7,1195	71,1411	

Основные технические характеристики наземных лазерных сканеров RIEGL, используемых в МСС						Таблица 2
Тип сканера	Дальность, м	Количество сканов в с	Точность, мм	Частота, кГц	Энергопотребление, Вт	Вес, кг
Измеряемое расстояние до 100 м						
LMS-Q120i	150	до 100	15	10	<50	7
LMS-Q160i	200	до 60	15	10	<50	<5
Измеряемое расстояние до 300 м						
LMS-Q240i	650	до 80	15	10	<50	7
LMS-Z390i	400	до 20	4	8	<100	15
Измеряемое расстояние более 1000 м						
LMS-Z420i	1000	до 20	8	8	<100	16
LMS-Q560i	>1000	До 160	10	160	<200	<30

пульс (pps-импульс) и время синхронизации. С помощью программного обеспечения RiSYNC время синхронизации вместе с pps-импульсом сохраняется в файле «сырых» данных. Таким образом, каждое измерение, выполненное с помощью сканера, имеет точную временную метку, привязанную ко времени GPS (обычно это UTC).

Данные о положении и ориентации мобильной платформы представляют собой массив одиночных измерений спутниковым приемником GPS (широта, долгота, высота) и инерциальной системой (крен, тангаж, рысканье), имеющих собственную временную метку в формате UTC или времени GPS. Эти данные записываются в файле «рос» (табл. 1).

Совместная обработка данных лазерного сканирования с данными о положении и ориентации мобильной платформы выполняется с помощью про-

граммного обеспечения RiWORLD. В результате обработки создается «облако точек» лазерного сканирования в общеземной системе координат, например, в WGS-84.

Точность измерений с помощью наземных лазерных сканеров достаточно высокая и составляет от 4 до 15 мм (табл. 2), в то время как точность определения пространственных координат с помощью МСС напрямую зависит от точности интегрального навигационного комплекса GPS/IMU.

В заключение можно сделать вывод о том, что мобильные сканирующие системы как революционная технологическая разработка способны решать широкий круг задач по съемке протяженных линейных и площадных объектов. МСС позволяет существенно сократить время на выполнение съемки, многократно увеличивая ее производительность.

▼ Список литературы

1. Ковров А.А. Создание трехмерной модели электроподстанции методом наземного лазерного сканирования // Геопрофи. — 2006. — № 3. — С. 51–53.
2. Ковров А.А. Технология определения объемов горных пород в карьерах и на складах методом наземного лазерного сканирования // Геопрофи. — 2007. — № 2. — С. 10–12.
3. Медведев Е.М. Лазерная локация и аэрофототопография. — М.: Издательство «Проспект», 2006. — 60 с.: ил.

RESUME

A description and operation principle are given for the mobile scanning systems. These are one or several ground laser scanners mounted on a mobile platform equipped with the GPS/IMU integral navigation complex. The systems' high efficiency is marked. This provides for their usage for the 3D surveying of stretched linear and area objects.

МАР INFO[®]
Современные геоинформационные технологии

С полевых измерений все только начинается ...

в России

ЭСТИ МАП
119002 Москва Калошин пер.4
тел/факс (495) 540-4659, 241-0057
www.esti-map.ru e-mail: esti-m@esti-map.ru