

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

### ***Георгий Афанасьевич Уставич***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55, e-mail: ystavich@mail.ru

### ***Андрей Васильевич Иванов***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55, e-mail: geodata1000@gmail.com

### ***Наталья Борисовна Романескул***

Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634057, Россия, г. Томск, ул. 79-й Гвардейской Дивизии, 25, ст. преподаватель кафедры геоинформатики и кадастра, тел. (382)247-28-99, e-mail: romaneskul\_nb@mail.ru

В статье рассмотрена возможность применения фото/видео камер для получения геопривязанных изображений, сокращения времени производства и снижения стоимости геодезических работ с сохранением высокой точности.

**Ключевые слова:** мобильное лазерное сканирование, цифровое оборудование, панорамная видеосъемка, автомобильная дорога.

## **FEATURES OF THE USE OF DIGITAL EQUIPMENT IN GEODESIC SURVEY OF LINEAR OBJECTS**

### ***Georgy A. Ustavitch***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, D. Sc., Professor, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, phone: (383)343-29-55, e-mail: ystavich@mail.ru

### ***Andrey V. Ivanov***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, phone: (383)343-29-55, e-mail: geodata1000@gmail.com

### ***Natalya B. Romaneskul***

Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, 25, 79 Gvardeiskaya Diviziya St., Tomsk, 634057, Russia, Senior Lecturer, Department of Geoinformatics and Cadastre, phone: (382)247-28-99, e-mail: romaneskul\_nb@mail.ru

The article considers the possibility of using photo / video cameras to obtain georeferenced images, reduce production time and cost of geodetic work while maintaining high accuracy.

**Key words:** mobile laser scanning, digital equipment, panoramic video shooting, highway.

Мобильное лазерное сканирование – это современный, наиболее быстрый и достоверный способ получения геодезической информации об участке изысканий в движении на скорости до 120 км/ч. Может использоваться для определения практически любых геометрических параметров объекта изысканий, создания цифровых моделей местности, цифровых моделей рельефа, цифровых топографических карт и планов крупного масштаба.

Мобильный лазерный сканер состоит из двух основных блоков: измерительный (сканирующий) и навигационный. Измерительный блок производит сканирование (измерение) объектов на основе лазерного дальномера, работающего в безотражательном режиме, а система позиционирования осуществляет измерение углов наклона и пространственную «привязку» траектории движения сканера. Активным элементом дальномерного (сканирующего) блока является полупроводниковый лазер. Лазер излучает короткие импульсы, направление которых регулируется и регистрируется оптической системой, а именно сканирующим элементом блока развертки, входящим в ее состав.

Данный вид съемки позволяет выполнять тысячи измерений в секунду, что приводит к высокой плотности измерений на относительно небольшой площади участка работ, позволяет фиксировать абсолютно все особенности рельефа и ситуации местности и оперативно получать трехмерную модель местности в виде массива пространственных координат точек лазерных отражений (ТЛО) [1].

Мобильная сканирующая система может монтироваться на автомобилях, судах, железнодорожных платформах и других транспортных средствах в зависимости от задачи и дорожной доступности. Сканирование выполняется вдоль траектории движения транспортного средства, на расстоянии до нескольких сотен метров во всех направлениях. Плотность измерений зависит от скорости движения и расстояния до объекта, и может меняться от единиц до тысяч точек на 1 квадратный метр.

Одним из эффективных применений технологии мобильного лазерного сканирования является геодезическая съемка линейно-протяженных объектов, каким и является автомобильная дорога. Оптимальная скорость движения для сбора измерений с достаточной плотностью ТЛО составляет 50–60 км/ч.

Преимущества технологии мобильного лазерного сканирования при выполнении геодезической съемки линейно-протяженных объектов:

1. Значительная экономия временных и трудовых затрат средств по сравнению с традиционными методами съемки;
2. Высокая плотность, точность и детальность получаемых данных – около 3000 точек на 1 м кв. при 60 км/ч;
3. Повышенная безопасность при выполнении геодезических работ на опасных объектах (высоковольтные электростанции, железнодорожные пути, химические производства);
4. Высокая производительность сбора данных – до 300 погонных километров в день;
5. Легкость монтажа и высокая мобильность технологии.

В условиях современного рынка геодезического производства необходимо сокращать время производства и снижать стоимость геодезических работ с сохранением высокой точности. Для решения данной проблемы возможно применение мобильного лазерного сканера и цифрового фотофиксирующего оборудования при выполнении полевых работ. Использование фото/видео камер для получения геопривязанных изображений допустимо одновременно с системой мобильного лазерного сканирования, панорамная съемка и фотофиксация проблемных участков работ позволит получать высокую скорость дешифровки измерений при первичной камеральной обработке и построении ЦММ за счет повышенного уровня наглядности ситуации местности.

**Мобильное лазерное сканирование и дискретная цифровая фото/видео съемка.** Данный вид съемки предполагает использование мобильной сканирующей системы, оснащенной видеокамерой.

Точное пространственное положение и ориентация мобильной сканирующей системы определяются с помощью инерциальной навигационной системы и геодезического приемника сигналов глобальной навигационной спутниковой системы.

Итоговым результатом выполненных работ является массив ТЛО. Каждому единичному измерению будет присвоено несколько параметров, а именно пространственные координаты, интенсивность отраженного сигнала лазера. Интенсивность отраженного сигнала зависит от отражательной способности объекта местности и представляет собой значение энергии сигнала, вернувшегося в приемник сканера, что впоследствии можно представить в виде псевдоцветовой раскраски цветной или черно белой градации. При дальнейшей обработке данных мобильного лазерного сканирования могут возникнуть трудности с распознаванием объектов местности. Использование фото/видеофиксации позволит решить эту проблему. Цифровая фото/видео съемка позволяет присвоить каждой точке массива сканерных измерений значение в реальном цвете объекта. ТЛО, раскрашенные в естественные цвета, предоставляют возможность оперативно получить необходимую информацию по объекту и его отдельным частям. Также наличие видеоматериалов позволяет выполнить сплошное фиксирование ситуации местности и облегчает процесс дешифрирования массива точек, построение цифровой модели местности и прорисовку объектов, которые не отобразились на данных лазерного сканирования, например, из-за недостаточной плотности измерений. Просмотрев видеоряд, можно получить данные о качественных характеристиках (семантика и атрибутика) объектов местности, что при наличии только массива точек не представляется возможным.

**Метод панорамной видеосъемки.** Для реализации данного метода используется только специальная видео камера, установленная непосредственно на легковом автомобиле. Осуществляется проезд по крайним полосам движения автомобильной дороги со скоростью не более 60 км/ч. Во время съемки необходимо контролировать качество съемки и изменять параметры экспозиции камеры для достижения наилучшего качества и фокуса кадра. Полученный ви-

деоряд имеет пространственную привязку, что позволяет просматривать нужный участок автомобильной дороги в режиме реального времени с привязкой по координатам или эксплуатационному километражу. Используя предложенный метод можно получить различного рода информацию, не применяя непосредственно геодезическую съемку, что сокращает стоимость производства работ. Необходимость этого метода возникает, например, при создании геоинформационных систем автомобильных дорог. Появляется возможность быстро получить информацию по всему исследуемому объекту. [2]

Недостатком данного метода является его применение лишь для ограниченного числа видов работ, он носит скорее информативный характер и передает метрические данные объектов местности.

**Фотофиксация проблемных участков работ.** При проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог на стадии составления проекта часто возникает необходимость непосредственного выезда на участок проведения работ для уточнения различного рода информации (например, проблемные участки дорог, требующие ремонта, состояние водопропускных труб, наличие или отсутствие объектов транспортной инфраструктуры, или при выполнении съемки был упущен какой-либо объект). Чтобы избежать денежных потерь и трудозатрат, в целях экономии возможно дополнение инструментальных наблюдений фотофиксацией сложных участков работ. Если работы выполняются методом тахеометрической съемки, это приведет к упрощению составления абрисов.

При лазерной съемке возникают так называемые «теневые зоны», не всегда можно точно определить выходы подземных коммуникаций, состояние коммуникаций и объектов транспортной инфраструктуры. Применение данного метода позволит исключить пробелы при создании цифровой модели местности и топографического плана. Фотографирование производится на этапах создания планово-высотного обоснования или досъемки контуров и объектов местности.

При наличии достаточного количества фотоизображений местности и перекрытий между снимками не менее 30 %, возможно построение фотограмметрической модели местности. И далее, определять размеры какого-либо объекта, при условии, что на фотографии видны мерные приборы (рейка, рулетка) или точки с известными координатами для получения реального масштаба. [3]

Применение цифрового оборудования при проведении геодезических работ для проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог сокращает сроки выполнения этих работ, а простота использования и наглядность исключает возможность ошибки при принятии проектных решений, избавляет от дополнительных трудозатрат. Полученная информация может быть использована многократно для решения различного рода задач, до тех пор, пока не устареет из-за изменений, неизбежно возникающих с течением времени.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сарычев Д. С. Мобильное лазерное сканирование // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2013. – № 1. – С. 37–41.
2. Субботин С. А. ГИС автомобильных дорог IndorRoad // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2013. – № 1. – С. 55–59.
3. Вдовин А. И., Титов С. С., Мурзинцев П. П. Применение сферических фотопанорам при тахеометрической съемке // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 46–48.

© Г. А. Уставич, А. В. Иванов, Н. Б. Романескул, 2019