

АНАЛИЗ СПОСОБОВ СБОРА ГЕОДАНЫХ ПРИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ СОПРОВОЖДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

Виктор Семенович Писарев

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)343-27-09, e-mail: viktor@ssga.ru

Бахтиёр Назруллоевич Ахмедов

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

Андрей Александрович Басаргин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: abaspirant@mail.ru

Одной из задач успешного функционирования любого предприятия, связанного с добычей полезных ископаемых, является оперативное и достоверное получение геопространственных данных об объекте работ. Современные достижения в области разработки аппаратного и программного обеспечения позволили проводить точное 3D-моделирование в горной промышленности без использования дорогостоящих и высокопроизводительных систем сбора данных. Недорогие цифровые камеры, лазерные сканеры и навигационные системы могут обеспечить сбор детальной информации об объекте, если они должным образом интегрированы на уровне аппаратного и программного обеспечения. В статье приводится развернутое описание способов сбора геоданных, их преимущества и недостатки в каждом конкретном случае.

Ключевые слова: геоданные, открытая горная работа, геопространство, горная промышленность, тахеометр, беспилотные летательные аппараты, карьер, полезные ископаемые, интегрированная технология, горное дело, цифровая модель.

ANALYSIS OF METHODS OF COLLECTING GEODATA IN GEODETIC SUPPORT OF MINING OPERATIONS

Viktor S. Pisarev

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)343-27-09, e-mail: viktor@ssga.ru

Bachtier N. Akhmedov

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

Andrew A. Basargin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Applied Informatics and Information Systems, phone: (383)343-18-53, e-mail: abaspirant@mail.ru

One of the tasks of the successful operation of any enterprise associated with the extraction of minerals is the prompt and reliable acquisition of geospatial data about the study object. Modern advances in hardware and software development allowed accurate 3D modeling in the mining industry without the use of expensive and high-performance data acquisition systems. Low-cost digital cameras, laser scanners and navigation systems can collect detailed information about an object if they are properly integrated at the hardware and software level. The article provides a detailed description of the methods of collecting GEODATA, their advantages and disadvantages in each case.

Key words: GEODATA, open mining, geospatial, mining, total station, unmanned aerial vehicles, quarry, minerals, integrated technology, mining, digital model.

Введение

Пространственные данные составляют основу нашего реального мира. Быстро развивающиеся инновации приносят новые возможности в том числе в горной промышленности, которые обеспечивают значительное повышение качества исполняемых работ и производительности выполнения маркшейдерско-геодезических работ.

Специалисты в горнодобывающей промышленности выполняют важную функцию, ведь они непосредственно отвечают за точное измерение площадей и объемов добываемых горных пород, а также точное представление поверхности земли в виде цифровых моделей геопространства. Геодезическое и маркшейдерское сопровождение горных работ заключается в выносе в натуру точных геометрических размеров различных типов горных выработок, передаче отметок, подсчете объемов горных пород, составлении исполнительных чертежей и инженерно-маркшейдерской документации и т. д.

В настоящее время общепринятыми классическими видами съемок являются: тахеометрическая съемка, наземное лазерное сканирование, аэрофотосъемка с пилотных и беспилотных летательных аппаратов, а также, в некоторых случаях, в качестве материалов съемки могут быть использованы космические снимки.

Результатом каждого вида съемки является цифровая модель местности (ЦММ) определенного масштаба. Правильность выбора способа проведения съемки зависит от конечной цели ЦММ, точности, масштаба и ряда других факторов. Каждый вид съемки обладает своими достоинствами и недостатками, которые рассмотрим ниже.

Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка – комбинированная съемка, в процессе которой одновременно определяют плановое и высотное положение точек, что позволяет сразу получать топографический план местности. Тахеометрия в буквальном переводе означает быстрое измерение. В реальности это самый распространенный способ съемки территории, так как его применение возможно при любых погодных условиях и различных сочетаниях природно-географической среды [6].

Данный способ имеет существенное преимущество перед другими методами наземных съемок.

Преимущества способа:

- низкая цена комплекса геодезического оборудования;
- возможность выполнения геодезических работ при неблагоприятных погодных условиях;
- автоматизация процесса работ по сбору данных (при применении электронных тахеометров);
- высокая точность при создании точек съемочного обоснования, а также измерении характерных точек (до 1 мм);
- выполнение работ любой категории сложности;
- возможность получения детальной информации об объектах местности;
- низкая стоимость выполнения топографических полевых работ;
- возможность выполнения работ в местной системе координат (при применении тахеометров оснащенных спутниковой системой).

Недостатки способа:

- ограниченность применения в некоторых ситуациях, таких как землетрясения, наводнения, оползни, ведение работ в зоне обвала горных пород и т. д.;
- долгое время сбора пространственной информации;
- составление цифровых моделей местности только камеральным путем;
- дополнительные обмерные работы.

Наземное лазерное сканирование

Наземное лазерное сканирование широко применяется в горнодобывающей промышленности и стало эффективным способом сбора геопространственных данных для получения размеров и пространственного расположения горных выработок.

В результате выполнения лазерного сканирования получается облако точек, полученное по отраженным объектам. Облако точек содержит информацию о пространственном расположении каждой измеренной точки.

Благодаря высокой плотности точек, данный способ является оптимальным для исследований за движениями и деформациями горных массивов, а также определения параметров устойчивости бортов карьеров.

Преимущества способа:

- высокая степень автоматизации;
- высокая скорость работы при сборе данных;
- полнота и подробность пространственной информации;
- высокая точность измерений;
- обеспечение точной геометрической формы пространственных объектов;
- возможность съемки сложных инженерных сооружений и труднодоступных мест;
- возможность выполнения полевых работ одним исполнителем.

Недостатки способа:

- высокая стоимость оборудования;
- небольшая дальность измерений до 500 м (в зависимости от характеристик прибора погодных условий);
- обработка данных в специализированных программах.

В данном способе выделяют: воздушное лазерное сканирование и мобильное лазерное сканирование.

Воздушное лазерное сканирование (ВЛС) это способ лазерного сканирования, выполняемого с борта беспилотного летательного аппарата. ВЛС предоставляет широкие возможности для горнодобывающей промышленности, поскольку данным способом можно производить съемку больших территорий за небольшой период времени. В результате измерений получается облако точек, позволяющее создать цифровую модель рельефа (ЦМР) по всей территории.

Мобильное лазерное сканирование – это способ сканирования с использованием портативных (мобильных) лазерных сканеров, которые целесообразно использовать в труднодоступных местах. Переносное устройство для лазерного сканирования является разумным решением благодаря простоте использования, а некоторые сканеры с легким весом и небольшими габаритами также могут быть установлены на мобильных платформах. Мобильный сканер является отличным инструментом для съемки отдельных элементов горных выработок.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА)

За последние несколько лет БПЛА стали совершенными и доступными и нашли полноценное применение в геодезическом сопровождении на предприятиях по открытой добыче полезных ископаемых. БПЛА оснащены цифровыми камерами для обеспечения аэрофотоснимков высокого разрешения, которые затем обрабатываются для получения высокоточных ортофотоснимков, с последующим получением по ним облаков точек и построения 3D-моделей.

Этот способ имеет большой потенциал, чтобы заменить или существенно дополнить многие существующие способы по получению геоданных о территории в труднодоступных местах. В настоящее время несколько компаний запустили ультракомпактные и легкие беспилотные системы дистанционного зондирования. Неблагоприятные условия окружающей среды и труднодоступные места в горной промышленности делают БПЛА идеальным решением для получения геопространственных данных и дальнейшего создания цифровых моделей геопространства.

Преимущества способа:

- высокая производительность сбора геоданных;
- небольшой вес оборудования;
- возможность выполнения измерений одним исполнителем;
- возможность производить съемку труднодоступных для человека мест;
- возможность проведения видеофиксации с целью наземного контроля территорий и точного дешифрирования фотоснимков;

– коммерчески доступное программное обеспечение для обработки фотоснимков;

Недостатки способа:

– полет совершается только по предварительному согласованию со службами безопасности;

– управление полетом производится только квалифицированным пилотом;

– ограниченность в продолжительности полета (для некоторых БПЛА от 20 до 45 минут);

– ограниченная грузоподъемность;

– большая вероятность возникновения погрешностей в навигационных системах;

– калибровка систем проводится в лабораторных условиях квалифицированными мастерами в области навигации;

– высокая погрешность данных, полученных при неблагоприятных погодных условиях (особенно при сильном порыве ветра);

– высокая стоимость технологии.

Программное обеспечение для обработки данных

В области информационных технологий многие организации стремятся использовать 3D технологии для моделирования геопространственных данных. В соответствии с этой тенденцией, такие крупные компании как Autodesk, Grafisoft и др., постоянно разрабатывают методы решения и создания трехмерных моделей во всех областях народного хозяйства.

За последние годы появился широкий спектр инновационных программ для проектирования горных сооружений и обработки геопространственных данных больших объемов. В настоящее время совместное использование ГИС и BIM технологии дают возможность объединять данные геодезических измерений и данные содержащие цифровые модели рельефа в единые цифровые модели. Это решение позволяет специалистам разрабатывать комплексную трехмерную модель горного пространства, соответствующую современным требованиям.

Весь рабочий процесс по формированию модели геопространства в горной промышленности сопровождается такими компьютерными программами как: Autocad Civil 3D, Credo, ГИС Панорама, ArcGIS, MicroMine и т. д., что обеспечивает максимальную автоматизацию в обработке геопространственных данных. Эти программы, фактически, включают в себя все необходимые инструменты для обработки геодезических измерений в горной промышленности.

С их помощью пользователи могут моделировать любую ситуацию под любым углом обзора, 3D-модель геопространства поможет специалистам в решении сложных инженерных задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наземное лазерное сканирование: монография / В. А. Середович [и др.]. – Новосибирск, 2009. – 261 с.
2. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.
3. Полищук Ю. В. и др. Создание и обновление специальных планов городов. – М. : Недра, 1988. – 239 с. : ил. ISBN 5-247-01217-8.
4. Уставич Г. А. Геодезия. В 2-х кн. Кн. 2 : учебник для вузов. – Новосибирск : СГГА, 2014. – 536 с.
5. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 и 1 : 500 // Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М. : Недра, 1985. – 152 с.
6. Ямбаев Х. К. Геодезическое инструментоведение : учебник для вузов. – М. : Академический Проект : Гаудеамус, 2011. – 583 с. – (Gaudeamus).
7. Ахмедов Б. Н. и др. Геодезическое инструментоведение : учеб. пособие. – Душанбе, 2016. – 150 с.
8. Писарев В. С. Использование современных сканирующих систем на открытых горных выработках // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры «От идеи до внедрения». Сборник материалов международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 61-64.
9. Ахмедов Б. Н. Построение цифровых трехмерных моделей геопространства // Инженерная графика и трехмерное моделирование. Молодежная научно-практическая конференция : сб. науч. докладов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – С. 9–13.
10. Лазерные сканеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://novanet.ru/catalog/86-lazernye-skanery>.
11. Григоренко А. Г., Киселев М. И. Инженерная геодезия : учеб. пособие для строит. техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1983. – 256 с.
12. Маркшейдерское дело / Казаковский Д. А., Белоликов А. Н., Кротов Г. А., Лавров В. Н., Пятлин М. П., Стенин Н. И. – Изд. 2-е, переработ. и доп. – М. : Недра, 1970.
13. Писарев В. С., Ахмедов Б. Н. Автоматизированное обновление цифровых моделей геопространства // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 1. – С. 46–50.
14. Ахмедов Б. Н., Ахмедова Г. З. Сравнение технологии создания трехмерных моделей геопространства по геодезическим данным // Материалы II научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов «Таджикская наука – ведущий фактор развития общества». – Душанбе : ТТУ, 2017. – С. 116–119.

© В. С. Писарев, Б. Н. Ахмедов, А. А. Басаргин, 2019