

Особенности применения данных различных видов лазерного сканирования при мониторинге природных и промышленных объектов

В. А. СЕРЕДОВИЧ, М. А. АЛТЫНЦЕВ, Р. А. ПОПОВ

Сибирская государственная геодезическая академия, Новосибирск, Россия
e-mail: v.seredovich@mail.ru, mnbcv@mail.ru, romalex.profi@gmail.com

Описаны возможности применения данных наземного, мобильного и воздушного сканирования при мониторинге объектов городской инфраструктуры. Рассмотрены вопросы выбора того или иного метода сканирования при решении определённого круга задач. Приведены достоинства и недостатки каждого из рассматриваемых методов.

Ключевые слова: лазерное сканирование, мониторинг, применение данных лазерного сканирования.

Введение

В последнее десятилетие при мониторинге объектов городской инфраструктуры всё чаще начинают применять данные лазерного сканирования. Лазерное сканирование — это один из самых современных видов съёмки, позволяющих получить информацию о местности. По данным лазерного сканирования выполняют построение топографических планов, трёхмерных моделей. Этот метод находит применение в строительстве, автомобильной отрасли, архитектуре, нефтегазовой отрасли, электроэнергетике и др. Например, в железнодорожной и автомобильной отраслях на основе данных лазерного сканирования определяют дефекты дорожного полотна и железнодорожных путей, создают их поперечные и продольные профили, строят трёхмерные модели объектов, выполняют их паспортизацию.

Принцип лазерного сканирования заключается в следующем. Лазерный локатор излучает короткие импульсы, оптическая система и сканирующий элемент, входящий в её состав, регистрирует направление данных импульсов. Импульсы по прямолинейной траектории распространяются в сторону объекта съёмки от источника излучения. В случае столкновения импульса с препятствием лазерный луч переотражается. Часть переотражённой энергии возвращается в сторону лазерного локатора и регистрируется на приёмнике излучения, что позволяет определить расстояние от локатора до объекта [1].

1. Виды лазерного сканирования

Лазерное сканирование подразделяется на три вида: наземное, воздушное и мобильное. Первым появилось наземное. В состав системы данного вида сканирования первоначально входил только лазерный сканер. Впоследствии во многие модели стали встраи-

вать GPS-приёмники, позволившие получать данные сразу во внешней системе координат. Системы воздушного и мобильного лазерного сканирования принципиально более сложны и требуют дополнительной предварительной обработки данных. В состав системы воздушного лазерного сканирования, как правило, входит сам лазерный сканер, системы GPS и IMU, цифровая камера, блок управления. Блок управления выполняет слежение за работой всей съёмочной аппаратуры, система IMU, или инерциальная система, определяет ускорение съёмочной системы и углы наклона, система GPS измеряет текущие внешние координаты съёмочной системы. Предварительная обработка данных включает их калибровку и уравнивание. При калибровке производится поиск поправок в элементы внешнего ориентирования GPS-антенны и сканерного блока: географические координаты X_r , Y_r , Z_r положения антенны, углы курса H_s , крена R_s и тангажа P_s положения сканерного блока. Калибровка выполняется по тестовому участку, она может быть осуществлена как до основных измерений, так и после. В случае калибровки после основных измерений один из снятых участков местности принимается в качестве тестового. На этапе уравнивания выполняется поиск локальных поправок в каждой точке траектории движения носителя съёмочной системы. Найденные поправки вносятся в данные траектории и координаты получаемых точек лазерных отражений (ТЛО).

Состав системы мобильного лазерного сканирования практически такой же, что и воздушного. Они различаются количеством лазерных сканеров, цифровых камер, типом и моделями сканеров и камер. В состав мобильной лазерной сканирующей системы может быть включено от двух до четырёх лазерных сканеров и такое же число камер. Общие принципы технологии обработки данных мобильного лазерного сканирования такие же, как и воздушного.

2. Применение данных лазерного сканирования

Решение о том, какой именно вид сканирования применять, зависит от поставленной задачи. В случае небольших объектов применяется наземное лазерное сканирование, для больших площадных объектов, от 1000 гектар, выгодно воздушное лазерное сканирование, а для не очень протяжённых линейных объектов лучше принять мобильное. Воздушное лазерное сканирование позволяет получать информацию о местности в кратчайшие сроки, но при этом является самым дорогостоящим. Кроме того, оно позволяет выполнять съёмку тех участков местности, доступ к которым по земле получить практически невозможно. Это касается, например, обширных лесных и заболоченных территорий. На рисунке показаны примеры различных данных сканирования. Точки лазерных отражений, полученные по данным наземного лазерного сканирования, отображены в режиме по интенсивности отражённого сигнала, ТЛО воздушного лазерного сканирования отображены по классам объектов, а ТЛО в случае мобильного сканирования — в цветах, перенесённых с фотографий.

Выбор метода лазерного сканирования для съёмки зависит не только от площади объектов сканирования, но и от желаемой точности получаемых данных. Самым точным является наземное лазерное сканирование, с точностью 2–5 мм, мобильное обладает точностью в пределах 5 см, точность воздушного лазерного сканирования достигает 15–20 см.

Исходя из площади съёмки, особенностей территорий, точности данных, получаемых различными методами, можно сформировать список задач, решить которые можно тем или иным методом сканирования. Воздушное лазерное сканирование целесо-

a*б**в*

Данные лазерного сканирования: *a* — наземного, *б* — воздушного, *в* — мобильного

образно при мониторинге протяжённых промышленных объектов, таких как нефтегазопроводы, ЛЭП, при съёмке залесенной местности, трёхмерном моделировании городов. Мобильное лазерное сканирование следует выполнять при мониторинге дорожного покрытия, железнодорожного полотна, оценке технического состояния тоннелей, трёхмерном моделировании городской инфраструктуры. Наземное лазерное сканирование следует использовать, когда необходимо получить трёхмерные модели различных объ-

ектов с миллиметровой точностью, например при оценке деформации пролетов мостов, плотин, лифтовых шахт, башен и др. [2–4].

Точность данных мобильного и воздушного лазерного сканирования может быть увеличена. При повышении точности данных, полученных методами сканирования, открываются новые горизонты их применения. Достигается это путём использования традиционных геодезических методов, таких как тахеометрическая съёмка и съёмка с применением GPS-приёмников. Опорные точки, полученные этими методами, могут быть применены при уравнивании данных лазерного сканирования. Например, точность мобильного лазерного сканирования может быть улучшена до 1 см при использовании опорных точек каждые 50–100 м. Точки, получаемые традиционными геодезическими методами, также могут использоваться как контрольные, т. е. применяться не для уравнивания, а только для оценки точности уравнивания данных сканирования.

Все методы лазерного сканирования могут применяться совместно. Например, при съёмке железнодорожного полотна можно использовать мобильный лазерный сканер, с помощью воздушного лазерного сканера получить цифровую модель рельефа, а наземным лазерным сканером провести съёмку сложных технических сооружений на станциях.

Заключение

Таким образом, лазерное сканирование является прогрессивным и универсальным методом получения трёхмерных данных о различных объектах и решения широкого круга задач при мониторинге природных и промышленных объектов. При комбинировании различных видов лазерного сканирования можно повысить информативность и точность создаваемой продукции.

Список литературы

- [1] МЕДВЕДЕВ Е.М., ДАНИЛИН И.М., МЕЛЬНИКОВ С.Р. Лазерная локация земли и леса. М.: Геолидар, Геоскосмос, 2007.
- [2] ШИРОКОВА Т.А., АНТИПОВ А.В., АРБУЗОВ С.А. Определение изменений на местности с применением данных лидарной съемки // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. научн. конгр., 10–20 апр. 2012 г., Новосибирск. “Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология”: сб. матер. в 2 т. Т. 1. Новосибирск: СГГА, 2012. С. 38–45.
- [3] АЙРАПЕТЯН В.С., ШИРОКОВА Т.А., АНТИПОВ А.В. Использование данных лазерного зондирования для создания трёхмерных реалистичных сцен городских территорий // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр., 19–29 апреля 2011 г., Новосибирск. “Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология”: сб. матер. в 4 т. Т. 4. Новосибирск: СГГА, 2011. С. 11–13.
- [4] ГОРОХОВА Е.И., АЛЕШИНА И.В., РОМАНОВИЧ Е.В. и др. Проверка внутреннего очертания тоннеля при помощи наземного лазерного сканера // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр., 10–20 апр. 2012 г., Новосибирск. “Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия”: сб. матер. в 3 т. Т. 1. Новосибирск: СГГА, 2012. С. 107–114.