

ПОДГОТОВКА И ПЕРЕПОДГОТОВКА КАДРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «БЕСПИЛОТНАЯ АЭРОФОТОСЪЕМКА И ФОТОГРАММЕТРИЯ» В МИИГАИК

А.С. Киселева (МИИГАИК)

В 2008 г. окончила факультет аэрокосмических съемок и фотограмметрии МИИГАИК по специальности «аэрофотогеодезия». В 2006–2011 гг. работала в компании «Ракурс», в 2008–2011 гг. — в МИИГАИК, в 2011–2012 гг. — в компании VisionMap (Израиль). С 2019 г. работает на кафедре фотограмметрии МИИГАИК, в настоящее время — старший преподаватель.

В.М. Курков (МИИГАИК)

В 1978 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАИК по специальности «аэрофотогеодезия». После окончания института поступил в аспирантуру. С 1982 г. работал на кафедре геодезии МИИГАИК. С 1995 г. работает на кафедре фотограмметрии МИИГАИК, в настоящее время — доцент. Кандидат технических наук.

В настоящее время внедрение беспилотной аэрофото съемки (АФС) в различные сферы деятельности уже свершившийся факт. Практически преодолен скепсис 10–15-летней давности о том, что беспилотные летательные аппараты являются уделом не наигравшихся в авиамodelьных кружках «дядей» или не нашедших себя в большой авиации. Современные разработчики беспилотных воздушных судов (БВС) — это профессионалы с творческим мышлением и солидным авиационно-техническим образованием, способные решать различные научно-технические задачи. Благодаря их усилиям, за последние 10 лет БВС из простых летательных аппаратов превратились в сложные аэросъемочные системы, нашедшие широкое применение в топографо-геодезической отрасли.

Современные БВС — это летающие роботы, способные в полностью автоматическом режиме выполнять АФС. Что же должен делать оператор БВС или как еще говорят внешний

пилот? Оказывается, совсем немало, а именно: изучить законы и правила использования воздушного пространства, правильно спланировать полетное задание, выбрать подходящие полетные условия, настроить аэрофото съемочную камеру, принять решение в нестандартной ситуации и получить материалы, пригодные для дальнейшей фотограмметрической обработки. Не забудем, что для фотограмметрической обработки данных АФС необходимо определить координаты опознаков и/или центров проекции аэрофото снимков, что является геодезической задачей. Фотограмметрическая обработка материалов АФС позволяет получить подробную информацию о местности (ортофотопланы, цифровые модели рельефа и местности, трехмерные модели земной поверхности и объектов, координаты объектов недвижимости и др.). Разработчики цифровых фотограмметрических систем (ЦФС) за последние годы проделали большую работу по автоматизации процессов фотограм-

метрической обработки. Таким образом, фотограмметристу остается правильно применять нормативные документы, знать теоретические основы фотограмметрии и автоматизации измерений и уметь в интерактивном режиме исправлять ошибки.

Так кого следует готовить в стенах МИИГАИК: операторов БВС, выполняющих аэрофото съемку, геодезистов для привязки аэроснимков или фотограмметристов для создания продукции о местности по материалам АФС? Ответ очевиден — студенты университета должны получать знания и навыки по широкому спектру дисциплин, имеющих отношение к работе в топографо-геодезической отрасли.

В настоящее время подготовка бакалавров по профилю «Аэрокосмические съемки и фотограмметрия» направления «Геодезия и дистанционное зондирование» состоит из изучения базовых дисциплин (геодезия, ТМОГИ, картография, техника и технология аэрокосмических съемок, космическая гео-

дезия и основы спутниковых технологий позиционирования, фотограмметрия, ГИС-технологии) и специальных курсов и разделов (геодезическое обеспечение аэрокосмических съемок, особенности обработки беспилотной АФС, нормативно-правовая база для использования воздушного пространства РФ). Теоретические знания и практические навыки, полученные в результате изучения перечисленных дисциплин, закрепляются летней производственной практикой на Заокском геополигоне МИИГАиК, где студенты в течение восьми недель выполняют комплекс работ: обследование и восстановление пунктов (опознаков) геодезического обоснования, аэрофотосъемку с использованием БВС, фотограмметрическую обработку материалов АФС, полевое обследование результатов фототопографической съемки и определение участков, где необходима дополнительная съемка наземными геодезическими методами [1, 2].

Данная практика проводилась с 2011 г. по 2015 г., пока готовили инженеров по специальности «аэрофотогеодезия». Она имела статус учебной практики и проходила по согласованию с заведующими кафедр аэрокосмической съемки, фотограмметрии, а также космического мониторинга и дешифрирования как совместная комплексная практика. Считаю, что это был хороший пример взаимодействия подразделений университета.

С переходом на двухуровневую систему подготовки кадров (бакалавры, магистры), практика проводится в статусе производственной и носит добровольный характер, т. е. студент имеет право выбора — пройти практику на производстве или на геополигоне. Хотя, на наш взгляд, ее лучше назвать учебно-производственной, поскольку надо признать, что при подго-

товке бакалавров существенно сократилось время, выделяемое на практические занятия в полевых условиях. Студенты после III курса не готовы к самостоятельному выполнению производственных заданий, их необходимо сначала «подучить». Кроме того, часто слышим от представителей различных компаний, что подобную комплексную практику следует сделать обязательной, поскольку те компетенции, которые студенты получают на данной практике, весьма востребованы в топографо-геодезическом производстве.

Важным элементом производственной практики является ее начальная фаза, которую мы называем «обследование и восстановление пунктов геодезической сети и маркированных опознаков». В настоящее время на территории площадью 30 км² восстановлено и поддерживается 32 пункта геодезической сети постоянного заложения (пункты триангуляции и полигонометрии), которые когда-то были установлены для проведения учебных практик по высшей геодезии, прикладной геодезии и геодезии. В 2012 г. координаты всех этих пунктов были определены с использованием ГНСС-оборудования и приведены в единую систему координат. На территории площадью 12 км² заложено 72 маркированных



Обследование опознака

опознака с точностью взаимного положения 2–3 см, а на площади 200 км² имеется около 150 естественных опознаков с точностью 5–10 см для привязки аэрофотоснимков и космических изображений. Ежегодно частично обследуются и перенумеровываются существующие опознаки, а также закладываются новые силами студентов, проходящих практику. От этого вида работ двойная польза — студенты получают навыки ГНСС-наблюдений и поддерживают в актуальном состоянии инфраструктуру Заокского геополигона.

Именно наличие геодезической сети и маркированных опознаков, которые используются в качестве опорных и контроль-



Подготовка БВС «Орлан-10» к полету

ных точек при фотограмметрической обработке материалов АФС, привлекает на практику компании, деятельность которых связана с аэрофотосъемкой. Наряду с обучением студентов в программу включаются исследовательские задачи по тестированию беспилотных аэрофотосъемочных комплексов [3, 4]. Таким образом, студенты не только получают навыки выполнения аэрофотосъемки с использованием БВС, но и непосредственно участвуют в научно-исследовательских работах, которые в дальнейшем переходят в дипломные и квалификационные работы, магистерские и кандидатские диссертации. С 2011 г. ежегодно 5–7 дипломных работ готовится по материалам, полученным на практике. Эти материалы беспилотной АФС также используются в учебном процессе на кафедре фотограмметрии. Хотим с благодарностью назвать компании, активно участвующие в проведении летно-съёмочных работ: «ПТЕРО», «Геоскан», «СТЦ», «Финко», «Люфтера», «Газпром космические системы», «Йена Инструмент», «Небесная механика», «Аэрогеоматика». Без их участия и поддержки трудно представить проведение такой технически сложной практики.

Следует отметить, что во время аэрофотосъёмочной части практики, кроме БВС, применяется и пилотируемая авиация. Так, в 2012 г. компания «Мосгипротранс» выполнила исследования аэрофотосъёмочного комплекса DiMAC Ultra Light+ и воздушного лазерного сканера Lieca ALS-50, установленных на АН-2. С 2013 г. по 2018 г. кафедра «Геодезия, геоинформатика и навигация» МИИТ выполнила несколько тестовых полетов с камерой Hasselblad H4D-60 aerial, установленной на мотодельтаплане «Азимут 2м». В 2014 г. компания «Сигма Метрикс» тестировала аэрофотосъёмочные комплексы DMC II 250 и Leica RCD30



Знакомство с БВС Геоскан 101 и Геоскан 200



Подготовка к АФС с мотодельтаплане «Азимут 2М»

oblique Penta, а также лазерный сканер ANAV DragonEye, установленные на двухмоторном самолете TECNAM P2006T MMA. В 2016 г. КБ «Луч» провело испытания гиперспектральной камеры собственной разработки. Все полученные материалы используются в исследовательских работах и в учебном процессе.

С 2011 г. по настоящее время в период проведения практики выполнено около 80 контрольно-испытательных полетов беспилотными и пилотируемыми летательными аппаратами. Материалы исследований представлены в виде докладов на конференциях и публикаций в различных научных изданиях [5–14].

В период с 2012 г. по 2018 г. студенты во время практики выполнили привязку изображений с космических аппаратов SPOT 5, WorldView-2, Pleiades, АИСТ, предоставленных для учебного процесса компаниями «СКАНЭКС», «Иннотер», «Ракурс». Таким образом, в зоне внимания на практике не только материалы АФС с беспилотных и пилотируемых воздушных судов, но и данные ДЗЗ из космоса. А приоритет беспилотной АФС вызван тем, что эта технология более доступна и области ее применения постоянно расширяются.

В 2018 г. был приобретен квадрокоптер компании DJI Phantom 4 Pro в рамках участия

кафедры фотограмметрии в гранте РФФИ по археологии совместно с Государственным историческим музеем и ГосНИИАС. Участие в этой работе сотрудников кафедры было обусловлено накопленным им опытом при проведении практики студентов. С 2018 г. по 2020 г. сотрудники кафедры вместе со студентами приняли участие в четырех Боспорских археологических экспедициях на Таманском полуострове. Студенты, прошедшие практику по беспилотной АФС, показали хорошие профессиональные навыки и самостоятельно выполняли комплекс работ по аэрофотосъемке с помощью БВС, геодезической привязке и фотограмметрической обработке материалов. Результаты совместной работы сотрудников кафедры со студентами представлены на ряде конференций, в том числе зарубежных, опубликованы в российских и зарубежных журналах [15–22]. Появление на кафедре квадрокоптера DJI Phantom 4 Pro дало возможность проводить со студентами практику по аэрофотосъемке с БВС своими силами, а работа с представителями компаний — разработчиков БВС — стала весомым дополнением к освоению АФС с беспилотных летательных аппаратов.

Во время геодезической части практики кроме поддержания геодезической сети и опознаков в актуальном состоянии была выполнена наземная тахеометрическая съемка населенных пунктов, определены координаты 150 точек объектов недвижимости, а также созданы цифровые модели рельефа двумя методами: по результатам тахеометрической съемки и съемки рельефа ГНСС-оборудованием в режиме реального времени. Сравнение полученных геодезическим способом пространственных данных о местности с аналогичными данными по результатам фотограмметрической обработки убедительно

показывает их соответствие по точности нормативным требованиям. Студенты, проходящие практику, узнают о возможностях использования того или иного способа получения топографо-геодезических материалов о местности и готовы сознательно принимать решение, какой из них более эффективен при решении конкретной задачи. Такой контроль результатов фотограмметрической обработки убедителен не только для студентов, но и для компаний, участвующих в проведении практики, а также тех, кто еще сомневается в возможностях использования беспилотной АФС для решения широкого круга задач в топографии, кадастре, инженерных изысканиях, маршейдерии и других областях.

Хочется выразить слова благодарности организациям, которые помогли при выполнении геодезических работ, предоставляя оборудование и программное обеспечение, читали лекции и проводили занятия со студентами. Это такие компании, как «ГНСС плюс», «Кредо-Диалог», «Геометр-Центр», Московское представительство Trimble, «НАВГЕОКОМ», «Ориент Системс» и кафедра геодезии МИИГАиК.

Для фотограмметрической обработки материалов АФС на практике студентов кафедра фотограмметрии штатно использует ЦФС PHOTOMOD UAS и ПО Agisoft Metashape, на которые компании-разработчики предоставили постоянные лицензии. Эти программные средства являются базовыми, поскольку они российского производства и широко применяются как в России, так и в других странах. Параллельно с ними студенты знакомятся с зарубежным программным обеспечением: PIX4D, Context Capture, DJI Terra, INPHO UAS Master и др. Для их использования кафедра фотограмметрии получает временные лицензии через посредничество компаний-партнеров

или напрямую от разработчиков. Следует отметить, что довольно популярной темой дипломных работ у студентов является сравнение различных цифровых фотограмметрических систем для выполнения фотограмметрической обработки.

Подводя итог 10-летней работы, можно сказать, что курс «Беспилотная аэрофотосъемка и фотограмметрия», включая практику на Заокском геополигоне, прошли 113 студентов. Много это или мало — не нам судить. Но по факту многие из бывших студентов успешно работают в тех компаниях, которые приезжают на геополигон для участия в аэрофотосъемочной части практики. Не раз приходилось слышать, что при приеме на работу выпускников МИИГАиК спрашивают: а ты на полигоне проходил практику?

В определенный момент мы осознали, что, кроме подготовки студентов по направлению «Беспилотная аэрофотосъемка и фотограмметрия», в отрасли имеется необходимость в переподготовке кадров, и в 2020 г. подготовили программу для курсов повышения квалификации по данному направлению. Основной программы естественно стал опыт работы со студентами. Несмотря на сложности прошлого года, осенью удалось набрать группу из 8 человек и провести занятия. В апреле 2021 г. пройти повышение квалификации по данному направлению изъявили желание уже 17 человек.

Следует отметить принципиальные отличия работы со студентами и со специалистами предприятий:

- 1) базовые знания студентов более-менее известны, а у слушателей курсов они разные;
- 2) мотивация у слушателей выше, чем у студентов;
- 3) на работу со студентами отводится больше времени, чем со слушателями, что позволяет достичь устойчивых практических навыков во всех сферах



Слушатели курсов повышения квалификации, 2020 г.



Слушатели курсов повышения квалификации, 2021 г.

подготовки (геодезия, АФС и фотограмметрия), тогда как со слушателями делается акцент на выполнение аэрофотосъемки и ее геодезическом обеспечении.

Исходя из полученного опыта, кафедра фотограмметрии готова рассмотреть отраслевой принцип набора групп по таким направлениям, как кадастр, маркшейдерия, инженерные изыскания, дорожное строительство и т. д. Кроме того, возможно проведение курсов по региональному принципу с выездом на место работы слушателей.

Перспективные планы включают внедрение воздушного лазерного сканирования с БВС в учебный процесс студентов, а затем и на курсах повышения квалификации. Целесообразность введения данного направ-

ления в учебный процесс обусловлена потребностями современного топографо-геодезического производства, поскольку с каждым годом все больше предприятий и компаний внедряют ВЛС с БВС как новое средство геодезических измерений, и выпускники МИИГАиК должны быть готовы к новым «вызовам».

Определенный задел знаний и навыков сотрудники кафедры фотограмметрии получили в период работы в Боспорской археологической экспедиции на Тамани. В апреле 2018 г. на объекте «Красный Октябрь 1», а в сентябре 2018 г. на объекте «Семибратнее городище» по нашей просьбе компания «АГМ Системы» (Краснодар) выполнила воздушное лазерное сканирование с БВС некоторых археологических памятников. При обра-

ботке данных ВЛС была получена весьма ценная для археологических исследований информация [16]. В июле 2020 г. и в апреле 2021 г. на Заокском геополигоне совместно с компаниями «Геоскан» и «АГМ Системы» выполнено пробное воздушное лазерное сканирование с БВС Геоскан 401. Результаты обработки данных ВЛС весьма обнадеживают и в ближайшее время будут опубликованы.

▼ Список литературы

1. Курков В.М., Капустина А.В. Комплексная учебная практика по созданию крупномасштабных карт и других документов о местности // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. — 2013. — № 2. — С. 62–62.

2. Курков В.М., Смирнов А.В., Иноземцев Д.П. Опыт использования БЛА при проведении практики студентов на «Заокском геополигоне» МИИГАиК // Геопрофи. — 2014. — № 4. — С. 55–61.

3. Курков В.М. Опыт работы по тестированию аэрофотосъемочных комплексов на испытательном полигоне МИИГАиК // Геопрофи (10-я Международная научно-практическая конференция, Москва, 14–15 октября 2014 г.). Сборник материалов. — М.: Издательство «Проспект», 2014. — 132 с.

4. Курков В.М., Чибуничев А.Г., Гречищев А.В. Тестирование аэрофотосъемочных комплексов на испытательном полигоне МИИГАиК при внедрении инновационных технологий в топографо-геодезическое производство. Экология, экономика, информатика. Сборник статей: в 3 т. — Ростов на Дону: Издательство Южного федерального университета, 2015. — Т. 3: Геоинформационные технологии и космический мониторинг, 2015. — 368 с.

Полный список литературы приведен в электронной версии данной статьи, размещенной на сайте журнала www.geoprofi.ru.



Список литературы

1. Курков В.М., Капустина А.В. Комплексная учебная практика по созданию крупномасштабных карт и других документов о местности // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. — 2013. — № 2. — С. 62–62.
2. Курков В.М., Смирнов А.В., Иноземцев Д.П. Опыт использования БЛА при проведении практики студентов на «Заокском геополигоне» МИИГАиК // Геопрофи. — 2014. — № 4. — С. 55–61.
3. Курков В.М. Опыт работы по тестированию аэрофотосъемочных комплексов на испытательном полигоне МИИГАиК // Геопространственные технологии и сферы их применения (10-я Международная научно-практическая конференция, Москва, 14–15 октября 2014 г.). Сборник материалов. — М.: Издательство «Проспект», 2014. — 132 с.
4. Курков В.М., Чибуничев А.Г., Гречищев А.В. Тестирование аэрофотосъемочных комплексов на испытательном полигоне МИИГАиК при внедрении инновационных технологий в топографо-геодезическое производство. Экология, экономика, информатика. Сборник статей: в 3 т. — Ростов на Дону: Издательство Южного федерального университета, 2015. — Т. 3: Геоинформационные технологии и космический мониторинг, 2015. — 368 с.
5. Florinsky, I.V., Kurkov, V.M., and Bliakharskii, D.P., 2017. GEOMORPHOMETRY FROM UNMANNED AERIAL SURVEYS. Transactions in GIS, 21: doi:10.1111/tgis.12296.<http://dx.doi.org/10.1111/tgis.12296>.
6. Фадеев Н.Б., Скрыпицына Т.Н., Курков В.М., Замятина Е.О. Создание ГИС в целях ресурсоведения лекарственных растений на основе дешифрирования аэрофотоснимков с БПЛА // Тезисы докладов. Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН, Мурманское отделение Русского ботанического общества. 2017. С. 121-123.
7. Смирнов А.В. Курков В.М. Воробьева Н.Г. Создание документов о местности в интересах инженерных изысканий по результатам аэрофотосъемки с беспилотных воздушных судов// Материалы докладов Четырнадцатой Общероссийской научно-практической конференции и выставки изыскательских организаций. Издательство: ООО «Геомаркетинг» - Материалы докладов Четырнадцатой Общероссийской научно-практической конференции и выставки изыскательских организаций.- 2018. - С. 659-670.
8. Fadeev N.B., Skrypitsyna T.N., Kurkov V. M., Sidelnikov N. I. Use of Remote Sensing Data and GIS Technologies for Monitoring Stocks of Medicinal Plants: Problems and Prospects//2019. In: Bychkov I., Voronin V. (eds) Information Technologies in the Research of Biodiversity. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham Print ISBN 978-3-030-11719-1. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11720-7_3.
9. Курков В.М., Смирнов А.В., Кузнецов В.А.. Обзор факторов и условий, влияющих на применение беспилотных воздушных судов, предназначенных для решения задач картографирования// Геоинформатика, 2019, 3. С.19-26. ISSN 1609-364X.
10. Kadnichansky, S. A., Kurkov, M. B., Kurkov, V. M., Chibunichev, A. G., and Trubina, L. K.: Results of researches on photogrammetric calibration of the sony cyber-shot dsc-rx1rm2 camera, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W18, 73–77, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W18-73-2019>, 2019.
11. Кадничанский С.А., Курков М.В., Курков В.М., Чибуничев А.Г. Фотограмметрическая калибровка фотокамеры для аэрофотосъемки с беспилотного воздушного судна // Геопрофи — 2019. — № 6. — С. 35–40
12. Кадничанский С.А., Курков М.В., Курков В.М., Чибуничев А.Г. Анализ точности фототриангуляции снимков камеры Phase One в ЦФС PHOTOMOD // Геопрофи. — 2019. — № 4. — С. 39–43.

13. Кадничанский С. А., Курков М. В., Курков В. М., Чибуничев А. Г. О сертификационных испытаниях программно-аппаратного комплекса на основе беспилотного воздушного судна «Геоскан 401» // Геодезия и картография. – 2020. – Т. 81. – № 3. – С. 32–38. DOI: 10.22389/0016-7126-2020-957-3-32-38.

14. Kurkov, V. M, Kiseleva, A. S, DEM ACCURACY RESEARCH BASED ON UNMANNED AERIAL SURVEY DATA// Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B3-2020, 1347–1352 <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-1347-2020>.

15. Журавлев Д.В., Батасова А.В., Шлотцауер У., Курков В.М., Скрыпицына Т.Н., Князь В.А., Кудряшова А.И., Кобзев А.А., Мишка К. Новые данные о структуре Античных памятников Азиатского Боспора (по данным дистанционного зондирования)// XX Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Основные итоги и перспективы исследований / Материалы международной научной конференции / Ред.-сост. В.Н. Зинько, Е.А. Зинько. – Симферополь; Керчь, 2019. – сс.193-200

16. Скрыпицына Т.Н., Кобзев А.А., Курков В.М. Журавлев Д.В. Данные дистанционного зондирования как геопространственная основа для археологических исследований// Инженерные изыскания, 2019. Том XIII, № 3, с. 18-26

17. A.G. Chibunichev, V. A. Knyaz, D. V. Zhuravlev, and V. M. Kurkov. Photogrammetry for archaeology: Collecting pieces together. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2:235– 240, 2018, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-235-2018

18. Кобзев А.А. Скрыпицына Т.Н., Курков В.М. Технология комплексного обследования археологических памятников с применением наземного и воздушного дистанционного зондирования// IV Международная конференция "Археология и геоинформатика", Москва 21-23 мая 2019, Тезисы докладов. - М.: ИА РАН, 2019.-сс 47-48

19. Чибуничев А.Г., Курков В.М., Кобзев А.А., Вагин П.Ю., Койдан В.И.. Беспилотная аэрофотосъемка в учебном процессе и научно- исследовательской работе. // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Совершенствование средств и методов сбора и обработки геопространственной информации и системы подготовки специалистов в области топогеодезического и навигационного обеспечения» / под общ. ред. В.Ф. Алексева; редкол.: Г.К. Осипов, В.Ю. Андриевская, А.В. Прокофьев, Р.М. Хрущ; ответственный за вып.: Е.В. Шерстюк. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2018. - с. 518-528

20. Курков В.М., Скрыпицына Т.Н., Журавлев Д.В., Шлотцауер У., В.А. Князь, Кобзев А.А., Мишке К. Комплексное обследование археологических памятников с использованием воздушного и наземного зондирования. // Экология, экономика, информатика. Т. 3: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. С.151-157.

21. T. Skrypitsyna, V. Kurkov, D. Zhuravlev, V. Knyaz, and A. Batasova . Study of the hidden ancient anthropogenic landscapes using digital models of microtopography// Proc. SPIE 11533, Image and Signal Processing for Remote Sensing XXVI, 115331F (20 September 2020); <https://doi.org/10.1117/12.2572995>

22. Курков В.М., Скрыпицына Т.Н., Созонова А.Ю. Методы и технологии аэрофотосъемки и наземной фотограмметрической съемки при археологических изысканиях // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. Выпуск 5. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. – С. 75 - 82. DOI: 10.23885/2500-123X-2020-2-5-75-82.