

объектов нефтегазонакопления и выявлению новых промышленных месторождений нефти. Ведущими космоструктурными критериями выделения нефтеперспективных структур и залежей УВ являются дешифрируемые на КС линеаменты и кольцевые структуры. Они обнаруживают связь с зонами нефтегазонакопления, структурными формами нефтеносных комплексов осадочного чехла и потенциальными нефтегазоносными объектами. В современной технологии поисков нефти на основе ДЗЗ необходимо уделить внимание созданию электронной базы геоданных, включающей комплекс космоструктурных критериев нефтегазоносности и методику прогноза нефтеперспективных участков с использованием программной обработки КС и геолого-геофизических материалов.

Библиографические ссылки

1. Бондура В. Г. Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса. М.: Научный мир, 2012. 558 с.
2. Гридин В. И., Дмитриевский А. Н. Системно-аэрокосмическое изучение нефтегазоносных территорий. М.: Наука, 1994. 288 с.
3. Губин В. Н. Оценка перспектив нефтегазоносности Припятского палеорифта на основе структурно-тектонического анализа космической информации. Геоматика, 2018. Режим доступа: <http://geomatika.ru/clauses/kosmo-monitoring>
4. Конищев В. С. Критерии и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Беларуси. Минск: Экономпресс, 2012. 163 с.
5. Айзберг Р. Е., Губин В. Н., Климович Н. В., Старчик Т. А. Палеогеодинамические реконструкции платформенных бассейнов: методические аспекты. Минск: БелНИГРИ, 1991. 182 с.
6. Разломы земной коры Беларуси / Под ред. Р.Е. Айзберга. Минск: Красико-Принт, 2007. 372 с.
7. Трофимов Д. М. Дистанционные методы в нефтегазовой геологии. М.: Инфра-Инженерия, 2018. 388 с.

УДК 528.74

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЦЕЛЯХ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СФЕРЕ ВІМ- И СІМ-ТЕХНОЛОГІЙ

М. А. Гуцаки

Республиканское дочернее аэрофотогеодезическое унитарное предприятие
«БелПСХАГИ», max_gutsaki@mail.ru

Представлены результаты обработки материалов ДЗЗ, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. На основе полученных материалов съемки БПЛА рассмотрены возможные варианты продукции, изготавливаемой в результате фотограмметрической обработки снимков, и варианты ее применения в различных отраслях промышленности. Изучены перспективы использования 3D-моделирования объектов реальности в градостроительной сфере на примере Индустриального парка «Великий камень».

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты; фотограмметрическая обработка снимков; ортофотоплан; цифровая модель местности; 3D-моделирование в BIM.

Беспилотные летательные аппараты постепенно находят применение во всех сферах жизнедеятельности человека. Землеустройство, геодезия и картография не являются исключением: разнообразие видов авиамodelей и БПЛА, а также полезных нагрузок, устанавливаемых на них, позволяет упростить многие виды полевых работ и заменить их исследованиями, проводимыми по материалам аэрофотосъемки. В то же время беспилотная аэрофотосъемка имеет неоспоримые преимущества над авиасъемкой с борта пилотируемых судов: дешевизна использования и возможность ее регулярного применения позволяет успешно применять беспилотную авиацию для целей мониторинга за различными объектами местности, а развитие фото- и GPS-аппаратуры, используемой на бортах БПЛА, - получать материалы со сверхвысоким пространственным разрешением и высокой геодезической точностью. При этом, согласно статистике, за день одна аэрофотосъемочная бригада может снять до 40 кв.км для создания карт масштаба 1:500 при работе с наземными методами, в то время как геодезисты смогут отснять примерно 0,1 кв.км, что также доказывает существенную разницу в скорости выполнения полевых работ [1].

В декабре 2017 года Государственным предприятием «БелПСХАГИ» был приобретен беспилотный авиационный комплекс Геоскан 201 Агрогеодезия, основным назначением которого является проведение аэрофотосъемочных работ для целей геодезии и кадастра, а также сельского и лесного хозяйства. Данный БПЛА способен проводить в воздухе до 150 минут за один сеанс полета, а фотоаппаратура, установленная на нем, позволяет получать аэрофотоснимки с пространственным разрешением до 1,7 см. Также в данной модификации предусмотрено наличие двухчастотного GNSS-приемника, позволяющего высчитывать координаты центров фотографирования с точностью до 5 см [2].

Обработка материалов БПЛА осуществляется в программном продукте Agisoft Metashape. В основе его работы заложены автоматизированные алгоритмы, позволяющие проводить качественную фотограмметрическую обработку материалов ДЗЗ. Данный программный продукт позволяет получать ортофотопланы, цифровые модели местности (ЦММ) и рельефа (ЦМР), плотные облака точек, а также текстурированные 3D-модели местности. Алгоритмы постобработки материалов, заложенные в ПО Agisoft Metashape, также дают возможность высчитывать вегетационные индексы растительности, проводить классификацию плотного облака точек и исключать артефакты и тени из получаемых полигональных 3D-моделей [3].

Основным продуктом, получаемым по материалам аэрофотосъемки с БПЛА, являются ортофотопланы местности. Общая технологическая схема составления ортофотопланов по материалам аэрофотосъемки включает в себя несколько этапов (рисунок 1).



Рис. 1. Общая технологическая схема производства ортофотопланов по материалам аэрофотосъемки БПЛА

Исходными данными для изготовления как ортофотопланов местности, так и других продуктов, являются фотографии, получаемые фотокамерой Sony RX-1, а также данные с автопилота борта и двухчастотного GNSS-приемника Торсон, работающего в режиме кинематики с постобработкой. Это значительно упрощает процесс геодезической привязки аэрофотоснимков и позволяет минимизировать полевые работы. В большинстве случаев набор опознаков на местности с определением их координат является дополнительной мерой для контроля точности привязки конечного продукта.

Ортотрансформирование снимков производится на основании автоматически извлекаемой ЦММ, которая с помощью алгоритма фильтрации плотного облака точек может быть превращена в ЦМР. Для получения более качественных ортофотопланов на практике чаще применяется именно использование ЦМР для ортотрансформирования, что позволяет избегать изображительных дефектов в местах с резким перепадом высот (например, на краях крыш зданий). Получаемые ортофотопланы обладают достаточно высокой точностью как в плане, так и по высоте (рисунок 2). В настоящее время они уже нашли применение в качестве подосновы для создания различных систем цифровых данных, таких как Геопортал ЗИС Республики Беларусь.

Иными продуктами обработки материалов аэрофотосъемки БПЛА являются ЦММ и ЦМР, а также облака точек, которые могут быть экспортированы ПО Agisoft Metashape в различные форматы, что позволяет затем импортировать их в другие программные продукты для постобработки. В качестве одного из них можно выделить ПО ГИС Спутник, предназначенное для проведения расчетов для целей проектирования и строительства по составленным ЦММ. Программа позволяет вычислять уклоны и превышения рельефа, измерять площади и объемы на поверхности ЦММ, а также проводить мониторинг ее изменений со временем [4].

Одним из перспективных направлений развития является получение 3D-моделей реальности с использованием беспилотных летательных аппаратов. Сегодня все больше говорят о внедрении BIM-технологии, которая подразумевает под собой все имеющееся числовое описание и информацию об объектах, которые могут быть использованы на стадиях проектирования и строительства зданий, а также в период их эксплуатации и даже сноса [5].

На основании аэрофотосъемки БПЛА Геоскан 201, а также фотосъемки фасадов зданий с квадрокоптера DJI Phantom 4 Pro v2.0, выполненных в сентябре 2018 года, была составлена 3D-модель индустриального парка «Великий камень». Общая площадь территории съемки составила 10,5 кв.км. В ходе фотограмметрической обработки, проводимой в ПО Bentley ContextCapture Center, было обработано свыше 26000 фотографий с пространственным разрешением не более 2,5 см. Аэрофотосъемочные работы заняли всего 2 дня, а на обработку материалов было затрачено около 14 дней.



Рис. 2. Ортофотоплан г. Дзержинск, изготовленный по материалам аэрофотосъемки БПЛА (пространственное разрешение – 5 см; среднеквадратичные ошибки: в плане – 2,18 см, по высоте – 3,03 см)

Цифровая модель виртуальной реальности парка стала основой построения 3D ГИС территориального планирования. В ней на 3D-модель местности были наложены 2D-данные участков, полученных от землеустроителей. Участки были разделены по их принадлежности резидентам парка, либо по статусу перспективного владения – зарезервированные за потенциальными резидентами, либо свободные для использования. В результате резидент, прежде чем принять решение об инвестировании, может реально оценить нынешнее положение на предоставляемом ему участке, понять объем работ и капиталовложений, которые потребуются для освоения участка. Кроме гео-

метрии участка в ГИС также хранится сопутствующая информация о характеристиках участка – кадастровый номер, принадлежность, площадь и другие данные, необходимые для использования территории. В результате вся эта информация, предоставляемая потенциальному резиденту парка в наглядном виде и сопровождающаяся сопутствующими данными, позволяет принять правильное решение о выборе участка для строительства предприятия. На выбранный участок могут быть добавлены запланированные постройки, парковые зоны и иные объекты инфраструктуры, что позволит оценить дальнейшее развитие городского ландшафта (рисунок 3). Полученный продукт может быть заложен в основу создания BIM- и CIM-модели.



Рис. 3. Проектируемый участок местности территории индустриального парка «Великий камень», визуализированный на основании изготовленной 3D-модели реальности по материалам аэрофотосъемки БПЛА

Таким образом, аэрофотосъемка с использованием БПЛА позволяет значительно сократить проводимые объемы полевых работ, при этом высокое пространственное разрешение снимков дает возможность наглядной визуализации ситуации местности. Получаемые продукты обработки в совокупности с уже имеющимися данными полевых измерений могут быть заложены в основу создания различных 3D ГИС объектов инфраструктуры.

Библиографические ссылки

1. Съемка с воздуха [электронный ресурс] / Геодезия и кадастр [сайт]. URL: <https://rusdrone.ru/otrasli/geodeziya-i-kadastr>
2. Геоскан [электронный ресурс] / Геоскан 201 Агрогеодезия [сайт]. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/products/geoscan201/agrogeo>
3. Agisoft [электронный ресурс] / Agisoft Metashape: Intelligent photogrammetry [презентация]. URL: https://www.agisoft.com/pdf/metashape_presentation.pdf
4. Геоскан [электронный ресурс] / ГИС Спутник [сайт]. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/software/sputnik/gis>
5. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.