

М. С. Тутанова^{1}, Н. Н. Леонов², А. Б. Рымкулова²*

Применение цифровой фотограмметрии на открытых горных работах

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, г. Караганда, Республика Казахстан

* e-mail: mikochkat1984@mail.ru

Аннотация. Цифровая фотограмметрия является перспективным направлением в горном деле, дающим возможность приобретать точные данные об объектах на местности и осуществлять детальное 3D-моделирование участка. При помощи фотограмметрии определяются характеристики объектов, таких как: форма, размеры, положение в пространстве по фотограмметрическим изображениям. В статье приведена сопоставительная характеристика методов цифровой фотограмметрии, рассмотрена история развития аэрофотосъемки и значимость применения на открытых горных работах. Технология цифровой фотограмметрии с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) применяется для трехмерного моделирования горных работ и расчета земляных работ для решения проблем высокой стоимости, низкой эффективности и высокой трудоемкости при традиционных полевых изысканиях.

Ключевые слова: Цифровая фотограмметрия, 3D-моделирование, аэрофотосъемка, горный массив, БПЛА

M. S. Tutanova^{1}, N. N. Leonov², A. B. Rymkulova²*

Application of digital photogrammetry in open-pit mining

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

² A. Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Republic of Kazakhstan

* e-mail: mikochkat1984@mail.ru

Abstract. Digital photogrammetry is a promising direction in mining, which makes it possible to acquire accurate data about objects on the ground and carry out detailed 3D modeling of the site. Photogrammetry is "the art, science and technology of obtaining objective information about physical processes and the environment by recording, measuring and interpreting images" and the digital representation of models obtained from non-contact sensor systems. The article presents a comparative characteristic of digital photogrammetry methods, examines the history of the development of aerial photography and the importance of application in open-pit mining. The technology of digital photogrammetry from unmanned aerial vehicles (UAV) is used for three-dimensional modeling of mining operations and calculation of earthworks to solve problems of high cost, low efficiency and high labor intensity in traditional manual field surveys.

Keywords: Digital photogrammetry, 3D modeling, aerial photography, mountain range, UAV

Введение

Фотограмметрия получила начало от изобретения в 1839 г. французским художником Луи Дагером. В истории фотограмметрии известен факт разработки

графической версии планов сооружений с помощью фотографии, выполненных поверхностным способом (Э. Ласседа, 1851-1859 гг.). В результате появилась возможность перехода от наземной инженерной фотосъемки к аэрофотосъемке.

Французский фотограф Ф. Надар в 1858 г. впервые в истории получил снимки с воздушного шара, способствовавшие дальнейшему развитию фотограмметрии. Данные аэрофотоснимки по своей геометрии приблизились к плану местности [2].

На современном этапе цифровая фотограмметрия как точная наука касается физико-математических наук, достижениями радиоэлектроники, вычислительной техники, приборостроения, фотографии. А также напрямую связана с геодезией, топографией и картографией.

Преимущества в области оптической физики дали возможность создавать нынешние объективы съемочных приборов. Формирование специализированных программных средств и высокопроизводительного современного оборудования привели к развитию автоматического управления самолетами, что позволило управлять космическими кораблями, создавать приборы, для получения изображений в цифровом формате, определять положение фотоснимков в момент фотографирования, автоматизировать этапы обработки и хранения информации [1].

Методы и материалы

Не надлежащее планирование и отсутствие использования современных технологий при добыче полезных ископаемых приводит к негативному воздействию в виде выброса пыли в атмосферу. Быстроменяющееся состояние ландшафта в карьере подразумевает, что осуществление постоянного мониторинга всей территории позволяет эффективно управлять следующими видами деятельности: изменение маршрута дорог, расположение тяжелой техники, расположение различных типов складов и обследование взрывных материалов и штабелей на складе.

Постоянная съемка изменяющейся формы карьера и его элементов: бермы, высоты уступов, уклонов, а также надежный расчет объемов добытой массы составляют процесс сбора данных о карьере. В области изучения и мониторинга добычи полезных ископаемых, районов карьера целесообразно использовать инновационные технологий, такие как БПЛА. [7, 8].

Съемки с БПЛА способствует быстрому составлению карты всего карьера и улучшению общего управления проектом.

Вместе с тем, данный процесс обеспечит эффективность при измерении объема запасов, высоты, диаметра и плотности, для определения подсчета запасов и организации поставок.

С помощью фотограмметрической съемки создается возможность осуществить цифровую ортофотосъемку, создать цифровую модель поверхности. Цифровая камера, установленная на БПЛА, производит мониторинг карьеров, способствующий фиксировать геологические нарушения, снимать большие площади карьера [9, 10].

Традиционный метод обследования запасов характеризуется ручным трудом: проведением ручного считывания каждой кучи, которое требует механической работы и отнимает достаточное количество времени. Беспилотная съемка же позволяет измерять запасы за считанные часы и минуты [3, 4].

Благодаря беспилотным съемкам можно создавать 3D-реконструкции и модели поверхности участков, которые подлежат взрывным работам или бурению (рис. 1). В результате взрывных работ осуществляется тепловидение и фотометрия, для проверки отсутствия потенциально опасных сдвигов в материале. Сопоставление съемок, проведенных до и после взрывных работ, дает возможность более точно оценить объемы для улучшения планирования будущих взрывов, и тем самым сократить расходы на взрывчатые вещества, время на объект и бурение [5, 6].



Рис.1. Осуществление съемки карьера БПЛА

Результаты и выводы

Из описанного выше следует вывод: чтобы выполнить качественную аэрофотосъемку рекомендуется снимать территорию только специальными спектрально-цифровыми профессиональными фотокамерами. Осуществление наземной фотограмметрической фотосъемки также должно проводиться специальной аппаратурой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калинин А.А., Бондаренко А.М., Строгий Б.Н., Семенцов М.Н., Казачков И.А., Матвейкина Ж.В., Самойлова Т.Ф.; под. ред. Калинина А.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Курс лекций: учеб. пособие. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. – 7 - 11 с.
2. Булавицкий В.Ф., Жукова Н.В. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории: учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. – 5 - 8 с.

3. Sharan Kumar Nagendran, Mohd Ashraf Mohamad Ismail. Application of UAV photogrammetry for quarry monitoring : *Warta Geologi*, Vol. 46, No. 2, August 2020, 76 – 81 pp.
4. Brent A. Slaker, Khaled M. Mohamed. A practical application of photogrammetry to performing rib characterization measurements in an underground coal mine using a DSLR camera : *International-journal-of-mining-science-and-technology*. – Volume 27, Issue 1, 2017.– 83 - 90 pp.
5. G. Vassena, A. Clerici. Open pit mine 3d mapping by tls and digital photogrammetry: 3d model update thanks to a slam based approach : – *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-2, 2018. – 1145 - 1148 pp.
6. Тайлаков О.В., Коровин Д.С. Особенности фотограмметрической обработки аэрофотоснимков открытого угольного склада при использовании беспилотных летательных аппаратов : *Вестник кузбасского государственного технического университета*, 2016. №5 – 3-6 с.
7. Смолич С. В., Смолич К. С., Просекин Б. А. Современное маркшейдерское искусство: учеб. пособие. – Чита: Забайкальский государственный университет, 2018 – 191 с.
8. Кротенок А. Ю., Шурыгин Д. Н., Литовченко Т. В., Семенова Ю.А., В. Р. Харитоновна. Фотограмметрическая обработка изображений на основе беспилотных летательных аппаратов и наземного лазерного сканирования при проектировании открытых горных работ: *Горный информационно-аналитический бюллетень*, 2017. – № 12 – 50 - 55 с.
9. Краснопевцев Б.В. Фотограмметрия : учеб. пособие. – М.: УПП "Репрография" МИИ-ГАиК, 2008. – 160 с.
10. Эпов М.И., Злыгостев И.Н. Применение беспилотных летательных аппаратов в аэрогеофизической разведке : *Интерэкспо Гео-Сибирь*, 2012. – №3 – 22 - 27 с.

© М. С. Тутанова, Н. Н. Леонов, А. Б. Рымқұлова, 2023