

ФОТОГРАММЕТРИЯ В РОССИИ: РЕАЛЬНОСТЬ И БУДУЩЕЕ*

Рассмотрим, что такое фотограмметрия, и как технологии, основанные на фотограмметрических методах, влияют на практические решения в таких областях как горное дело, строительство, нефтегазовый комплекс, проектирование, а также оказывают помощь при чрезвычайных ситуациях и в развитии туризма в России. Наш эксперт — директор ООО «Фотометр» Ренат Ягудин.

«Фотограмметрия — это научно-техническая дисциплина, в рамках которой разрабатывают методы получения пространственной информации об объектах по фотографическим изображениям. Эти методы применяют, чтобы с высокой точностью определять размеры и форму сооружений по разности двумерных и трехмерных координат точек объекта на фотоснимке».

Технологии, основанные на фотограмметрических методах, вышли на новый уровень с появлением беспилотных летательных аппаратов и HD-камер. Современные беспилотные воздушные системы (БВС) включают в себя: беспилотный летательный аппарат, цифровую камеру и программное обеспечение для автоматического управления аэрофотосъемкой. Благодаря высокодетальным снимкам с цифровых камер для аэрофотосъемки, удается снизить стоимость работ, сократить сроки их выполнения и автоматизировать процесс получения данных.

«Области применения фотограмметрических методов разнообразны: реставрация объ-

ектов культурного наследия, решение инженерных задач, строительство, вычисление объемов земляных работ, трехмерный кадастр, сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых и т. д. Но основная область деятельности нашей компании в России в настоящее время — это измерение объемов сырья на горнодобывающих предприятиях, — делится Ренат Ягудин. — При добыче полезных ископаемых на открытых горных выработках применение технологии аэрофотосъемки с БВС ощутимо облегчает работу: не нужно лично обходить огромные и часто небезопасные территории — с помощью БВС можно получить цифровые снимки высокого качества даже самых труднодоступных мест и в кратчайшие сроки».

▼ «Ковдорский ГОК»: опыт применения фотограмметрических методов при добыче полезных ископаемых

В январе 2017 г. участник международного конкурса инфраструктурных проектов BeInspired 2017 АО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат» (ГОК) стал использовать БВС на основе квадрокоптера Phantom и программного обеспечения (ПО) ContextCapture компании Bentley Systems для обследования рудника. С помощью БВС удалось исследовать ранее недоступные места карьера. Благодаря этому, ГОК смог подготовить технический проект повторного запуска отработки восточного

борта рудника «Железный», расположенного на Кольском полуострове, на котором в августе 2015 г. произошло прогнозируемое обрушение 40 тысяч кубометров горной породы. Разработка месторождения на данном участке не велась два года, из-за чего компания недополучала прибыль.

В 2017 г. был выполнен мониторинг этого участка борта в режиме реального времени с субмиллиметровой точностью при помощи интерферометрического радара. Это позволило избежать жертв и повреждения оборудования.

С 2011 г. для определения остатков сырья применяли наземный лазерный сканер Maptek HDS 4400. С появлением на предприятии квадрокоптера Phantom 4 Pro, оснащенного камерой с однойюмовой CMOS-матрицей с разрешением 20 Мпикселей, и ПО ContextCapture использование сканера отошло на второй план: у технологии, основанной на фотограмметрических методах, больше преимуществ.

«Дело в том, что Phantom 4 Pro версии 2.0 — очень устойчивый летательный аппарат. Работать с ним можно при скорости ветра до 12 м/с. Качество связи и передача видеоизображения, не побоюсь отметить, — лучшее в мире, благодаря разрешению матрицы камеры в 20 Мпикселей, — рассказывает Ренат Ягудин. — Квадрокоптер используют для получения снимков масштаба 1:500 и 1:250, а это уже не только кадастровые работы, но и контроль работ на строи-

* Статья подготовлена пресс-службой компании Bentley Systems.

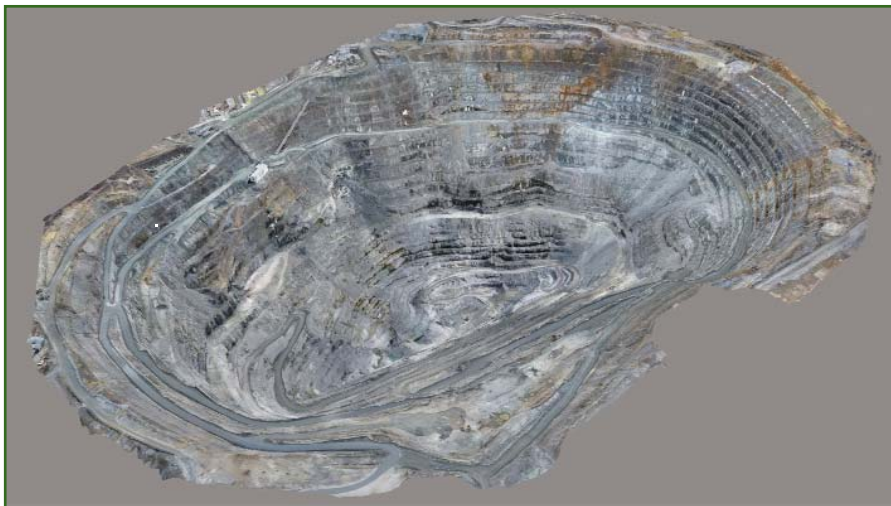


Рис. 1
Трехмерная модель карьера рудника АО «Ковдорский ГОК», созданная в ПО ContextCapture

тельной площадке. Phantom 4 Pro за 119 тысяч рублей стал достойным конкурентом бесплатным летательным аппаратам стоимостью более 1 миллиона рублей. Большинство крупных компаний сделали выбор в пользу мобильности, простоты в обучении и низкой стоимости, что немаловажно в случае поломок, при высоком качестве съемки, сопоставимой с лазерным сканированием».

С помощью технологии, основанной на фотограмметрических методах, специалистам удалось выполнить аэрофотосъемку и построить 3D-модель объекта, получить информацию о развитии и раскрытии трещин, выявить избыточный водопристок и определить потенциально опасные участки. Анализ такого уровня помогает предотвратить обрушение горных пород и затопление. Кроме того, внедрение технологии аэрофотосъемки с БВС и использование программного обеспечения для построения трехмерных моделей карьера рудника повысили безопасность труда маркшейдеров.

Из-за того, что БВС прост в эксплуатации, надежен и мобилен, маркшейдеры АО «Ковдорский ГОК» вдвое сократили

время полевых работ. А возможность ПО ContextCapture оперативно генерировать готовые к использованию данные, позволила повысить производительность при обследовании рудника на 40% (рис. 1).

«Мобильность и оперативность съемки карьера для определения объема вынутых горных пород — основное преимущество беспилотной аэрофотосъемки. Если на стандартную камеральную обработку при традиционном подходе уходит больше месяца, то тот же объем работ при аэрофотосъемке занимает у специалистов день работы в поле с БВС и три дня в офисе, — подчеркивает Ренат Ягудин. — В частности, в практике нашей компании были проекты, когда с помощью аэрофотосъемки с квадрокоптера удавалось ощутимо экономить время при оценке объема работ по реставрации архитектурных объектов — даже старинных и сложных по месту их расположения».

▼ **Воскресенский Ново-Иерусалимский монастырь: БВС при реставрации архитектурного памятника**

Чтобы оценить объем реставрационных работ древнего

монастыря в Истре, ФГУП «Центральные научно-реставрационные проектные мастерские» поставило перед ООО «Фотометр» интересную задачу — создать измерительную 3D-модель существующего объекта культурного наследия площадью 1 км². По точности модель должна была соответствовать требованиям, предъявляемым к топографическим планам: не более 5 см по высоте и 3 см в плане. Фактическая точность итоговой трехмерной модели составила 3 см. Это соответствует допустимой погрешности для кадастровых планов в масштабе 1:500.

Применять для этой задачи технологию лазерного сканирования было нецелесообразно и трудоемко из-за того, что монастырь стоит на возвышенности. К тому же большое количество декоративных элементов на фасадах зданий нужно было воссоздать предельно точно, а это требовало инновационного подхода.

Специалисты компании «Фотометр» объединили цифровые изображения, полученные в результате аэрофотосъемки монастыря с помощью БВС Phantom 3 Pro, с данными наземной фотосъемки цифровой камерой Canon EOS 5D Mark II в ПО ContextCapture.

ПО ContextCapture состоит из двух основных модулей: управления и обработки данных. Модуль управления представляет собой графический пользовательский интерфейс для ввода исходных данных, контроля процесса обработки и визуализации результатов. Модуль обработки данных работает на компьютере в фоновом режиме без взаимодействия с пользователем и выполняет сложные вычисления по специальным алгоритмам.

Для построения трехмерной модели в заданной системе

координат в качестве исходных данных использовались цифровые фотоснимки, координаты центров фотографирования снимков и наземных опорных точек. В ПО ContextCapture загружались фотоизображения, полученные с БВС и с помощью наземной фотосъемки, а также координаты опорных точек в виде текстового файла, содержащего название точек и их пространственные координаты. Координаты центров фотографирования аэрофотоснимков распознавались автоматически, а положение опорных точек на наземных фотоснимках указывалось вручную. В модуле обработки данных запускался процесс аэротриангуляции, в ходе которого система автоматически вычисляла положение и ориентацию фотоснимков, используя одноименные связующие точки на нескольких снимках, трансформировала их и размещала в пространстве в заданной системе координат объекта.

После завершения этапа аэротриангуляции начинался следующий этап — создание модели, перед началом которого выбирался необходимый тип и формат выходных данных.

Так удалось построить детализированную реалистичную трехмерную модель (рис. 2). Объединение отдельных изображений осуществлялось с помощью координат центров



Рис. 2

Модель Воскресенского Ново-Иерусалимского монастыря, созданная в ПО ContextCapture

фотографирования, измеренных в единой системе координат, и опорных точек, полученных высокоточным ГНСС-приемником Geosun eFix R1 GNSS RTK. Весь процесс построения трехмерной модели и ортофотоплана Воскресенского Ново-Иерусалимского монастыря занял 36 часов.

«На всю съемку мы потратили 6 часов, на обработку фото и построение модели — 36 часов. Итоговая точность модели составила 3 см, что соответствует допустимой погрешности для кадастровых планов в масштабе 1:500. Весь процесс создания 3D-модели происходил в автоматическом режиме на обычном офисном компьютере, — рассказывает Ренат Ягудин. — Кстати, нам

доводилось совмещать результаты аэрофотосъемки не только с фотоснимками наземной съемки, но и с данными наземного лазерного сканирования, например, в проекте построения трехмерной модели купола театра оперы и балета в Новосибирске».

▼ **Виртуальная модель купола Новосибирского академического театра оперы и балета — результат объединения данных, полученных двумя методами: фотограмметрическим и лазерного сканирования**

Проект, который впоследствии участвовал в конкурсе «ВМ-технологии 2017» в номинации «Информационное моделирование при работе с памятниками истории и архитектуры», включал в себя техническое обследование здания театра, расчет несущих конструкций, наземное лазерное сканирование здания театра, а также создание его архитектурных чертежей и информационной модели.

Все измерения наземным лазерным сканером велись с опорных точек геодезической основы. При сканировании кровли здания театра выяснилось, что форма купола не

В перспективе фотограмметрический метод может стать фундаментом для развития «виртуального туризма». Чтобы «погулять» по трехмерной модели достопримечательности и рассмотреть ее со всех сторон, нужны только очки дополненной реальности, даже необязательно вставать с дивана.

С помощью технологии беспилотной аэрофотосъемки и ПО ContextCapture удалось значительно сократить расходы и временные затраты на проведение исполнительной съемки по сравнению с классическими методами, быстро исследовать объект без потери точности и автоматизировать процесс оцифровки данных.

Подробнее о проекте можно узнать в журнале «Геопрофи» № 4-2016, с. 36–39.

позволяет отсканировать всю его поверхность. Поэтому наземное лазерное сканирование дополнили аэросъемкой с БВС, сравнили результаты и интегрировали данные из разных источников в единое облако точек, а затем на его основе создали обмерные чертежи и 3D-модель объекта (рис. 3).

«Совместив результаты лазерного сканирования с данными фотограмметрической обработки, мы получили разницу всего в 1 см — это почти безупречная точность, — объясняет Ренат Ягудин. — Самая высокая точность, которой мы достигали при выполнении других проектов, — 4 мм. Но я не вижу смысла биться за миллиметры. Мы ориентируемся на геометрическую точность в 5 см по высоте и 2–3 см в плане — это очень хорошие показатели, достаточные для абсолютного большинства сложных проектов».

▼ **Перспективы развития технологий на основе фотограмметрических методов в России**

Фотограмметрические методы — это больше, чем простая и дешевая альтернатива лазерному сканированию. С помощью БВС можно быстро и детально получать цифровые фотоснимки территорий и зданий, не доступные для наземной съемки.

Распространенным форматом трехмерных моделей, созданных на основе данных аэрофотосъемки, является 3MX. С файлами и облаками точек из MicroStation удобно работать и после создания 3D-модели, а ограничений на ее размер нет. По модели можно строить сечения в различных плоскостях, создавать развертку фасадов и рабочие чертежи, в том числе трехмерные. В том же формате 3D-модель можно передать в программы компании Bentley Systems или других производителей для дальнейшей работы. Конвертация в основные форматы происходит автоматически и бесшовно, иными словами, без дополнительных трансформаций в другие форматы.

Реалистичная 3D-модель ценна не только своей визуальной схожестью с оригиналом. На основе фотограмметрической обработки данных аэрофотосъемки создается геометрически точная трехмерная копия объекта. Самое важное в цифровой модели — возможность проводить измерения линейных размеров и вычислять площади и объемы.

Трехмерную реалистичную модель можно дополнить любым объектом, обосновать и представить его место в инфраструктуре.

«Реалистичные цифровые модели, созданию которых посвящен проект «3D-Россия» в рамках Национальной Технологической Инициативы (<https://sputnik.geoscan.aero/3drussia>), особенно полезны в градостроительстве. Можно увидеть все нюансы — не будет ли новый объект загораживать вид на существующие памятники архитектуры, мешать проезду, отбрасывать

тень на жилые здания. Многие проблемы будут решены при планировании, еще до их реального возникновения», — рассуждает Ренат Ягудин.

Реалистичные 3D-модели зданий, целых городов и регионов также способны помочь в работе МЧС по предупреждению стихийных бедствий, обеспечению безопасности и устранению последствий пожаров, наводнений и других чрезвычайных ситуаций. Например, с помощью цифровой модели можно заранее спрогнозировать поднятие уровня воды и определить, какие территории будут охвачены разливом, если это случится в реальности.

Технология позволяет совмещать кадастровые карты и цифровые ортофотопланы, созданные в единой системе координат, и выявлять незаконные границы участков. Уже очень скоро статьи бюджета будут пополняться за счет таких решений.

Интересные проекты реализуются при создании моделей объектов недвижимости. Можно осмотреть территорию, запроектировать новые сооружения, «походить» снаружи и внутри здания, «посмотреть» на вид из окна — и все это, не посещая объект. При выборе из большого количества предложений очень удобно, когда можно ознакомиться с ними виртуально, а посетить только понравившийся объект.

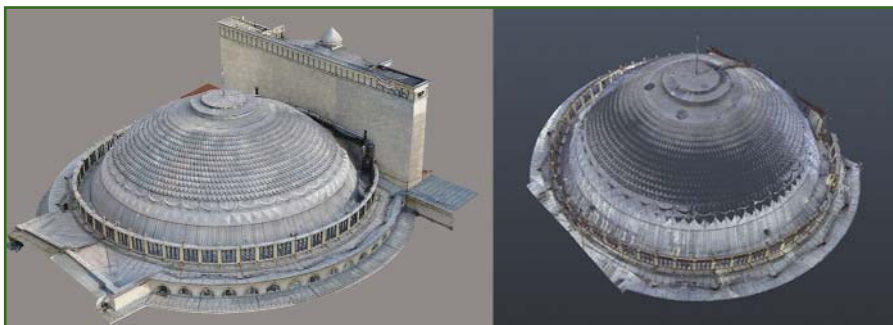


Рис. 3

Модель купола Новосибирского академического театра оперы и балета в ПО MicroStation (слева) и результат лазерного сканирования купола (справа)