

ГЕОМАТИКА

GEOMATICS #1 (30)

2016

ЖУРНАЛ О ГЕОИНФОРМАТИКЕ И ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ

SOVZOND



СОВЗОНД

Издание компании
«СОВЗОНД»

АВИАЦИОННАЯ СЪЕМКА:
ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ



Уважаемые коллеги!

С появлением спутников сверхвысокого разрешения получаемые с них снимки активно используются для составления и обновления карт. В последнее время космическая съемка даже стала вытеснять традиционно используемую для этих задач авиационную съемку. Однако экономический кризис и связанное с ним удорожание космической съемки (космические снимки в основном покупаются зарубежом за доллары), заставляют вновь обратить внимание на авиасъемку, которая заказывается за рубли. Элементарный расчет показывает, что авиационная съемка на определенных площадях становится экономически эффективной. Она обладает рядом преимуществ: более высокое разрешение (до нескольких

сантиметров), более высокая оперативность (не надо ждать очереди на космическую съемку), нет зависимости от облачности и т. д. Однако сравнивать космическую съемку и авиасъемку не вполне корректно, так как они решают разные задачи. Авиасъемка зачастую дополняет космическую съемку для получения более детальных изображений отдельных объектов и территорий. В настоящее время наиболее распространено проведение оперативной авиационной съемки и воздушного лазерного сканирования с малых беспилотных летательных аппаратов.

Все вышесказанное натолкнуло нас на мысль посвятить теме авиационной съемки, технологий и оборудования отдельный выпуск журнала, в котором вы прочтете статьи специалистов «Совзонд», ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», RIEGL Laser Measurement Systems GmbH (Германия), АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары», Карагандинского государственного технического университета (Казахстан).

В журнале представлены статьи и по другим актуальным проблемам. В справочном разделе вы найдете информацию о программном обеспечении для обработки данных авиационной съемки.

*Борис Дворкин,
главный редактор*

СОДЕРЖАНИЕ

Новости	4
Пространственные данные	
И. А. Рыльский Лазерное сканирование и космическая съемка — соревнование или партнерство.....	10
М. Д. Митин Обзор новой гиперспектральной камеры для беспилотных летательных аппаратов Pika L.....	24
Н. М. Бабашкин, С. А. Кадничанский, С. С. Нехин Топографическая аэросъемка в России.....	30
А. Ульрих Информационное наполнение облака точек при воздушном лазерном сканировании.....	38
Использование данных ДЗЗ	
О. Алипбеки, Т. Мырзагалиев Контроль и мониторинг изменений инфраструктуры города Астаны по космическим данным ДЗЗ со спутника KazEOSat-1.....	55
Д. В. Мозер, Н. И. Гей, А. Д. Каранеева, А. С. Туякбай, А. А. Нагибин, Н. Д. Доненбаева Космический радарный мониторинг смещений земной поверхности на территории города Караганды.....	60
Выставки и конференции	
Итоги всероссийского Балтийского научно-инженерного конкурса – 2016.....	66
Итоги I Евразийского горно-геологического форума.....	68
Справочный раздел	
Обзор программного обеспечения для обработки данных авиационной съемки.....	70

Уточнение.

В журнале «ГЕОМАТИКА», № 4(29), 2015 г. в статье «Оценка точности плотной цифровой модели поверхности и ортофотопланов, полученных по материалам аэрофотосъемки с БЛА серии Supercam» по независящим от редакции причинам были допущены неточности:

– в 3-м абзаце на стр. 37 вместо компании «Беспилотные системы» должна быть компания «Беспилотные технологии»;

– в списке авторов пропущены: Г. В. Цой (директор ООО «Беспилотные технологии», г. Новосибирск) и М. О. Громов (заместитель главного инженера по инновационным технологиям ЗАО «НПФ «ГЕО», г. Омск).

CONTENT

News 4

Spatial data

Babashkin N. M., Kadnichanskiy S. A., Nehin S. S.
Topographic aerial survey in Russia.....10

Rylskiy I. A.
Laser scanning vs. satellite imaging: competition or cooperation.....24

Mitin M. D.
Overview of new Pika L hyperspectral camera for unmanned aerial vehicles.....30

Ulrich A.
Filling with information of points cloud for airborne laser scanning.....38

Remote sensing data application

Alipbeki O., Myrzagaliev T.
Control and monitoring of Astana infrastructure changes based on KazEOSat-1 satellite imagery.....55

Mozer D. V., Gey N. I., Karaneeva A. D., Tuyakbai A. A., Nagibin A. A., Donenbaeva N. D.
Radar satellite monitoring of the Earth surface displacement in the city of Karaganda.....60

Exhibitions and conferences

The results of the All-Russian Baltic Scientific and Engineering Competition 2016.....66

The results of the I Eurasian Mining and Exploration Forum.....68

Reference section

Overview of software for aerial survey data processing.....70



Редакционная коллегия:

М. А. Болсуновский
Б. А. Дворкин
С. А. Дудкин
О. Н. Колесникова
С. В. Любимцева
М. А. Петрова
М. А. Элердова

Ответственный за выпуск:

Б. А. Дворкин

Дизайн макета и обложки:

О. Н. Рябова

Компьютерная верстка:

О. Н. Рябова

Информационно-рекламная служба:

М. А. Агаркова
М. К. Тунтарова

115563, Москва, ул. Шипиловская, 28А,
компания «Совзонд»

Тел.: +7 [495] 642-88-70
+7 [495] 988-75-11
+7 [495] 988-75-22

Факс: +7 [495] 988-75-33

E-mail: geomatrics@sovzond.ru

Web-site: www.geomatica.ru

Перепечатка материалов допускается
только по согласованию с редакцией.

Журнал зарегистрирован
в Россвязькомнадзоре.
Свидетельство о регистрации
ПИ №ФС77-34855 от 13.01.2009 г.

Номер подписан в печать 01.04.2016 г.

Отпечатано ООО «Юнион-Принт»



Учредитель –
компания «Совзонд»

Тираж 3000 экземпляров.
Рекомендованная цена – 217 р. 50 к.

РАСШИРЕН ФУНКЦИОНАЛ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ГЕОАНАЛИТИКА.АРХИВ»



В конце 2015 года компания «Совзонд» презентовала информационную систему «Геоаналитика.Архив», входящую в линейку программных продуктов «Геоаналитика» и предназначенную для формирования банков пространственных данных различного уровня и назначения.

«Геоаналитика.Агро» — геоинформационный веб-сервис поддержки принятия решений в области сельского

хозяйства на основе технологий космического мониторинга, геосистемного моделирования и интеллектуального анализа данных. Сервис предоставляет доступ к возможностям космического мониторинга и геоинформационного моделирования в соответствии с бизнес-моделью Software As Service (SaaS).

Создание эффективной инфраструктуры для управления пространственными данными, структурированного хранения, разграничения прав доступа и интеграции с другими специализированными информационными системами является одной из важнейших задач любой организации, работающей с геоданными.

Система «Геоаналитика.Архив» позволяет осуществлять пакетный импорт пространственных данных, разграничение прав доступа к данным, поиск детализированной информации о данных, аналитику, интеграцию с другими информационными системами.

К настоящему моменту специалисты отдела разработки ГИС компании «Совзонд» усовершенствовали функциональные возможности системы «Геоаналитика.Архив», которые могут увеличить потенциал данного продукта. Теперь система поддерживает данные с космических аппаратов Sentinel-1,2, «Ресурс-П», «Канопус-В», «БКА», KazEOSat-1.

УВЕЛИЧЕНИЕ ШИРИНЫ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ РАДАРНОЙ СЪЕМКИ ОБЕСПЕЧИТ СОЗДАНИЕ НОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ СПУТНИКОВ

На прошедшей в конце 2015 года в Женеве (Швейцария) Всемирной конференции радиосвязи (WRC 2015) было принято решение увеличить ширину полосы частот для радарной космической съемки с ныне действующих 600 Мгц до 1200 Мгц. Новые правила открывают путь к беспрецедентно высокому разрешению цветных изображений, которые обеспечит новая

генерация радарных спутников.

«Это прорыв в развитии следующей генерации радарных систем SAR, который приведет к новому применению данных радарной съемки для широкого круга потребителей во всех областях, где точность данных играет действительно ключевое значение», — отметил Е. Dudok, исполнительный вице-

президент компании Airbus Defence and Space.

Благодаря увеличению ширины полосы частот следующая генерация спутников SAR будет в состоянии предложить высококачественные 4-поляризационные цветные изображения с разрешением 25 см, например для проведения анализа состояния растительности. Данные новых спутников позволят



Рис. Симуляция 4-поляризованного цветного изображения с разрешением 25 см (получено с помощью радарной авиационной съемки)

существенно улучшить такие приложения, как обнаружение смещений поверхности или выявление подозрительных небольших судов для обеспечения безопасности морского судоходства. Экологические

приложения от этого также выиграют, особенно вследствие более детального отображения растительного покрова.

Airbus Defence and Space в течение нескольких лет

работает над следующей генерацией спутников SAR, которые заменят успешно работающую ныне миссию радарных спутников TerraSAR-X и TanDEM-X.

ВЫШЛА НОВАЯ ВЕРСИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ AQUIFERTEST 2016.1

Компания Waterloo Hydrogeologic — разработчик специализированного программного обеспечения для решения задач управления и эксплуатации водных ресурсов — выпустила новую версию программы AquiferTest 2016.1.

Новые возможности существенно упрощают рабочие

процессы и позволяют сократить время работы. Среди них стоит отметить:

Анализ широкого спектра многослойных водоносных систем: новое решение позволяет эффективно оценить гидравлические параметры для нескольких водоносных горизонтов и водонепроницаемых пластов. Это реше-

ние позволяет выполнить оценку значения параметров и спрогнозировать предстоящее понижение уровня воды в считанные секунды, а также является альтернативой использованию трехмерных численных моделей, построение которых является достаточно сложным и занимает много времени.

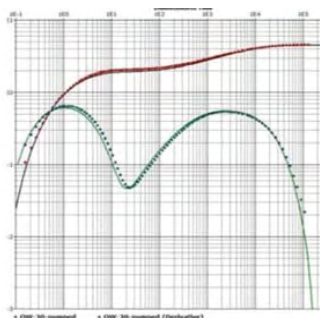


Рис. Параметры оценки многослойных водоносных систем

Простота использования: новые возможности картографирования позволяют легко определить исходную карту, используя клик мыши и перемещение с помощью колеса прокрутки. Локальные резервные файлы теперь создаются автоматически при сохранении проекта. Отпала необходимость в установке программного пакета Microsoft Excel

на компьютер для импорта данных в формат .XLS и .XLSX.

Гибкая настройка отчетов: AquiferTest 2016.1 позволяет настроить макет сетки отчета, регулируя размер шрифта и высоту строки; идеально подходит для размещения длинного описания или названия.

Совместимость с Windows 10.

ВЫШЛА НОВАЯ ВЕРСИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ TRIMBLE INPHO 7.0.2/UASMASTER 7.0.2

Компании «Совзонд» и Trimble сообщают о выходе обновлений к фотограмметрической системе INPHO и программе для обработки данных с БПЛА UASMaster.

Ключевые особенности новой версии INPHO 7.0.2/UASMaster 7.0.2:

Реализована возможность использования при обработке проекта значений относительных высот съемки вместо значений средней высоты местности.

Ввод правильного значения высоты местности важен для успешного автоматического извлечения связующих точек. Начиная с версии 7.0.2, при указании относительной высоты съемки значение высоты местности рассчитывается автоматически для всех известных положений камеры.

Реализована параллельная обработка при создании пирамид изображений.

Для сокращения общего времени фотограмметрической обработки проектов некоторые подготовительные этапы, такие, как создание пирамид изображений (последовательность изображений, в которой каждое последующее изображение получается из предыдущего путем уменьшения его разрешения; используется для итеративной автоматической обработки), теперь используют параллельную обработку.

Возможности новой версии модуля SummitEvolution 7.2:

- Улучшена совместимость со сторонними фотограмметрическими и CAD/ГИС продуктами (Agisoft, Z/I, BLK).

- Реализована возможность подключения к программным

продуктам ArcGIS Pro, ArcGIS, MicroStation, AutoCAD (также для версии 2016) и Global Mapper.

- Реализована возможность подключения к геймпаду Xbox Controller для стереоскопического картографирования.

Теперь за счет возможности подключения нового типа 3D-устройства ввода работа в версии SummitEvolution 7.2 похожа на прохождение компьютерной игры.

Новый пакет лицензий SCOP++ для учебных заведений:

- SCOP++ Kernel.
- SCOP++ LiDAR.
- SCOP++ Visualizer.
- SCOP++ Analyzer.

Модули SCOP++ предлагают множество разнообразных функций для работы с цифровыми моделями рельефа и местности (ЦМР, ЦММ) и облаками точек.

Эти модули располагают специальными алгоритмами обработки больших наборов данных для создания файлов гибридной сетки.

Кроме того, модули позволяют создавать горизонтали, включать различные способы отображения данных, например теневую отмывку

или текстурирование картографическим слоем, и выполнять тематический анализ для расчета склонов, проектирования наводнений и т. п.

СПУТНИК SENTINEL-2А ВЫШЕЛ НА РАБОЧУЮ МОЩНОСТЬ

В декабре 2015 года Европейское космическое агентство (ESA) опубликовало в открытом доступе снимки со спутника Sentinel-2A (рис. 1, 2). Первые снимки высочайшего качества были получены уже спустя несколько дней после выхода спутника на орбиту 23 июня 2015 г. Съемка ведется в

13-ти спектральных каналах с пространственным разрешением 10, 20 или 60 м. Данные со спутника становятся доступными через сервис поиска и загрузки на портале ESA спустя несколько часов после съемки.

Спутник Sentinel-2A функционирует в рамках программы Европейского союза

Copernicus, направленной на всестороннее изучение окружающей среды — суши, океана, атмосферы. Предполагается, что в рамках программы будет запущено шесть спутниковых миссий, три из которых уже функционируют (радарный спутник Sentinel-1A, оптический Sentinel-2A



Рис. 1. Поля с озимыми культурами, Волгоградская обл. Синтез в естественных цветах, пространственное разрешение 10 м. Дата съемки 28.11.2015 г.

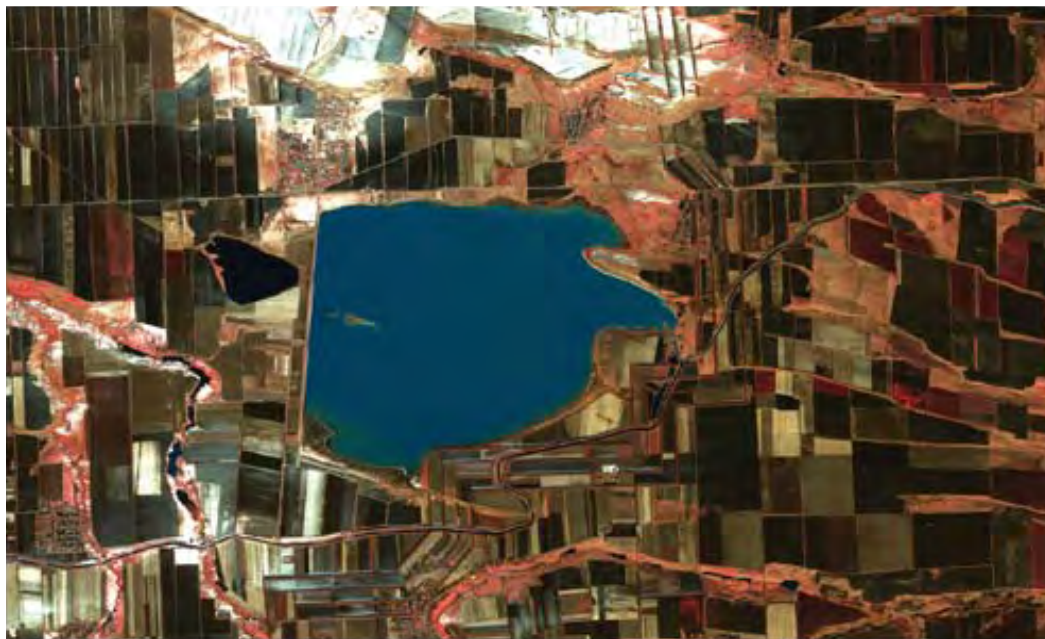


Рис. 2. Кубанское водохранилище, Карачаево-Черкесская Республика. Синтез в псевдоцветах с участием ближнего инфракрасного канала, пространственное разрешение 10 м. Дата съемки 05.12.2015 г.

и океанографический Sentinel-3A). На 2016 год намечен запуск спутников Sentinel-1B и Sentinel-2B.

Специалисты компании «Совзонд» приступили

к обработке данных со спутника Sentinel-2A. В настоящее время ведется работа над технологиями автоматизированной обработки и тематического

дешифрирования снимков Sentinel-2A на базе платформы «Геоаналитика» для решения задач оперативного мониторинга окружающей среды.

САУДОВСКАЯ АРАВИЯ ГОТОВИТСЯ К ВЫХОДУ НА РЫНОК ДЗЗ

Королевский центр науки и технологий Саудовской Аравии (King Abdulaziz City for Science and Technology — KACST) завершает работы над созданием спутника ДЗЗ SaudiSat-5B, который планируется запустить с помощью китайской ракеты-носителя. Проект

осуществляется в рамках широкого сотрудничества с Китайской Народной Республикой в научной и технологической сферах.

Спутник SaudiSat-5B будет оснащен гиперспектральным оборудованием для обеспечения решения ряда задач в интересах органов

государственной власти Саудовской Аравии: мониторинга береговых зон и акваторий (в том числе обнаружения разливов нефти), разведки полезных ископаемых, мониторинга сельскохозяйственных культур и определения их состояния.



В настоящее время не так много спутников ведут гиперспектральную съемку, поэтому разработчики считают, что у спутника SaudiSat-5B хорошие перспективы, в частности для дальнейшего развития международного сотрудничества.

Кроме того, в феврале 2016 года компания DigitalGlobe объявила о создании совместного предприятия с саудовской фирмой TAQNIA, занимающейся высокими технологиями и с KACST. Соглашение направлено на создание группировки высокопроизводительных малых спутников ДЗЗ для обеспечения потребностей заказчиков по всему миру.

Совместное предприятие займется разработкой шести или более спутников ДЗЗ субметрового разрешения. Малые спутники будут способны вести съемку с разрешением 80 см и использовать наземную инфраструктуру DigitalGlobe. TAQNIA и KACST смогут получить преимущества от использования громадного архива данных DigitalGlobe и опыта работы компании в области ДЗЗ сверхвысокого разрешения, чтобы улучшить качество своих спутниковых снимков.

Согласно соглашению KACST построит и запустит спутники и будет владеть 50% мощностей по съемке территории Саудовской Ара-

вии и соседних регионов. TAQNIA будет отвечать за маркетинг и продажу этих данных. DigitalGlobe будут иметь права на остальные 50% съемки этих же территорий и на 100% мощностей спутников за пределами региона, а также на маркетинг и продажу этих данных.

«Партнерство с ведущей коммерческой компанией в области космической съемки поможет выдвинуть Королевство Саудовская Аравия в круг лидеров в области дистанционного зондирования Земли и спутниковых технологий», — сказал Н. Н. Dr. Turki bin Saud, председатель совета директоров TAQNIA и президент KACST.

И. А. Рыльский (компания «Совзонд»)

В 2002 г. окончил географический факультет Московского государственного университета (МГУ) имени М. В. Ломоносова. Работал научным сотрудником лаборатории комплексного картографирования МГУ, старшим научным сотрудником Регионального центра мировой системы данных (МГУ), директором по развитию ЗАО «Арк-он». С 2015 г. — директор по науке и инновациям компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

Лазерное сканирование и космическая съемка — соревнование или партнерство

ДАННЫЕ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ — ВОЗМОЖНОСТИ ПО ТОЧНОСТИ И ПОЛНОТЕ

В настоящее время наиболее совершенные съемочные системы космического базирования дают возможность получать снимки с детальностью 30 см (спутник WorldView-3). К сожалению, подобное разрешение сейчас есть только у одного аппарата. Основной же объем космической съемки предоставляет разрешение 50–60 см (рис. 1). Стоимость подобных данных в основной своей массе составляет около 20 долл./кв. км

(по сегодняшнему курсу — около 1500–1600 руб./кв. км).

Традиционно данные с разрешением 50 см позиционируются как материалы, пригодные для создания ортофотопланов масштаба 1:5000, и аналогичных по масштабу картографических материалов. При этом в большинстве случаев высотная погрешность у подобных данных близка к 1,5–2 пикселям, то есть составляет 75–100 см. Плановая погрешность при этом обычно находится на уровне 2–3 пикселей (при наличии качественной модели рельефа и опорных точек).

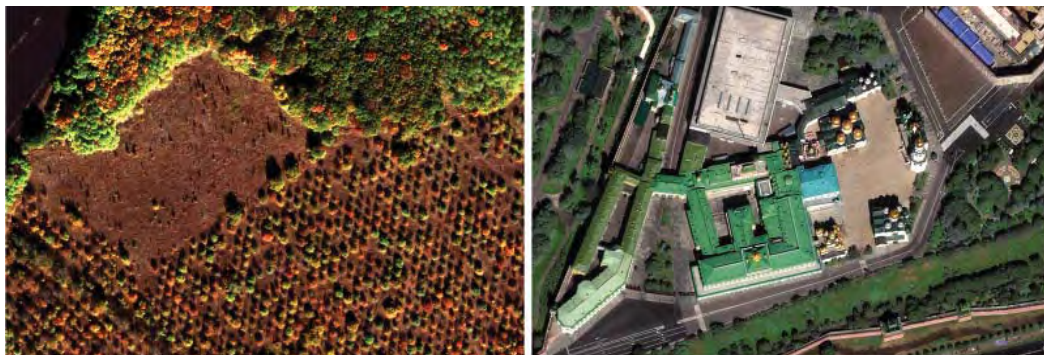


Рис. 1. Пример спутниковых данных с разрешением 30 см (WorldView-3, слева) и 50 см (WorldView-2, справа)

Если рассмотреть требования, скажем, к топографическим планам масштаба 1:5000 (согласно СНиП 11-02-96. «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»), то можно отметить, что базовым сечением рельефа на материалах масштаба 1:5000 является 2 м, а точность высотных отметок должна составлять около 1/3 сечения рельефа, то есть 67 см. Плановая погрешность при этом может составлять до 2,5 м. Нетрудно видеть, что указанные материалы в целом пригодны для картографирования в 2D, но немного не дотягивают в точности по высоте до масштаба 1:5000.

Для данных космической съемки с разрешением 30 см, которые обычно позиционируются как достаточные для создания топографических планов масштаба 1:2000, ситуация аналогичная — требования в части точности рисовки контуров в плане (1 м) обеспечиваются, а в части определения высоты — немного не дотягивают до требований масштаба 1:2000 (согласно тому же СНиП 11-02-96). Так, высотная точность, которая может быть достигнута по данным с разрешением 30 см, составляет 45–60 см, а требуемая (при сечении рельефа в 1 м) — 33 см.

Кроме того, при работе в масштабах 1:2000 и 1:5000 требования в части рисовки рельефа начинают диктовать необходимость отображения мелких форм и микроформ рельефа (эрозионные врезы, откосы, бровки и др.). При этом кроны деревьев, несмотря на высокое разрешение, не становятся прозрачнее, и потому цифровая модель рельефа под кронами деревьев вообще перестает соответствовать каким-либо требованиям по точности — оператор-обработчик может только догадываться по формам крон об истинной форме рельефа под пологом растительности.

Таким образом, можно констатировать, что, несмотря на значительный прогресс в области детальности, данные сверхвысокого

разрешения, получаемые с систем космического базирования, имеют те же сложности в обработке, что и обычная аэрофотосъемка, при этом не обладая ее разрешающей способностью.

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ БОЛЕЕ СОВЕРШЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ В МАСШТАБАХ 1:2000 И 1:5000?

Да, подобные решения существуют, они известны с начала 2000-х годов. Это технологии воздушного лазерного сканирования. Действительно, все системы воздушного лазерного сканирования оснащаются цифровыми фотокамерами среднего формата (иногда широкоформатными системами, работающими одновременно с системами сканирования), дающими цветные снимки. Лазерные импульсы способны как отражаться от крон деревьев, так и проникать сквозь незначительные отверстия в кронах до земли, давая исчерпывающую полную картину рельефа и микрорельефа (рис. 2). Точность лазерного сканирования (в плане и по высоте) на настоящий момент составляет до 5–8 см, что позволяет получать материалы масштаба от 1:5000 до 1:500 включительно.

По сравнению с классической аэрофотосъемкой у лазерного сканирования есть существенное преимущество в скорости обработки. Действительно, необходимость в выполнении фототриангуляции и восстановлении модели поверхности с использованием корреляционных или ручных стереоизмерений у лазерного сканирования отсутствует. Координаты объектов измеряются напрямую, в том числе в «колодцах» и стесненных объемах, на вертикальных стенах, проводах, висячих конструкциях и тому подобном, словом, на всех объектах, представляющих собой настоящий кошмар для фотограмметриста.



Рис. 2. Пример «пробивания» растительности по данным воздушного лазерного сканирования (переход р. Ангара, съемка в масштабе 1:2000, камера Riegl Q560)

Однако у систем лазерного сканирования есть и недостатки. По крайней мере, были. Вплоть до недавнего времени системы лазерного сканирования отличала небольшая высота съемки, резкое уменьшение плотности сканирования по мере увеличения высоты полета (и, как следствие, очень быстрое падение плотности сканирования), а также стоимость съемок. Собственно, стоимость съемок и являлась следствием первых двух причин. Кроме того, у систем воздушного сканирования с качающимся зеркалом (Leica, Optech) есть серьезные ограничения по возможности обеспечения равномерного покрытия лазерными точками, особенно при использовании их на скоростных носителях (вроде Ан-30, L-410). Системы с вращающимся зеркалом (Riegl) подобных ограничений не имеют.

Высокую стоимость самих лазерных систем нельзя рассматривать как априорный факт удорожания услуги. Действительно, стоимость широкоформатных аэрофотокамер не ниже, а порой в несколько раз выше стоимости системы воздушного лазерного сканирования. Комментарии про стоимость спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) излишни.

Однако начиная с 2014 года на рынке появились системы с чрезвычайно высокой производительностью, в которых проблема падения частоты сканирования с высотой

была практически решена (рис. 3). Это позволило «поднять» потолок сканирования при обеспечении заданной плотности в несколько раз. Примером подобной системы является камера Riegl Q1560. Благодаря граненому зеркалу данная система может обеспечивать равномерное распределение точек лазерных отражений в строке и между строками на всем диапазоне высот использования при скорости 180 км/ч и на высотах более 600 м — при скоростях до 350–450 км/ч.

ПОЧЕМУ НАМ ЭТО ИНТЕРЕСНО

Анализ структуры заказов спутниковых данных, поставляемых компанией «Совзонд», начиная с 2007 года показывает рост объемов в области данных сверхвысокого разрешения. Восходящий тренд налицо. Интерес к данным с разрешением в 30 см на сегодня ограничивается только их ценой и длинной очередью желающих их приобрести (стоимость этих данных примерно в 2,5–3 раза выше стоимости данных с разрешением 50 см). Несмотря на известные плюсы космической съемки — огромную производительность, низкую стоимость минимального заказа, возможность быстрой покупки архивных данных, — у нее есть и минусы, которые все сильнее проявляются по мере увеличения объема заказа и разрешения снимков. Так, выполнение космической

съемки в объеме 2-3 тыс. кв. км с разрешением 30 см может занять несколько месяцев из-за большого количества заказчиков с более приоритетными и меньшими по объему съемки проектами. Съемка может вообще не состояться в районах с неустойчивой погодой — периодичность прохождения спутника над районом не может быть изменена.

В то же время авиационная лазерная съемка позволяет работать и под облаками, и использовать небольшие «окна» погоды, и не зависеть от большого числа ранее обратившихся заказчиков. Но самое главное — она сразу дает нам информацию о рельефе, по которой мы можем немедленно приступить к ортотрансформированию снимков, а также предложить клиенту целую линейку новых продуктов, которые нельзя получить, используя обычную аэрофото- или космическую съемку. Эти продукты:

- Цифровая модель рельефа с беспрецедентной детальностью и 100% покрытием

(несмотря на лес).

- Цифровая модель относительных высот надземных объектов — домов, столбов.

- Системы трехмерных профилей объектов и рельефа.

Как видим, высокопроизводительная лазерная съемка с одновременной фото-съемкой может создать неплохую альтернативу космической съемке, а именно ее наиболее массовому сегменту с разрешением 50 см.

В данном случае вопрос заключается в цене. Используя открытые сведения о тактико-технических характеристиках двух наиболее производительных на сегодняшний день систем (Riegl Q1560, Optech GALAXY), мы сделали ряд простых вычислений, в том числе ценовых. Остальные системы не упоминаются в данной работе ввиду либо их существенно меньшей производительности, либо из-за невозможности работать на высотах 2,5 тыс. м и более.

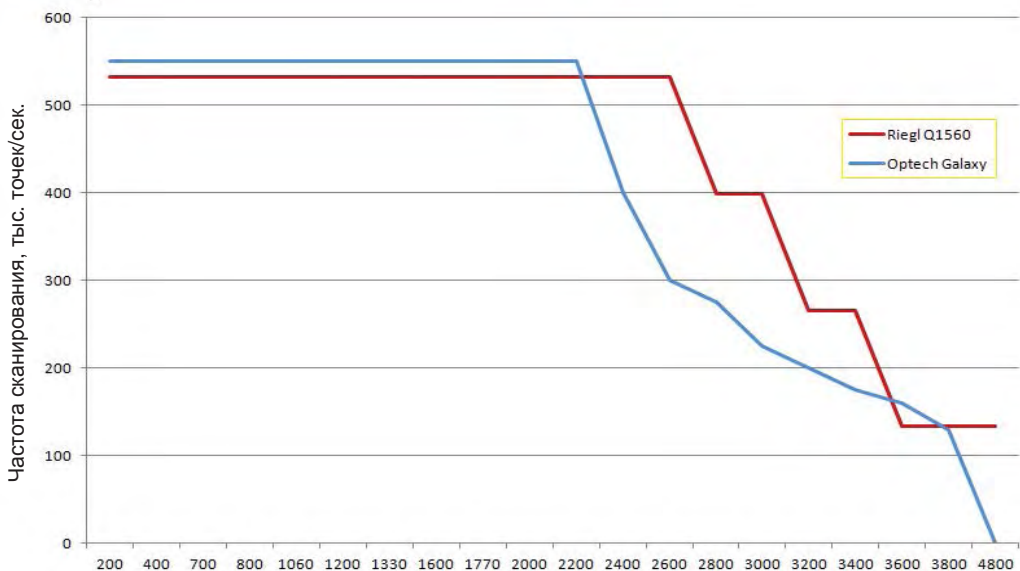


Рис. 3. Уменьшение частоты сканирования с высотой у Riegl Q1560 и OPTECH GALAXY

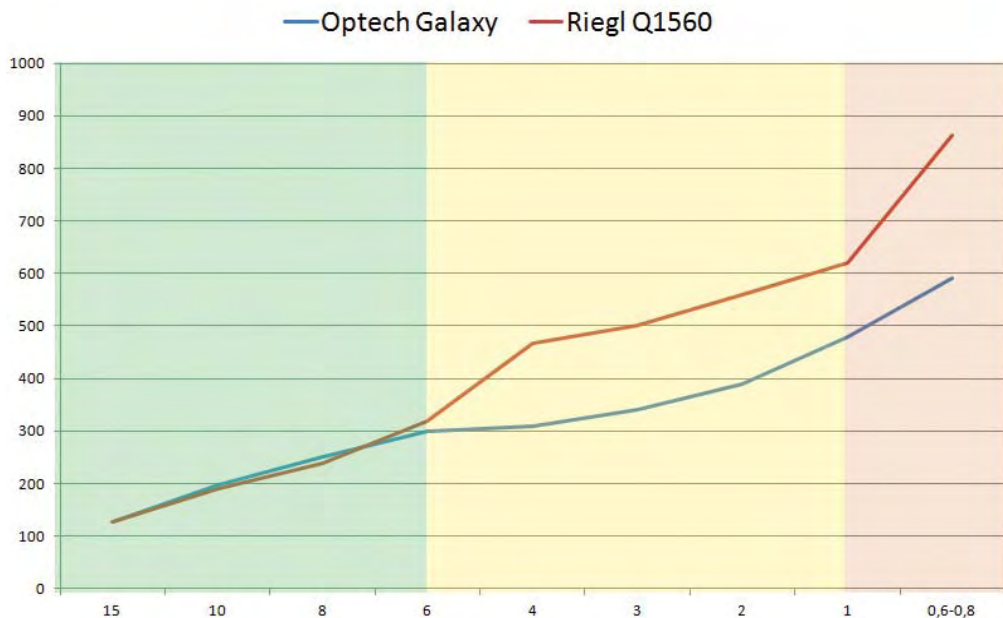


Рис. 4. Производительность лазерной съемки с использованием камер Riegl Q1560 и OPTECH GALAXY. Приведены данные для АН-2 (прямолетный полет) при работах под заданную плотность сканирования (или масштаб)

ИСХОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАСЧЕТОВ

При расчетах условий использования системы мы исходили из работы по объектам, обладающим отражающей способностью на уровне темнохвойных лесов. Это было сделано для обеспечения реалистичности расчетов (альbedo 40%). Поскольку упоминающиеся в данной статье лидары работают на одинаковой длине волны, поправки в альbedo за длины волн не требуются. В расчетах производительности постулируется, что только 40% летного времени производится съемка новых территорий. Остальные 60% налета уходят в подлет, развороты, обеспечение перекрытия. При расчете итоговой ожидаемой «коммерческой себестоимости» мы исходили из того, что авиационные работы составляют лишь 40% затрат на проект, все остальное является амортизацией оборудования, затратами на

зарплату, командировки и тому подобное.

Материалы взяты из официальных характеристик приборов:

- для Optech — <http://www.teledyneoptech.com/wp-content/uploads/Galaxy-Specsheet-150402-WEB.pdf>
- для Riegl — http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegl/downloads/DataSheet_LMS-Q1560_2015-03-19.pdf

На практике возможно много вариантов носителей для данных систем. Мы выбрали наиболее типичных представителей: АН-2 (обычно применяется для лазерного сканирования, очень распространен) и АН-30 — классический пример носителя для высокопроизводительной аэрофотосъемочной системы. В расчетах использованы цены на летный час работ, взятые с некоторым запасом (возможность нанять самолеты дешевле существует, но цена зависит также и от региона).

Как следует из рис. 4, в масштабах, которые сейчас наиболее интересны клиентам компании «Совзонд» (1:2000, 1:5000), камера Riegl Q1560 обладает полуторократным преимуществом по реальной производительности. Очевидно, что если для компании ключевой является цена, определяемая себестоимостью работ, то производительность — ключевой фактор выбора. Именно поэтому во всех дальнейших расчетах используются тактико-технические характеристики камеры Riegl Q1560.

Нетрудно видеть на рис. 3, что до высоты 2,5 тыс. м частота сканирования Riegl Q1560 не падает, а остается максимальной. Это достигается за счет технологии МТА, позволяющей в постобработке разрешать

неоднозначность, возникающую при нахождении в воздухе нескольких лазерных импульсов одновременно (поддерживается до 10 импульсов). Высокая мощность лазера позволяет иметь большой запас по высоте, до которой нет необходимости снижать частоту сканирования (рис. 5).

Камера комплектуется 80-мегапиксельным задником, и может дополняться различными объективами. В основном фокусное расстояние составляет примерно 10 300 пикселей. Нетрудно видеть, что вплоть до высоты 4 тыс. м разрешение камеры так и не достигает 50 см, оставаясь на уровне 40 см на высоте 4 тыс. м (рис. 6). На высотах выше 800 м перекрывается весь диапазон масштабов 1:1000-1:5000.

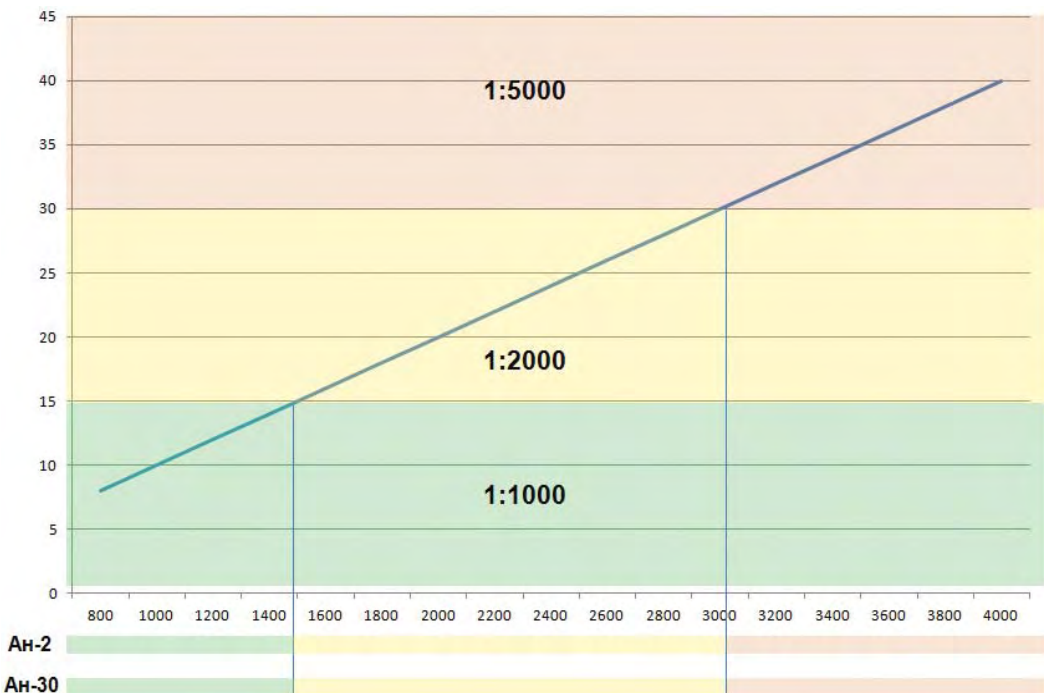


Рис. 5. Разрешение фотоснимков, получаемых при использовании штатной среднеформатной камеры Riegl Q1560. Ось X — высота в м, ось Y — разрешение фотоснимка в см



Рис. 6. Плотность точек лазерного сканирования, получаемая с использованием камеры Riegl Q1560 на различных носителях. Ось X — высота в м, ось Y — количество точек на 1 кв. м

Плотность точек лазерного сканирования на земле напрямую зависит от скорости носителя. При использовании Ан-2 возможно обеспечение плотностей в диапазоне 1:1000–1:5000 при работе на высотах более 800 м. С Ан-30 на аналогичных высотах достигается плотность, достаточная для масштаба 1:2000–1:5000.

В табл. 1, 2 можно ознакомиться с конкретными значениями производительности, скорости полета, высоты, частоты, разрешающей способности и стоимости выполнения работ — летных затрат и ожидаемой коммерческой себестоимости. Значения

рассчитаны по приведенной выше методике.

График (рис. 7) показывает, что при использовании системы Riegl Q1560 и подборе носителя под задачу возможно выполнение съемок под масштаб 1:1000 по цене от 1400 руб./кв. км, под масштаб 1:2000 — от 750 руб./кв. км, под масштаб 1:5000 — от 650 руб./кв. км. Сравнивая эти цены со стоимостью уже упоминавшихся космических данных по цене 1500 руб./кв. км, которые все равно не позволяют сделать полноценный план масштаба 1:2000 или 1:5000, можно сделать вывод, что применение подобной

Высота сканирования	Частота эффективная	Частота ТЛО/м2	Сред. Расст. между ТЛО, см	Разрешение фотоснимков, см	Соответствует масштабу	Производительность, в летный час, км2*	Производительность при КПД съемки в 40%	Себестоимость, рублей/км2 (в части летных работ)	Ожидаемая коммерческая стоимость, руб/км2	
200	800	528	52,8	14	2	500	36	14	4 861	12 153
400	800	528	26,4	19	4	500	72	29	2 431	6 076
600	800	528	17,6	24	6	500	108	43	1 620	4 051
800	800	528	13,2	28	8	1 000	144	58	1 215	3 038
1000	800	528	10,6	31	10	1 000	180	72	972	2 431
1200	800	528	8,8	34	12	1 000	216	86	810	2 025
1400	800	528	7,5	36	14	1 000	252	101	694	1 736
1600	800	528	6,6	39	16	2 000	288	115	608	1 519
1800	800	528	5,9	41	18	2 000	324	130	540	1 350
2000	800	528	5,3	44	20	2 000	360	144	486	1 215
2200	800	528	4,8	46	22	2 000	396	158	442	1 105
2400	800	528	4,4	48	24	2 000	432	173	405	1 013
2600	800	528	4,1	50	26	2 000	468	187	374	935
2800	600	396	2,8	59	28	2 000	504	202	347	868
3000	600	396	2,6	62	30	2 000	540	216	324	810
3200	400	264	1,7	78	32	5 000	576	230	304	760
3400	400	264	1,6	80	34	5 000	612	245	286	715
3600	200	132	0,7	117	36	5 000	648	259	270	675
3800	200	132	0,7	120	38	5 000	684	274	256	640
4000	200	132	0,7	123	40	5 000	720	288	243	608

Табл. 1. Режимы работы камеры Riegl Q1560 при съемке с Ан-2. Цветом показаны режимы в соответствии с масштабом (зеленый —1:1000, желтый — 1:2000, оранжевый —1:5000)

Высота сканирования	Частота эффективная	Частота ТЛО/м2	Сред. Расст. между ТЛО, см	Разрешение фотоснимков, см	Соответствует масштабу	Производительность, в летный час, км2*	Производительность при КПД съемки в 40%	Себестоимость, рублей/км2 (в части летных работ)	Ожидаемая коммерческая стоимость, руб/км2	
200	800	528	52,8	14	2	500	36	14	4 861	12 153
400	800	528	26,4	19	4	500	72	29	2 431	6 076
600	800	528	17,6	24	6	500	108	43	1 620	4 051
800	800	528	13,2	28	8	1 000	144	58	1 215	3 038
1000	800	528	10,6	31	10	1 000	180	72	972	2 431
1200	800	528	8,8	34	12	1 000	216	86	810	2 025
1400	800	528	7,5	36	14	1 000	252	101	694	1 736
1600	800	528	6,6	39	16	2 000	288	115	608	1 519
1800	800	528	5,9	41	18	2 000	324	130	540	1 350
2000	800	528	5,3	44	20	2 000	360	144	486	1 215
2200	800	528	4,8	46	22	2 000	396	158	442	1 105
2400	800	528	4,4	48	24	2 000	432	173	405	1 013
2600	800	528	4,1	50	26	2 000	468	187	374	935
2800	600	396	2,8	59	28	2 000	504	202	347	868
3000	600	396	2,6	62	30	2 000	540	216	324	810
3200	400	264	1,7	78	32	5 000	576	230	304	760
3400	400	264	1,6	80	34	5 000	612	245	286	715
3600	200	132	0,7	117	36	5 000	648	259	270	675
3800	200	132	0,7	120	38	5 000	684	274	256	640
4000	200	132	0,7	123	40	5 000	720	288	243	608

Табл. 2. Режимы работы Riegl Q1560 при съемке с Ан-30. Цветом показаны режимы в соответствии с масштабом (зеленый —1:1000, желтый — 1:2000, оранжевый —1:5000)

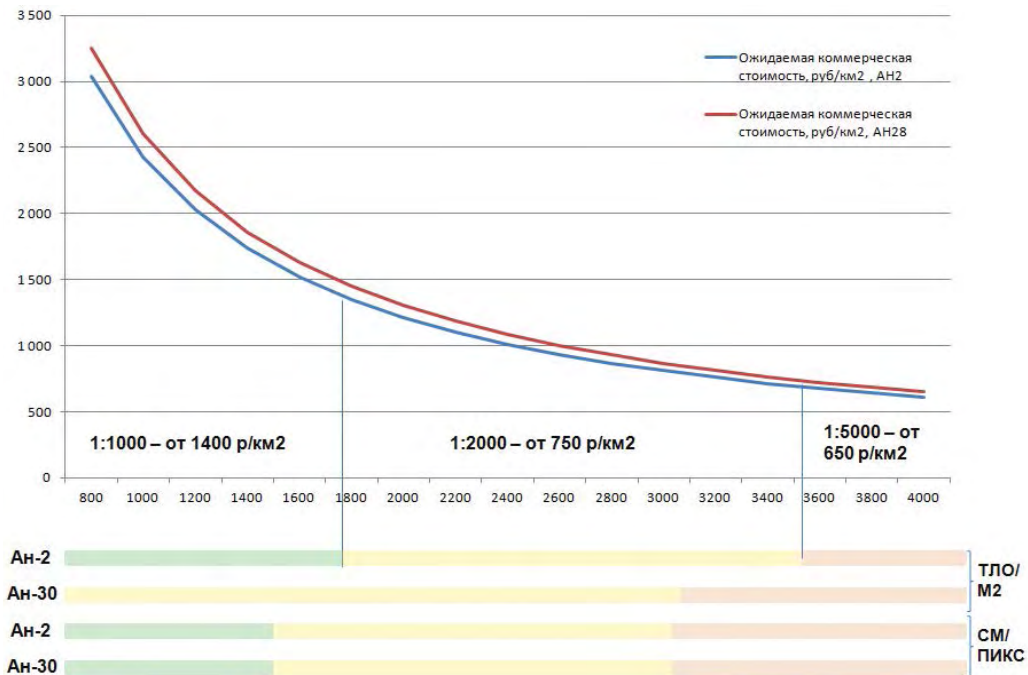


Рис. 7. Ожидаемая стоимость работ при использовании Riegl Q1560 на различных носителях под различные масштабы

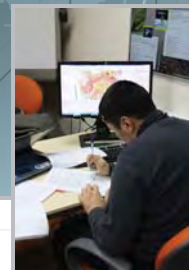
системы на российском рынке способно потеснить позиции западных поставщиков космических данных.

В приведенных ценах не учтены затраты на плано-высотное обоснование, создание ортофотопланов, создание цифровых моделей рельефа (в стоимости поставки спутниковых данных они тоже не учтены). Не учтена перегонка борта до места работ — на малых проектах она может существенно удорожать выполнение работ. Есть также ряд иных допущений, однако общий итог говорит об одном — применение высокопроизводительных лазерных систем, которые могут обеспечить работу в режиме частоты сканирования выше 500 тыс. точек/сек. на высотах более 2 тыс. м и равномерность распределения точек отражений на больших

скоростях, приведет к снижению затрат на получение данных дистанционного зондирования до уровня массово доступных данных космосъемки с разрешением 50 см.

В настоящее время система с такими характеристиками всего одна — уже упоминавшийся Riegl Q1560. К сожалению, другие производители (Leica и Ortech) не предлагают решений, обеспечивающих подобную производительность и равномерное распределение данных на больших высотах. Следовательно, эти производители не достигают подобной ценовой эффективности. В настоящее время компания «Совзонд» рассматривает возможность частичной замены данных космических съемок с использованием подобной системы.

ЦЕНТР ОБУЧЕНИЯ КОМПАНИИ «СОВЗОНД»



Центр обучения компании «Совзонд» открыт в 2006 году. За это время обучение в Центре прошли более 800 специалистов из России и стран ближнего зарубежья, среди которых сотрудники НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы», ФГБУ «Рослесинфорг», Министерства сельского хозяйства РФ, Министерства природных ресурсов и экологии РФ, ГKNПЦ им. М. В. Хруничева, АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», АО «РКЦ «Прогресс», ТОО «Корпорация Казахмыс», МГУ, МИИГАиК и др.

Курсы проводят ведущие специалисты компании «Совзонд», участвующие в разработке и реализации проектов и имеющие большой опыт обработки космических снимков.

Обучающие курсы рассчитаны на специалистов разных уровней подготовки, работающих в области геоинформатики, картографии, ДЗЗ, геологии, природопользования, в сельском и лесном хозяйстве, кадастре и т. д. При выполнении практических упражнений используются данные со спутников WorldView-1,2, GeoEye-1, Pleiades, RapidEye, Cosmo-SkyMed-1,4, Radarsat и др.

По желанию заказчика может быть разработана специализированная программа обучения, адаптированная под решение конкретных задач, а также организовано выездное обучение.

КУРСЫ ОБУЧЕНИЯ:

- Работа в базовых модулях фотограмметрической системы INPHO.
- Использование программного комплекса ENVI для обработки и анализа данных ДЗЗ.
- Возможности языка программирования IDL. Дополнительные модули.
- Обработка радиолокационных съемок в дополнительных модулях ENVI SARscape.
- Инструменты и функциональность ArcGIS for Desktop.
- Комплексная обработка данных ДЗЗ в программных продуктах ENVI и ArcGIS for Desktop.
- Visual MODFLOW: практическое применение моделирования подземных вод и переноса загрязняющих веществ.

Дополнительная информация и запись на обучение:

Тел.: +7 (495) 642-8870, 988-7511, 988-7522. Факс: +7 (495) 988-7533. E-mail: software@sovzond.ru

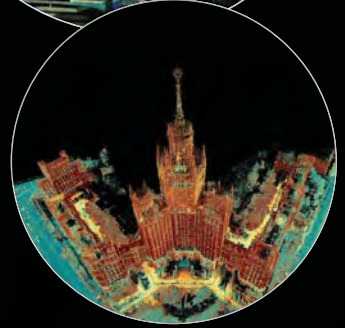
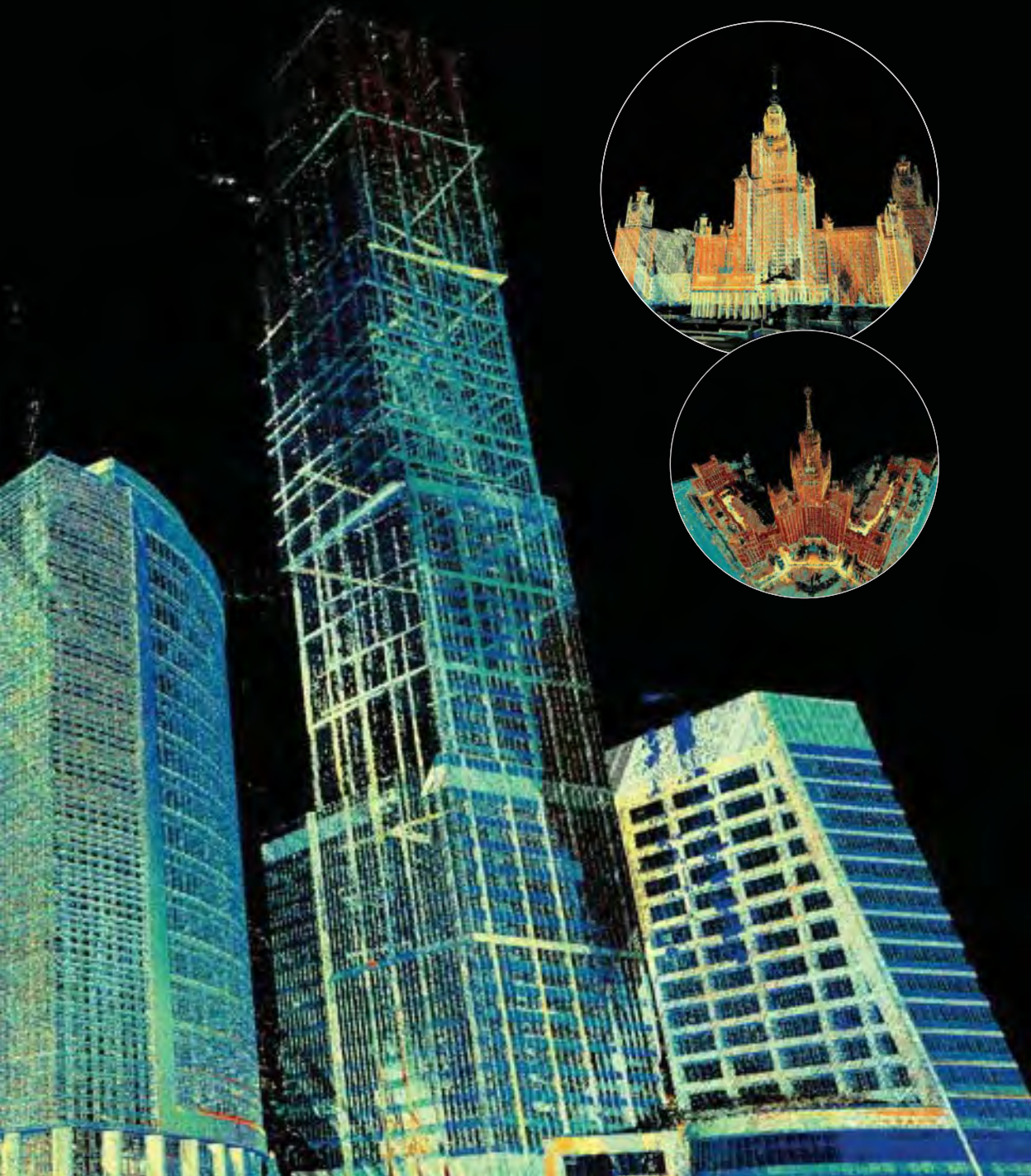
Web-site: www.sovzond.ru

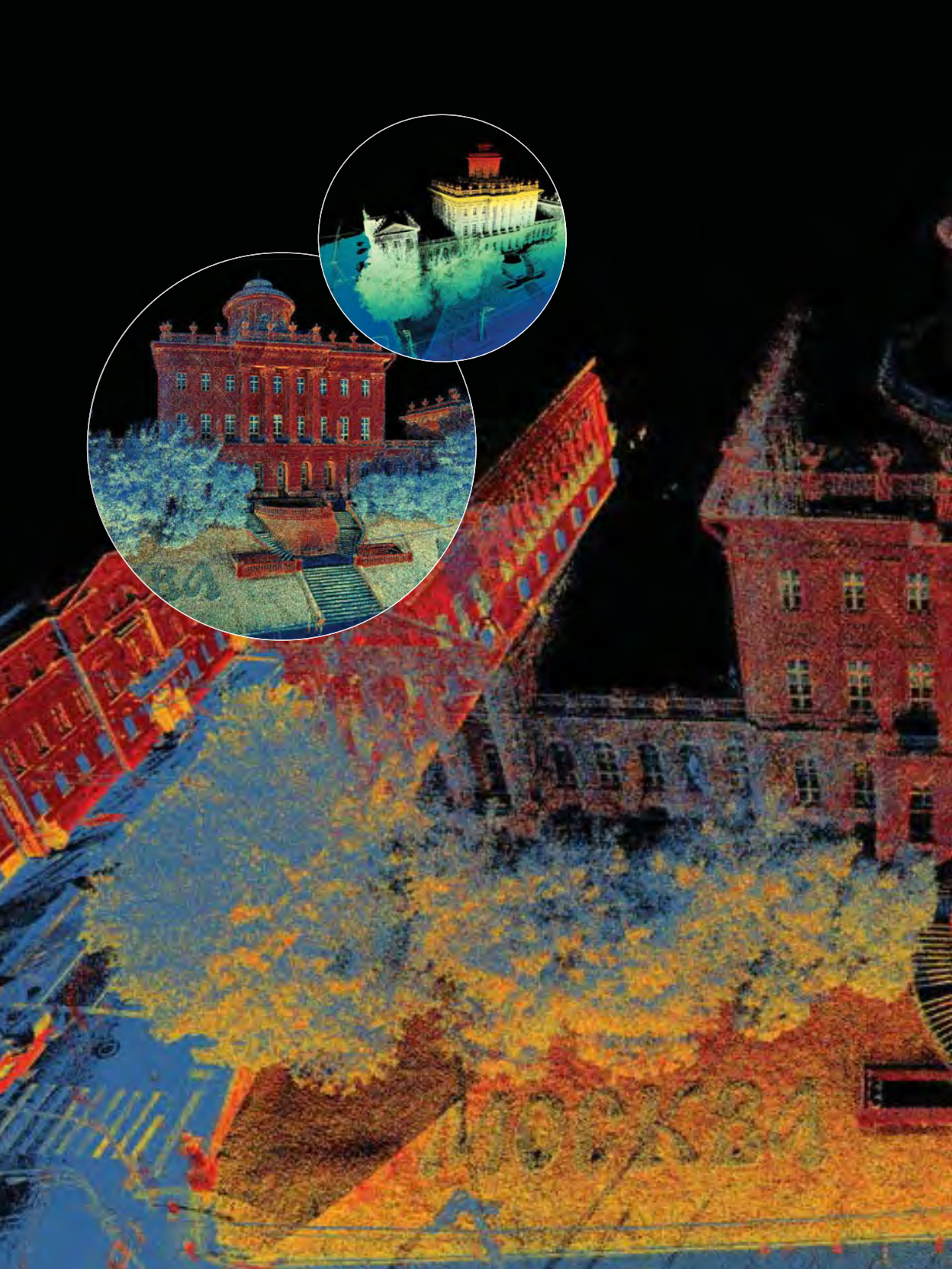
ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ — новый уровень детальности

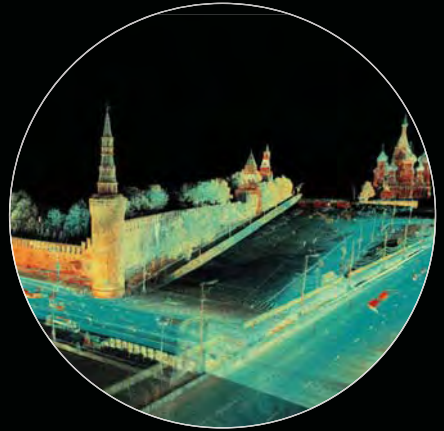
Компания «Совзонд» все активнее использует технологии воздушного, наземного и мобильного лазерного сканирования в практике информационного обеспечения проектов и предоставляет своим заказчикам всю линейку продуктов — от высокдетальных 3D-моделей объектов масштаба 1:50 до топографических планов масштаба 1:500–1:5000 включительно (по технологии, включающей совместное проведение воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъемки).

Образцы облаков точек, полученных в результате лазерного сканирования для построения 3D-моделей, представлены на рисунках.









М. Д. Митин (компания «Совзонд»)

В 2006 г. окончил Государственный университет по землеустройству по специальности «Землеустройство». В настоящее время — руководитель отдела беспилотных систем компании «Совзонд».

Обзор новой гиперспектральной камеры Pika L для беспилотных летательных аппаратов

В начале 2016 года компания Resonon анонсировала появление новой линейной гиперспектральной камеры Pika L (рис. 1), которая заменила камеру Pika II в продуктовой линейке компании. Новая камера предназначена в первую очередь для малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и избавлена от всех недостатков предыдущей модели. В предлагаемом обзоре будут описаны основные преимущества

камеры Pika L и проведено ее сравнение с предыдущей моделью.

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК PIKA L (2016) И PIKA II (2015)

В табл. 1 представлено сравнение характеристик новой и старой моделей камеры.

Главное преимущество Pika L — вес. Камера стала легче более чем в 2 раза, ее вес составляет всего 600 грамм! Модельный ряд БПЛА, на который теперь возможно установка линейных гиперспектральных сканеров, значительно расширился.

Верхний порог спектрального диапазона расширен до 1000 нм, спектральное разрешение улучшено до 3,2 нм, уменьшилось количество спектральных каналов (с 240 до 187), но значительно увеличилось количество пространственных каналов (с 640 до 850). Расширился диапазон рабочих температур, что также немаловажно для съемки с БПЛА. Выросла частота получения гиперспектральных кадров — со 145 до 187 кадров в секунду. Уменьшились спектральные искажения, а также размер пикселя.



Рис. 1. Гиперспектральная камера Pika L

Технические характеристики камер	Pika L	Pika II
Спектральный диапазон, нм	400–1000	400–900
Спектральное разрешение, нм	3,2	2,1
Количество спектральных каналов, шт.	185	240
Количество пространственных каналов, шт.	850	640
Частота гиперспектральных кадров, кадр/сек.	187	145
Разрядность сигнала, бит	12	12
Вес, грамм	600	1300
Размеры, см	10,0x12,5x5,3	9,7x16,8x6,4
Интерфейс камеры, способ подключения	USB 3.0	GigE
Рабочие температуры, °С	0...+45	+8...+32
f/#	f/2,4	f/3,0
Характеристика светового пятна, μм	6	7
Спектральное искажение, μм	4	5
Спектральное искажение, μм	5	7
Размер пикселя, μм	5,8	7,4
Требования к питанию	8-30В/2,5Вт	8-30В/2,5Вт
Возможность установки на БПЛА	Да	Да
Возможность установки на пилотируемый самолет	Да	Да

Табл. 1. Сравнительные характеристики камер Pika L и Pika II

АЭРОСЪЕМОЧНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ PIKA L

Камера Pika L создавалась с ориентацией на малые БПЛА. Она поставляется заказчиком как отдельно, так и в сборе, готовая к установке на беспилотные аппараты. Специально для аэросъемочной системы был разработан легкий и прочный корпус (всего 0,2 кг), способный уместить в себе весь комплект необходимого оборудования (рис. 2). По размерам и конфигурации он крайне схож со стандартными фотокамерами, на которые установлен длиннофокусный объектив (рис. 3)

В корпусе уже предусмотрены крепежные отверстия для установки на подвесы мультикоптеров (рис. 4), также не требуется разработка специального ложементов для установки камеры на БПЛА самолетного типа.



Рис. 2. Камера Pika L в корпусе



Рис. 3. Сравнение размеров профессионального фотоаппарата и камеры Pika L в корпусе

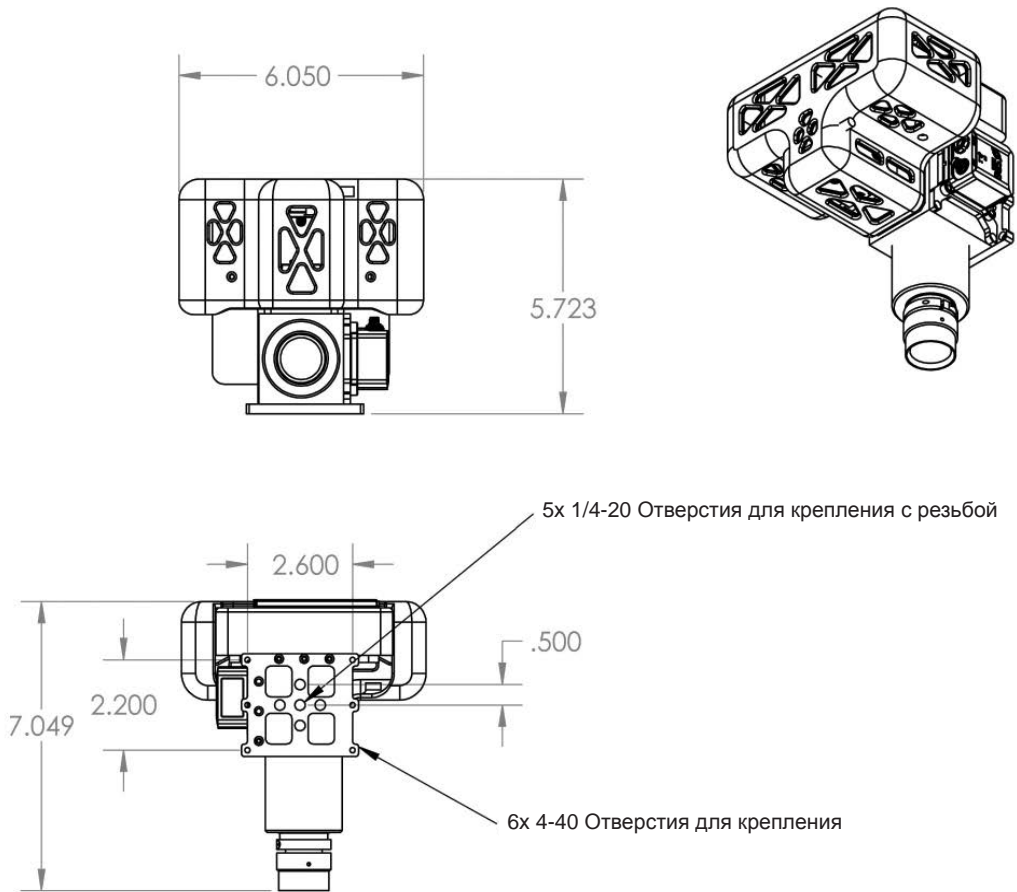


Рис. 4. Чертеж с размерами камеры Pika L

КОМПЛЕКТАЦИЯ АЭРОСЪЕМОЧНОЙ СИСТЕМЫ PIKA L

В состав стандартной комплектации аэросъемочной системы входит сама камера, объектив, инерциальная навигационная система, бортовой компьютер, корпус для установки на БПЛА и комплект дополнительных аксессуаров (табл. 2, рис. 5). Вся аэросъемочная система в сборе весит всего 1,4 кг.

Набор оборудования может варьироваться в зависимости от задач, которые необходимо выполнить.

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Гиперспектральные камеры предназначены для определения физико-химических свойств объектов. Сфер применения данного оборудования очень много — от мониторинга в сельском хозяйстве

Комплектация аэросъемочной системы на базе Pika L	
<ul style="list-style-type: none"> ● Базовая комплектация ● Рекомендовано ● Опционально 	Pika L
Объективы и фильтры	
Объектив VNIR — Schneider Tel-Xnar 2.2 / 70 мм	●
Компактный объектив VNIR — Schneider Xenoplan 2.8 / 50 мм	●
Объектив VNIR — Schneider Xenoplan 1.4 / 23 мм	●
Объектив VNIR — Schneider Xenoplan 1.4 / 17 мм	●
Объектив VNIR — Schneider Cinegon 1.4 / 12 мм	●
Объектив VNIR — Schneider Cinegon 1.4 / 8 мм	●
Объектив VNIR — Schneider Cinegon 2.1 / 6 мм	●
Программное обеспечение	
Spectronon Software предустановленное на ноутбук	●
Комплект разработчика для Spectronon Software (SDK) для Windows 7 и Linux	●
Дополнительное оборудование и аксессуары	
Бортовой компьютер для управления комплексом	●
Программное обеспечение для управления комплексом	●
Программное обеспечение для коррекции геопривязки	●
Комплект кабелей	●
Инерциальная навигационная система GPS/IMU — SBG Ellipse N	●
Инерциальная навигационная система GPS/IMU — SBG Ellipse D	●
Высокоточный геодезический ГНСС-приемник для Ellipse-D	●
Инерциальная навигационная система GPS/IMU — Novatel IGM-A1	●
Инерциальная навигационная система GPS/IMU — Novatel SPAN-CPT	●
Сенсор для поправок на отражение солнечного света — VNIR	●
Угловой отражатель — Pika L	●
Панель для подключения аэросъемочного комплекса к источнику питания	●
Корпус с подвесом для установки Pika L на БПЛА	●
Калибровочный брезент 3x3 м с колышками	●
Радиометрическая калибровка	●
Транспортировочный кейс для аэросъемочного комплекса	●

Табл. 2. Комплектация аэросъемочной системы на базе Pika L

до лабораторных исследований в фармакологии.

Основные сферы применения аэросъемочной системы Pika L:

- точное земледелие и контроль состояния сельскохозяйственных культур;

- мониторинг состояния растительности в лесном хозяйстве и на территории ООПТ;

- поиск и обнаружение экологических нарушений (нефтеразливы, свалки и прочее).

Ранее для выполнения данных задач применялись мультиспектральные камеры или



Рис. 5. Комплект оборудования аэросъемочной системы Pika L

обычные фотокамеры с ИК-фильтрами. Данные, получаемые с этих устройств, не обеспечивали необходимую точность результатов и не коррелировались с данными наземных обследований. На рис. 6 наглядно отражена разница в полноте информации при съемке 6-канальной мультиспектральной камерой и гиперспектральной съемочной системой.

Анализ графиков на рис. 6 показывает, что при съемке мультиспектральной камерой имеется недостаточно информации для идентификации, плохая корреляция результатов съемки и обследований. А при съемке гиперспектральной камерой в наличии подробная информация

о спектральных характеристиках объекта, возможно создание эталонных образцов, хорошая корреляция результатов с наземными обследованиями.

PIKA L УЖЕ В РОССИИ

Камера поступила в продажу 1 апреля 2016 г. Компания «Совзонд» является эксклюзивным дистрибьютором компании Resonon в России и странах СНГ. Уже сейчас вы можете приобрести новую аэросъемочную систему на базе Pika L вместе с беспилотным летательным аппаратом или заказать дооснащение камерой уже имеющегося у вас БПЛА.

Ознакомиться с полным спектром гиперспектрального, мультиспектрального и другого оборудования для лабораторных, наземных и аэросъемочных систем, а также комплексами мониторинга, включающими в себя инфраструктуру для проведения изысканий, оборудование и программное обеспечение для обработки и публикации данных, вы можете на нашем сайте www.sovzond.ru

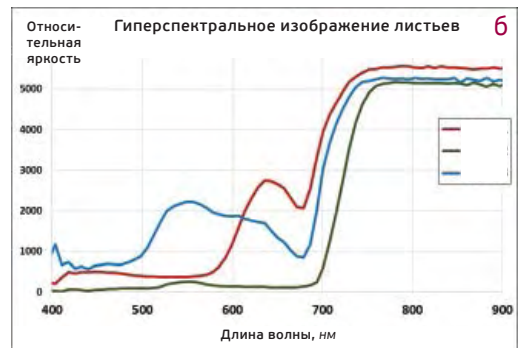
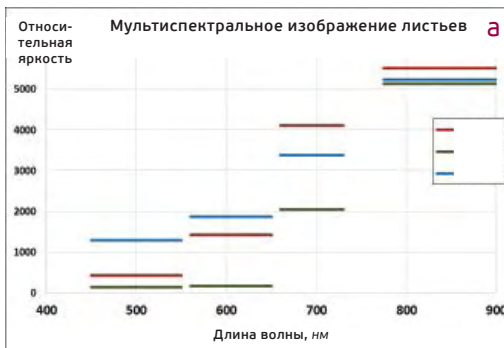
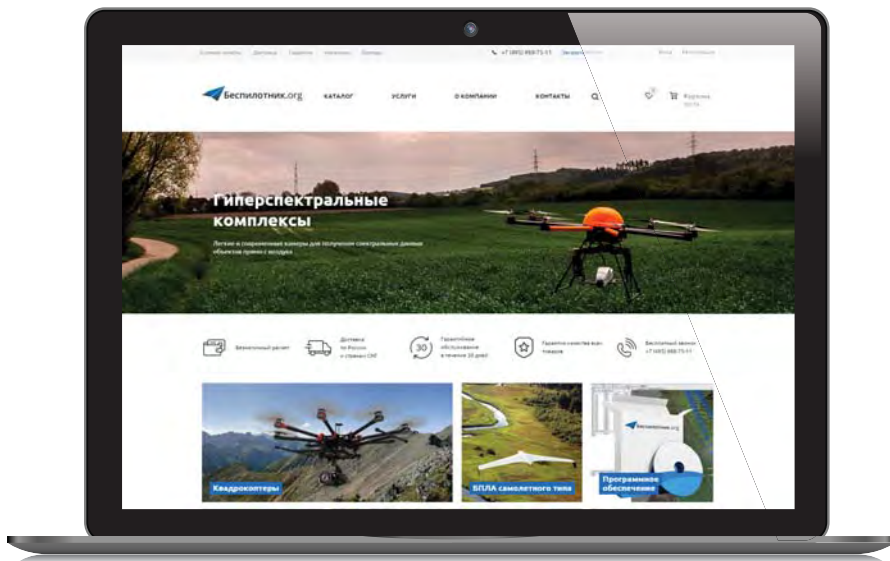


Рис. 6. Сравнение результатов съемки 6-канальной мультиспектральной камеры (а) и гиперспектральной камеры (б)

Беспилотник.org



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
БПЛА, комплектующие и аксессуары



bespilotnik.org

Н. М. Бабашкин (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»)

В 1972 г. окончил Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии по специальности «Арофотогеодезия». В настоящее время — заместитель начальника отдела аэрокосмосъемки и фотограмметрии ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД».

С. А. Кадничанский (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»)

В 1973 г. окончил Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии по специальности «Аэрофотогеодезия». В настоящее время — начальник отдела аэрокосмосъемки и фотограмметрии ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». Кандидат технических наук.

С. С. Нехин (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»)

В 1974 г. окончил Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии по специальности «Аэрофотогеодезия». В настоящее время — начальник Управления фотограмметрических исследований ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». Доктор технических наук.

Топографическая аэросъемка в России

Аэросъемка как метод дистанционного изучения местности получила практическое применение в России при проведении воздушной разведки во время первой мировой войны, а через десятилетие начала уже массово распространяться на многие отрасли хозяйственной деятельности: картографирование, инженерные изыскания, сельское хозяйство, лесоустройство и др. [1]. Развитие технологий аэросъемки проходило одновременно с развитием фотограмметрии и фототопографии, оказывая большое влияние на содержание топографо-геодезических и картографических работ в целом. Разработанные технологии стереотопографической съемки позволили в кратчайшие сроки выполнить на огромной территории СССР сплошное картографирование вплоть до карт масштаба 1:25 000 и проводить их периодическое обновление.

Растущие объемы аэрофотосъемки требовали совершенствования аэрофотоаппаратуры и ее носителей. Для аэрофотоаппаратов (АФА) был разработан ряд ортоскопических объективов с различными углами

поля зрения (от 30 до 120°), создано бортовое оборудование для автоматизированного управления процессом аэросъемки и регистрации ее параметров (аэрофотоустановки АФУС и гироустановки ГУТ, электронно-командные приборы ЭКП, статоскоп С-51, автоматы регулирования экспозиции АРЭ, радиогеодезические системы РДС, РГСЦ для определения координат центров проекции снимков и др.). На смену приспособленным под аэрофотосъемку самолетам (По-2, Ан-2, Ил-14) были созданы специализированные аэросъемочные самолеты Ан-30ФК (рис. 1) и Ту-134СХ.



Рис. 1. Аэросъемочный самолет Ан-30ФК

В результате к 1970-м гг. прошлого столетия ежегодные объемы заказов Главного управления геодезии и картографии (ГУГК) СССР на аэрофотосъемку составляли около 2 млн кв. км приведенной площади (эквивалент АФС в масштабе 1:25 000), из них на долю Российской Федерации приходилось 1,5 млн кв. км. Эти объемы позволяли сбалансировать старение и обновление топографических карт всего масштабного ряда. В 1980-90-х гг. используемая в стране топографическая аэросъемочная аппаратура получила ряд дальнейших революционных изменений: увеличение формата кадра съемочных камер до 23x23 см, снижение уровня дисторсии их объектива до нескольких микрометров (практически достигнув теоретического предела), использование компенсации продольного сдвига изображения (КСИ), спутниковых методов определения координат центров проекции снимков.

Процессы перестройки в СССР отрицательно отразились как на государственном картографировании в целом, так и на аэрофотосъемке в частности. По данным Федеральной службы геодезии и картографии России (Роскартографии) в конце 1980-х гг. объемы аэрофотосъемки ежегодно сокращались примерно на 15–20% и в 1990-е гг. составляли менее 500 тыс. кв. км. В значительной мере этому способствовало увеличение доли использования космических снимков, пригодных, в основном, для обновления топографических карт средних и мелких масштабов (1:25 000–1:200 000) и для получения актуальной картографической основы навигационных карт.

Новое качество аэрофотосъемки получила с переходом в 2000-е гг. от пленочных аэрофотокамер к цифровым. Профессиональный аэрофотосъемочный потенциал России на сегодняшний день состоит примерно из десятка специализированных самолетов (Ан-30, Л-410, King Air), двух десятков

цифровых камер (DMC, ADS, UltraCam, A-3), трех десятков воздушных лидаров (Leica, Ortech, Riegl) и некоторого количества тепловизионных и радиолокационных съемочных систем.

На современном рынке представлено около десятка фирм-производителей цифровых топографических аэрокамер. Несмотря на достаточно широкий их ассортимент, большинство камер по углу поля зрения светочувствительного сенсора относятся по существующей классификации к разряду узкоугольных. Увеличение угла поля зрения (а, следовательно, производительности) таких камер достигается путем составления результирующего снимка (квазиснимка) из нескольких фрагментов (от 2 до 25). В группе компаний Hexagon разработаны наиболее производительные на сегодняшний день крупноформатные кадровые топографические АФА. Компания Z/I Imaging (Ален, Германия) выпускает камеру DMC IIe 250 с углом поля зрения 45,5°, кадр которой формируется единой матрицей в 250 Мп (во второй половине 2015 года на рынке предложена камера DMC III с матрицей 400 Мп). Компанией Leica Geosystems (Хербруг, Швейцария) выпускается аэросъемочная система сканерного типа с углом поля зрения 77,3°, включающая 13 линеек по 20 тыс. пикселей. В целом развитие цифровых камер в сторону увеличения числа светочувствительных элементов и уменьшения физического размера пикселя идет чрезвычайно быстрыми темпами, и в самое ближайшее время, вероятно, следует ожидать перехода сегодняшних крупноформатных камер в разряд среднеформатных.

Возможности цифровой аэрофотосъемки и современного навигационного бортового оборудования позволяют получать широкий ассортимент продукции: панхроматические (черно-белые), цветные (в натуральных цветах) и спектрзональные (в условных цветах) варианты аэроснимков, обеспеченные

угловыми и линейными элементами внешнего ориентирования. Кроме плановых аэроснимков в настоящее время все шире используются перспективные снимки [2, 7] как для создания фотореалистичных трехмерных моделей, так и для иных целей. Одновременно с фотоизображениями в процессе аэросъемки с помощью воздушного лазерного сканирования определяются координаты точек лазерных отражений (ТЛО) для получения данных о рельефе и построения модели местности в целях решения инженерных, экологических и других задач, а также материалы тепловизионной и радиолокационной съемки, обеспечивающие выявление свойств и характеристик объектов, которые невозможно выявить по изображениям видимого диапазона. В перспективе интеграция съемочных систем различного типа и навигационной информации открывает возможности оперативного получения геопривязанной пространственной информации и картографирования в масштабе реального времени или близком к нему.

В отличие от стремительного развития аэросъемочного оборудования состояние самолетного парка для производства аэросъемки не вызывает оптимизма. Из поставленных в 1970-е гг. в аэросъемочные отряды РСФСР (Мячково, Ржевка, Толмачево) порядка сорока самолетов Ан-30ФК к 2015 году в рабочем состоянии осталось только пять. После ликвидации аэросъемочных отрядов самолеты эксплуатируются частными авиакомпаниями, срок эксплуатации оставшихся Ан-30ФК заканчивается в 2016–2017 гг. В связи с этим остро ощущается проблема выбора полноценного «преемника» самолета-носителя. Дело в том, что прогресс, достигнутый в повышении метрической точности и информативности аэроснимков, и, как следствие, производительности аэросъемки, обуславливает эффективное использование современной

аэросъемочной аппаратуры, в том числе за счет увеличения практического потолка самолетов-носителей с 7 до 9–12 тыс. м и продолжительности их полета до 8–9 часов с крейсерской скоростью в диапазоне 350–600 км/ч. Исходя из задач крупномасштабного картографирования, поддержания в актуальном состоянии топографических карт базовых масштабов и планов городов, а также решения задач государственного кадастра недвижимости, на ближайшие 20–30 лет в России необходимо иметь не менее 10–15 аэросъемочных самолетов с такой производительностью. Еще столько же самолетов может потребоваться для решения задач смежных отраслей (Минприрода, МЧС, лесное и сельское хозяйство и др.), использующих материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Из отечественных разработок наиболее полно этим параметрам соответствует самолет ОКБ Сухого С-80 (рис. 2). По своей конструкции это верхнеплан, все силовые агрегаты и элементы управления полетом расположены в верхней части фюзеляжа. Для целей аэросъемки он должен быть оснащен тремя съемочными фотолюками с защитой, переходниками для крепления ГНСС-антенн, а его силовая установка должна обеспечивать электрическую энергоемкость аэросъемочного оборудования не менее 3–4 кВт. Стоимость одного такого серийного самолета может составлять 250–300 млн руб., поэтому необходима государственная программа восстановления самолетного аэросъемочного парка.

Современное состояние классической топографической аэрофотосъемки нельзя рассматривать в отрыве от следующих тенденций.

С одной стороны, улучшается разрешение космических изображений (с запуском WorldWiew-3 оно достигло 30 см), что существенно расширяет область их



Рис. 2. Многоцелевой самолет С-80

использования наряду с аэрофотоснимками или вместо них.

С другой стороны, повышается роль беспилотных аэросъемочных систем, диктующих необходимость принимать во внимание определенную «нишу» их эффективного использования при топографическом картографировании и решении других задач.

Разрешение порядка 1 м и точность определения высот до нескольких метров, достижимые для отечественных космических съемочных систем типа «Ресурс-П», не позволяют полноценно использовать их материалы для крупномасштабного картографирования (масштабов 1:10 000 и крупнее). Материалы зарубежных космических съемочных систем пригодны при создании карт и планов масштаба 1:5000 и мельче. Сложившаяся сегодня ситуация не позволяет не учитывать экономические показатели использования материалов аэро- и космической съемки, а эти показатели таковы. Стоимость зарубежной архивной цветной космической

съемки с элементом разрешения на местности 50 см (необходимого для обновления ЦТК масштаба 1:10 000) составляет порядка 900 руб. за кв. км. Заказ аналогичной актуальной космической съемки для одиночных и стереоизображений составляет порядка 1400 и 2800 руб. за кв. км соответственно. Срок исполнения космической съемки может составлять от нескольких недель до 1–2 сезонов в зависимости от погодных условий, объема заказа и его приоритетности. Стоимость цветной стереоскопической аэрофотосъемки с тем же элементом разрешения и с регистрацией элементов внешнего ориентирования каждого аэроснимка составляет порядка 600–800 руб. за кв. км в зависимости от удаленности объекта съемки от аэродрома базирования. Срок исполнения заказа на аэросъемку несравнимо короче и зависит, помимо погодных условий, от оперативности развертывания аэросъемочных работ. Это особенно актуально для северных территорий Российской Федерации. Нельзя не учитывать и то обстоятельство,

что средства на оплату зарубежной космической съемки в конечном счете «уходят» из России, а на оплату аэрофотосъемки – остаются в ней. Таким образом, очевидно, что аэросъемка для крупномасштабного картографирования имеет преимущества перед космической съемкой.

В последнее десятилетие в возрастающих объемах выполняется аэросъемка с беспилотных воздушных судов (БВС), рис. 3 [7, 8, 9]. Начав с установки бытовых неметрических камер Nikon, Soni, Kodak, сегодня разработчики БВС планируют использование топографических камер среднего формата (60–80 Мп), вес которых составляет 3–5 кг.

Выполняется разработка проектов оснащения БВС, наряду с оптическими съемочными системами, лидарами, тепловизорами, а также гироплатформами и другими системами.

Разрабатывается и совершенствуется специальное программное обеспечение для БВС не только для планирования



Рис. 3. Образец беспилотного летательного аппарата АФМ-СЕРВЕРС

и обеспечения аэросъемки, но и фотограмметрической обработки снимков.

Активно разрабатываются новые типы БВС [9] (табл. 1):

- на электрической тяге;
- на гибридной тяге — электрический двигатель и двигатель внутреннего сгорания;
- на гибридном принципе полета — конвертоплан.

Модель БАС	Птеро-60	Дозор-50	ZALA 421-16	GeoScan 101	GeoScan 201	ЭРА-100 конвертоплан
Производитель	АФМ-Серверс	ЗАО Транзас	ZALA AERO	GeoScan	GeoScan	AEROXO
Масса, кг	20	50	16	2,3	5,5	20
Полезная нагрузка, кг	5	8	Нет данных	0,5	1,5	6
Диапазон высот, м	80–3000	500–4000	50–3600	100–3000	100–4500	до 4000
Рабочая высота, м	—	—	—	120–200	120–800	—
Крейсерская скорость, км/ч.	80–125	110–130	130–200	60	80	130–180
Тип двигателя	Бензиновый	Бензиновый	Бензиновый	Электро	Электро	Электро/бензиновый
Время полета, ч.	8 (2кг)	6	4–8	1	2,5	6
Способ взлета/посадки	Катапульты/парашют	Катапульты/пробег 100м	Катапульты/парашют	Катапульты/парашют	Катапульты/парашют	По вертолетному
Ограничения по погоде	-30...+40° С 4 м/с	Нет данных	Нет данных	-20...+40° С 10 м/с	-20...+40° С 12 м/с	Нет данных
Дальность связи, км	75	Нет данных	50	25	75	450
Фотокамера	PhaseOne	Canon 21 Мп	Canon 21 Мп	Sony RX1	Sony NEX-5	PhaseOne
Стоимость, тыс. руб.	3700	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	2500-3500

Табл. 1. Характеристики беспилотных аэросъемочных систем

Приведенные расчеты [3] показывают, что стоимость аэросъемки с БВС любого типа участка площадью до 200 кв. км существенно дешевле стоимости аналогичной аэросъемки с любого управляемого самолета. А на объектах площадью более 1,5–2 тыс. кв. км более эффективна аэрофотосъемка с БВС с использованием малогабаритной среднеформатной топографической аэрофотокамеры по сравнению с традиционной аэрофотосъемкой, так как применение такого класса аэрофотоаппаратуры на борту БВС является основным фактором, определяющим эффективность. Использование дорогостоящих автоматических съемочных систем на БВС предъявляет к самим БВС все более высокие требования:

- повышение надежности и безопасности программного обеспечения навигационного комплекса и пилотажной системы;
- унификация систем управления для сменяемых съемочных систем;
- ремонтпригодность в полевых условиях;
- повышение тактико-технических характеристик (продолжительность, высота и дальность действия).

Следует констатировать, что в настоящее время БВС не обладают равными правовыми возможностями в использовании воздушного пространства, а после принятия Федерального закона от 30.12.2015 г. № 462-ФЗ «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации в части использования беспилотных воздушных судов» их применение становится еще более проблематичным. Особенно это касается применения одномоторных БВС над застроенными территориями. Поэтому с позиции доступности воздушного пространства, а также с позиции экономичности, при площади объекта более 100 кв. км такую аэросъемку целесообразно выполнять легкими двухмоторными пилотируемыми самолетами,

оснащенными полноформатной топографической цифровой камерой, либо двухмоторными БВС со среднеформатной топографической камерой.

Предпринимавшиеся попытки начать разработку пилотируемого аэросъемочного самолета на базе серийно выпускавшихся воздушных судов не получили продолжения, скорее всего, по причинам экономического характера. Вернуться к решению этой задачи возможно только при условии многократного увеличения объемов аэросъемочных работ, поэтому на ближайшую перспективу складывается благоприятная ситуация для развития методов ДЗЗ с применением БВС.

Приемка полученных с БВС аэросъемочных материалов, используемых для создания топографической продукции, в любом случае должна выполняться в полном соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

В заключение необходимо остановиться еще на одном важном аспекте, напрямую связанном с современной аэрофотосъемкой. Замена аналоговых аэроснимков цифровыми, высокоточное определение элементов внешнего ориентирования снимков на основе спутниковых и инерциальных бортовых систем требуют кардинальной переработки нормативно-технических документов, касающихся аэрофототопографических методов создания и обновления топографических карт и планов, получения другой пространственной информации [4, 5, 6]. Для этого потребуются исследования и практическая проверка новых технологий и аппаратно-программных средств, уточнение требований к параметрам аэрофотосъемки, точности определения линейных и угловых элементов внешнего ориентирования с помощью бортовых систем, процессам полевой подготовки и фотограмметрического сгущения снимков и др.

ВЫВОДЫ

1. В области топографической аэросъемки наблюдается интенсивное развитие цифровых аэросъемочных систем. Вместе с тем в России имеется проблема с заменой базового самолета-аэросъемщика новым производительным носителем.

2. Усиливается конкуренция аэросъемки со стороны космической съемки, материалы которой становятся возможным использовать и для решения задач крупномасштабного картографирования.

3. Расширяется применение для аэросъемки БВС, использование которых в целом ряде случаев является более оперативным и экономичным по сравнению с традиционными носителями.

4. Совершенствование средств и расширение методов ДЗЗ позволяет оптимизировать способы получения исходной информации. Выбор способа (беспилотная и пилотируемая аэросъемка или космическая съемка) должен определяться экономической целесообразностью при строгом соблюдении требований к съемочным материалам, используемым для создания топографической продукции.

5. Перспектива развития аэрофотосъемки представляется в интеграции съемочных систем различного типа и навигационных данных с целью оперативного получения геопривязанной пространственной информации и картографирования в формате реального времени или близком к нему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афремов В. Г., Ильин В. Б., Нехин С. С., Бабашкин Н. М. Развитие аэрофотосъемки в целях топографического картографирования. *Геодезия и картография* № 10, 1998. — с. 42–45.

2. Нехин С. С., Олейник С. В. Фотограмметрическая технология создания

трехмерных сцен застроенных территорий для целей проектирования и ГИС. *Инженерные изыскания.* № 2, 2011. — с. 42–46.

3. Бабашкин Н. М., Кадничанский С. А., Фальков Э. Я. Сравнительный анализ эффективности аэрофототопографической съемки с использованием беспилотных и пилотируемых авиационных систем. Доклад, представленный на V международной научно-практической конференции «Геодезия, маркшейдерия, аэросъемка на рубеже веков». М., 2014.

4. Бабашкин Н. М., Нехин С. С., Кадничанский С. А. Совершенствование требований к топографической аэросъемке. *Геодезия и картография. Спецвыпуск*, 2012. — с. 115 – 119.

5. Бабашкин Н. М., Кадничанский С. А., Кучинский Ю. И., Нехин С. С. Современная технология аэрофототопографической съемки и потребность ее отражения в новых стандартах. *Технологические схемы создания и обновления карт и планов. Геодезия и картография. Спецвыпуск*, 2012. — с. 97–100.

6. Бабашкин Н. М., Кадничанский С. А., Кучинский Ю. И., Нехин С. С. Выбор параметров АФС для современных технологий аэрофототопографической съемки. *Геодезия и картография. Спецвыпуск*, 2012. — с. 161–164.

7. Нехин С. С., Яблонский Л. И. XXII Конгресс Международного общества фотограмметрии и дистанционного зондирования. *Геодезия и картография.* № 12, 2012. — с. 2–6.

8. Бабашкин Н. М., Нехин С. С. Топографическая аэросъемка. Современное состояние и перспективы развития. *Геодезия и картография.* 2015, № 7. — С. 36–41.

9. Бабашкин Н. М., Нехин С. С. Состояние и перспективы развития топографической аэросъемки. *Геодезия и картография. Спецвыпуск*, 2015. — с. 107–110.

Planet Labs: использование космоса для жизни на Земле



Наша цель – увидеть изменения, происходящие на Земле. С новым подходом “Agile Aerospace” Planet Labs может сделать это быстрее, чем когда-либо в истории, по сравнению с любой компанией и даже государством! Мы запускаем самые передовые спутники на орбиту каждые 3-4 месяца и всегда будем на шаг впереди.

Planet Labs – калифорнийская воздушно-космическая компания, которая проектирует, создает и эксплуатирует крупнейшую в мире группировку спутников дистанционного зондирования Земли. Мы поставляем снимки более чем ста партнерам, у нас работает триста сотрудников по всему миру, в том числе в Сан-Франциско, Берлине и Летбридже.

Клиенты Planet Labs используют снимки для решения многих задач:

- Глобальный мониторинг роста лесных массивов.
- Определение состояния сельхозкультур, отслеживание сельскохозяйственных работ, общая оценка урожайности.
- Построение высокоточных карт. Выявление изменений в землепользовании, новой застройки и дорожных конструкций.
- Оперативное реагирование на стихийные бедствия. Получение актуальных снимков пострадавших районов до и после происшествия, своевременная гуманитарная помощь и многое другое.

Get in Touch

sales@planet.com

Planet Labs San Francisco
Toll Free: 844 892-0786
International: +1 415 829-3313

Planet Labs Berlin
Phone: +49 30-6098300-100
Fax: +49 30-6098300-101

Planet Labs Lethbridge
Toll Free: +1 800 940 3617
International: +1 403 381-2800

А. УльрихРуководитель технического отдела компании
RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Германия

Информационное наполнение облака точек при воздушном лазерном сканировании*

Каждая технология в дистанционном зондировании, направленная на получение 3D-информации в виде облака точек как промежуточного информационного продукта (неважно, основана она на технологиях лазерного сканирования или фотограмметрии), всего лишь делает отдельные измерения поверхности объекта с ограниченным пространственным разрешением и ограниченной точностью. Информационное наполнение облака точек в значительной степени зависит от пространственного распределения этих измерений в 3D-пространстве.

На сегодняшний день на рынке представлено большое число воздушных лазерных сканеров с неточными характеристиками. В ряде случаев необходим экспертный уровень знаний, чтобы хотя бы приблизительно оценить достижимую на практике производительность и оценить, как сказываются особенности инструмента на получаемых данных.

Мы рассмотрим некоторые характеристики, обычно указываемые в спецификациях: частоту сканирования, эффективную скорость сканирования, особенности измерения дальности, типы сканеров и скорость сканирования. Также будут рассмотрены возможные

варианты распределения точек отражений лазера на земной поверхности при типичных сценариях выполнения работ наиболее совершенными лазерными сканерами и эффекты взаимодействия при работе с многоканальными инструментами (multi-channel-output instrument).

В данной статье также предлагается альтернативный критерий количественной оценки распределения точек лазерных отражений (ТЛО) на земной поверхности и более приближенный к действительности, чем стандартный, критерий плотности (количество точек на 1 кв. м). Также вводится значение добротности для оценки качества съемки земной поверхности, что позволяет производить непосредственное сравнение воздушных лазерных сканеров, созданных с использованием технологий лазерного сканирования.

ВВЕДЕНИЕ

Облака точек — стандартный промежуточный информационный продукт, получаемый при использовании различных технологий дистанционного зондирования (лидары, радары, цифровая фотосъемка) и используе-

* Перевод с английского языка И. А. Рыльского. Оригинал статьи «Andreas Ullrich. Sampling the World in 3D by Airborne LIDAR — Assessing the Information Content of LIDAR Point Clouds» опубликован в Photogrammetric Week 2013, Dieter Fritsch (Ed.) и доступен по ссылке <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phow13/index.en.html>

мый для получения трехмерной информации. В целом все технологии дистанционного зондирования основаны на получении отдельных измерений поверхности объекта (редко — объема) с ограниченным разрешением и точностью. Конкретное содержание и информационная ценность облака точек очень сильно зависят от пространственного распределения данных в облаке точек. На рис. 1 показано последовательное проведение измерений воздушным лазерным сканером последнего поколения, использующим граненое зеркало для отражения лазерного луча. Поверхность сканируется с помощью отражений лазерных импульсов, испускаемых с частотой несколько сот тысяч раз в секунду. Последовательное проведение отдельных измерений формирует линии (строки) сканирования, как показано на рис. 1, практически перпендикулярные оси полета. В данном примере сканирование ведется слева направо относительно направления полета (и так для каждой

строки сканирования). Очевидно, что для достижения равномерного распределения ТЛО в пределах сканируемой территории необходимо, чтобы дистанция между отдельными ТЛО внутри строки была равной дистанции между строками сканирования.

Измерение третьей координаты — высоты, выполняется посредством записи формы отраженного лазерного сигнала от объекта на территории сканирования (например кроны дерева или поверхности грунта, как показано на рис. 1). Для наглядности мы расположили график изменения амплитуды отраженного сигнала от времени вдоль оси прохождения лазерного луча. Интервал записи, то есть длительность по времени отдельных «сэмплов» при оцифровке аналогового сигнала, определяет фактическое разрешение по дальности и по высоте. Обратите внимание, что некоторые ТЛО на рис. 1 выделены черным цветом: эти 9 точек попадают в пределы одной единицы площади — 1 кв. м (иллюстрация плотности сканирования в точках на 1 кв. м). Некоторые точки на рис. 1 соединены ребрами, длина которых равна средней дистанции между точками; их обратная величина — пространственная частота измерений. Несколько точек, показанных вдоль оси сканирующего луча, — это отражения от объектов, рассчитанные после оцифровки и анализа полной формы отраженного сигнала. Их количество не ограничено, для каждого отражения могут быть рассчитаны различные дополнительные атрибутивные характеристики.

Требования, предъявляемые к воздушному лазерному сканированию, обычно включают достижение определенной плотности ТЛО на 1 кв. м поверхности. Однако требование соблюдения абсолютного количества ТЛО на 1 кв. м никак не учитывает особенности пространственного распределения точек на сканируемой территории. При этом истинное качество данных определяет именно равномерность

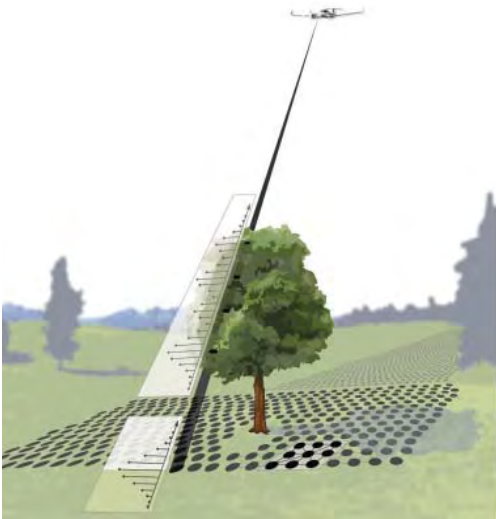


Рис. 1. Воздушное лазерное сканирование местности с одновременной оцифровкой формы отраженного сигнала и использованием граненого зеркала для отклонения лазерного луча

пространственного распределения. Можно сказать, что плотность сканирования является лишь функцией пространственного распределения ТЛО в двух направлениях. При одинаковой плотности (в точках на 1 кв. м) полностью равномерное распределение позволяет достичь максимальной ценности полученной информации, в то время как неравномерное распределение ТЛО снижает информационную наполненность данных, что будет наглядно продемонстрировано позднее.

В настоящее время производители предлагают большое количество систем воздушного базирования (АЛС — авиационный лазерный сканер), снабженных спецификациями и описаниями, довольно сложными для понимания и сопоставления с требованиями реальных задач. Назначение систем АЛС — топографическое картографирование земной поверхности с максимальной эффективностью, то есть получение максимального количества измерений координат. В большинстве случаев технические характеристики сканеров пестрят значениями частоты сканирования (импульсов в секунду) и максимальных высот полета, однако эти характеристики сами по себе ничего не говорят ни о реальной производительности, ни о качестве данных, получаемых этими инструментами.

Эффективность и продуктивность АЛС часто оценивается по максимальной частоте сканирования (число лазерных импульсов в секунду). Эти сведения являются полезными, но не обеспечивают ни точной, ни хотя бы отдаленной картины реальной производительности и эффективности, с которой в действительности может быть произведена съемка некоторой территории за конкретный период времени и с обеспечением конкретного качества измерений. Такие понятия, как скорость покрытия данными (coverage speed) и качество данных (data quality), ранее не вводились и не

использовались при оценке сканирующих систем. В данной статье мы попытаемся ответить на следующие вопросы:

1. Как быстро можно вести сканирование с помощью АЛС, обеспечивая определенный интервал между ТЛО на земной поверхности?

2. Как изменение высоты рельефа влияет на скорость сбора данных АЛС?

3. Может ли система АЛС с меньшей максимальной частотой сканирования превзойти другую систему АЛС с большей максимальной частотой сканирования при оценке по критерию «минимальное общее время съемки территории»?

ТОЧКИ ЛАЗЕРНЫХ ОТРАЖЕНИЙ: ИНТЕРВАЛ И ПЛОТНОСТЬ

Данные лазерного сканирования, за исключением данных, полученных по технологии Flash LIDAR, получают посредством дискретных последовательных измерений: для одноканального лазерного сканера — по одному измерению, для двухканального — по два измерения. Обычно отдельные измерения формируют строки сканирования. Итоговый набор данных состоит из большого числа строк сканирования. Расстояние на земной поверхности, разделяющее отдельные точки, принадлежащие одной строке, назовем A . Строки сканирования, в свою очередь, разделяются дистанцией B . Дистанция между строками (или межстрочный интервал) у систем с качающимся зеркалом существенно меняется в зависимости от ширины охвата (особенно на краях полосы сканирования). В то же время, для систем с вращающимся зеркалом она практически неизменна.

Обычно при планировании съемочного залета принято отталкиваться от интервала между точками или от плотности точек, обычно измеряемой в точках на 1 кв. м. Так, "LIDAR Guidelines and Base Specification"

(USGS, 2010) — «Инструкция по выполнению воздушного лазерного сканирования» (Геологическая служба США, 2010) использует термин «номинальная дистанция между точками», не давая при этом точного определения данного термина. Предварительная версия стандарта ASPRS «LIDAR density and spacing specification» («Спецификация по плотности и интервалам в данных лазерного сканирования», 2009) использует два определения: point spacing (интервал между ТЛО) и point density (плотность точек). Оба термина вводятся как статистический критерий контроля качества облаков ТЛО, полученных в ходе воздушного лазерного сканирования в результате пост-обработки.

Определение интервала между точками основано на триангуляции Делоне по ТЛО. В этом случае интервал между точками можно определить как среднюю длину линий, соединяющих данную точку с соседними точками. Тем не менее, мы будем использовать не среднюю, а максимальную длину ребра (наихудший интервал для данной точки). Это будет гарантировать нам реалистичную оценку пропусков в данных, устраняя фиктивное «улучшение ситуации» за счет статистического влияния чрезмерно близко расположенных точек (такая ситуация возникает при чрезмерно редком расположении строк сканирования (рис. 2)).

Для достижения «равновесия» между терминами «плотность» и «интервал» введем понятие «обратного номинального интервала» или $1/INS$, где INS — интервал. На основании этого можно ввести два производных термина:

- Номинальная частота измерений (НЧИ) — измеряется в точках на метр, является обратной величиной от номинального интервала. Так, если номинальная частота равна 2 точки/м, то номинальный интервал (максимальный интервал) равен 0,5 м.
- Номинальная плотность измерений (НПИ) — измеряется в точках на квадратный

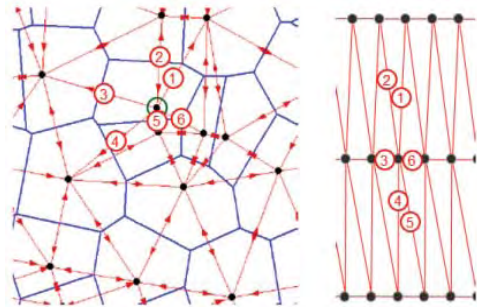


Рис. 2. Каждая черная точка соответствует точке на земной поверхности. Красными линиями показаны ребра треугольников, полученные в ходе построения триангуляции Делоне. Синие многоугольники — диаграмма Варонго. Пример взят из ASPRS, 2009. Справа — пример схемы сканирования, при которой расстояния между ТЛО внутри строки меньше расстояния между строками

метр, то есть число точек в пределах некоторой территории, деленное на площадь данной территории.

НЧИ, определяет возможность и качество обнаружения объектов, описания поверхностей, точность моделирования и т. п.

УСТРОЙСТВО ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА

Сегодня большинство лазерных сканирующих систем создаются с использованием всего двух типов механизмов отклонения луча: вращающегося граненого зеркала или качающегося зеркала. Очевидным преимуществом граненого зеркала является то, что его вращение происходит в одном направлении, постоянно и равномерно, что позволяет получать прямые параллельные строки сканирования на земной поверхности (рис. 3а). Достижимая скорость сканирования строк при этом весьма высока, что позволяет добиваться равномерного распределения точек в широком диапазоне высот и скоростей. Кроме того, низкие вибрации и слабые механические воздействия на отражающие поверхности позволяют добиваться более высокой точности измерений. Отрицательным моментом

является то, что часть импульсов лазера не покидает пределов инструмента, теряясь при определенной ориентации каждой грани.

Последняя особенность сильно отличает сканеры с граненым зеркалом от сканеров с качающимся зеркалом, где регистрируются все импульсы лазера. Учитывая, что съемка ведется с движущейся платформы, итоговое распределение точек на земной поверхности представляет собой «пилу» или синусоиду — в зависимости от используемой электронной схемы управления зеркалом. Обычно концентрация точек резко возрастает в районе крайних положений зеркала (на концах зубьев «пилы», рис. 3б), что может быть лишь частично устранено с применением даже самых изощренных механических и электронных решений.

Существует также целый класс инструментов, использующих один механизм отклонения луча, но при этом два и более луча для измерений дальности, которые испускаются под немного отличающимися углами (рис. 3б). Альтернативой этому является использование граненых зеркал с парами

граней, осуществляющих отражение под достаточно различными углами (рис. 3в). При этом в любой двухканальной системе каждый луч имеет свою схему распределения отражений на земной поверхности. В зависимости от типа механизма могут возникать желательные или нежелательные варианты взаимного наложения схем распределения ТЛО на земной поверхности, особенно на местности с выраженным рельефом.

В следующей части рассматриваются схемы расположения ТЛО при сканировании с использованием лазерных сканеров с различными типами механизма отклонения луча.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ИНСТРУМЕНТОВ

Сравнение параметров для трех типов лазерных сканеров приведены в табл. 1.

Не все параметры системы могут быть описаны независимо друг от друга. Есть два набора параметров зависящими значениями. Примеры таких пар: угол обзора и количество строк сканирования в секунду;

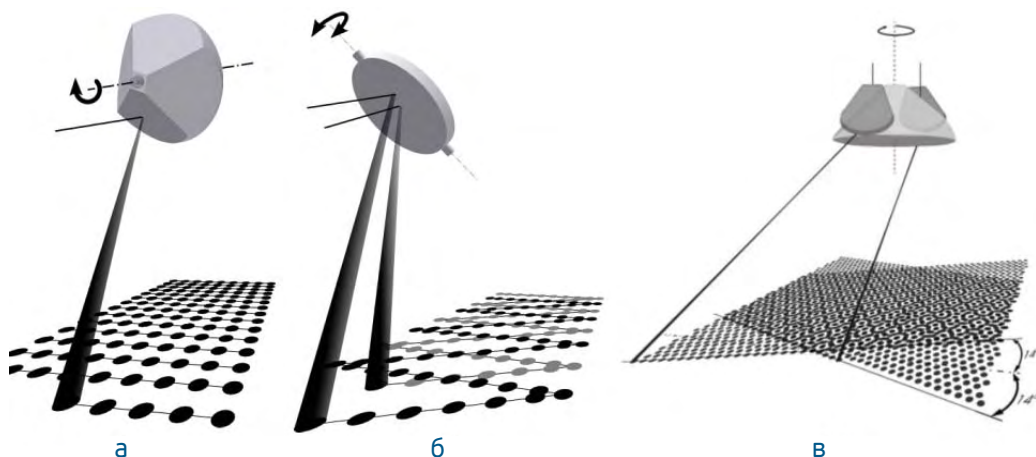


Рис. 3. Основные типы отклонения лазерного луча: а) вращающееся граненое зеркало в одноканальном лазерном сканере; б) двухканальный лазер и качающееся зеркало; в) вращающееся граненое зеркало с двухканальным лазером

	Сканер типа А	Сканер типа В	Сканер типа С
Тип механизма	Граненое зеркало	Качающееся зеркало	Качающееся зеркало
Число каналов	1	2	2
Высота полета, м	50–3000	150–3500	150–5000
Частота сканирования, кГц	100–400	2x40–2x250	2x50–2x250
Эффективная частота сканирования, кГц	66–266	80–500	100–500
Число импульсов в воздухе одновременно	>=12	2x2	—
Поле зрения, град.	0–60	0–75	0–75
Строк сканирования в секунду	10–200	0–2x200	0–2x280

Табл. 1. Характеристики беспилотных аэрофотосъемочных систем

максимальная высота полета, максимальная частота сканирования и допустимое количество импульсов, одновременно находящихся в воздухе.

Рассмотрим первый набор — количество строк сканирования в секунду и угол обзора.

Производительность сканера

У всех сканеров с качающимся зеркалом есть большая взаимосвязь между количеством строк сканирования (в секунду) и углом обзора. Далее мы будем рассматривать все лазерные сканеры исходя из того, что под строкой сканирования понимается движения луча от одной стороны полосы охвата до друго; что все примеры рассматриваются для одного канала, а взаимодействие лучей будет рассмотрено позднее.

На рис. 4 показана зависимость максимального количества строк сканирования и максимальной угловой скорости смещения лазерного луча от ширины охвата (в градусах). Сведения почерпнуты из открытых источников. У инструмента А обе вышеупомянутые характеристики совершенно не зависят от угла обзора. Аналогичные параметры для инструментов В и С наоборот очень сильно зависят от угла обзора.

Пусть частота сканирования равна PRR. Число строк сканирования в секунду (обозначим как LPS) напрямую связано с промежутками между строками сканирования (и ТЛО в этих строках) на земной

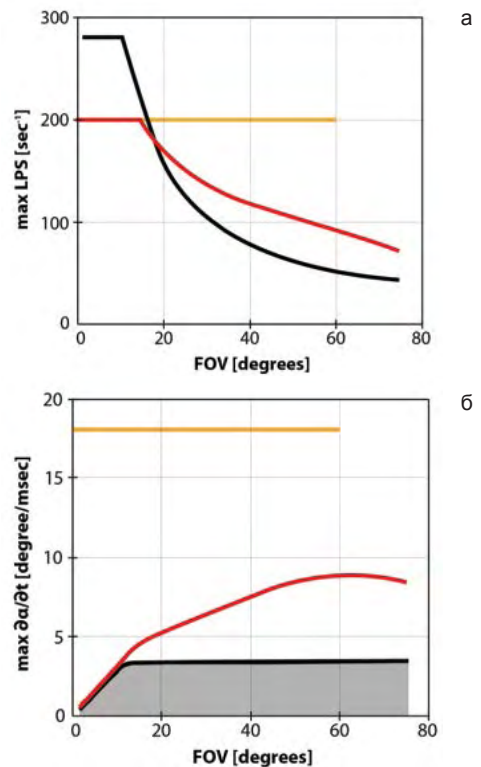


Рис. 4. а) зависимость числа строк сканирования в секунду (на один канал) от угла обзора (FOV) для трех типов сканеров — оранжевым цветом показан сканер с вращающимся граненым зеркалом (инструмент А), красным — инструмент с синусоидальной схемой сканирования (инструмент В), черным — инструмент с «пилообразной» схемой сканирования (инструмент С); б) максимальная угловая скорость сканирования и ее зависимость от угла обзора. Серым показана область возможных сочетаний этих значений для инструмента С

поверхности (величина b , см. выше), а угловая скорость — с промежутками между точками в пределах одной строки, как это показано на рис. 5. При скорости полета носителя АЛС равной V метров в секунду верно:

- Расстояние между строками сканирования: $B=V/LPS$.
- Угловая скорость сканирования равна $da/dt/PRR$.
- Расстояние между точками в строке: $A=R*da/dt/PRR$.

Предположим, что мы используем инструмент C , и хотим добиться работы на максимальной (250 кГц) частоте сканирования. Дивергенция луча для него составляет 0,35 мрад. Тогда для того чтобы избежать взаимного пересечения зон освещения лазерными импульсами («следов» лазера) в пределах строки сканирования для инструмента C потребуется угловая

скорость отклонения лазерного луча в 5 угловых градусов/1 мс. Однако максимум, на что он способен, — это 3 градуса/1 мс (рис. 4). Следовательно, этот инструмент на максимальной частоте сканирования не может обеспечить регистрацию ТЛО, лазерные «следы» которых не перекрываются.

Большое количество строк сканирования в секунду при малом угле обзора может быть востребовано при выполнении некоторых специфических задач. К сожалению, узкие углы обзора не приводят к увеличению угловой скорости сканирования, поскольку на краю строки сканирования качающееся зеркало должно остановиться, а потом двинуться назад с возрастающей скоростью. В тех местах, где зеркало меняет направление своего движения, степень наложения точек друг на друга исключительно велика.

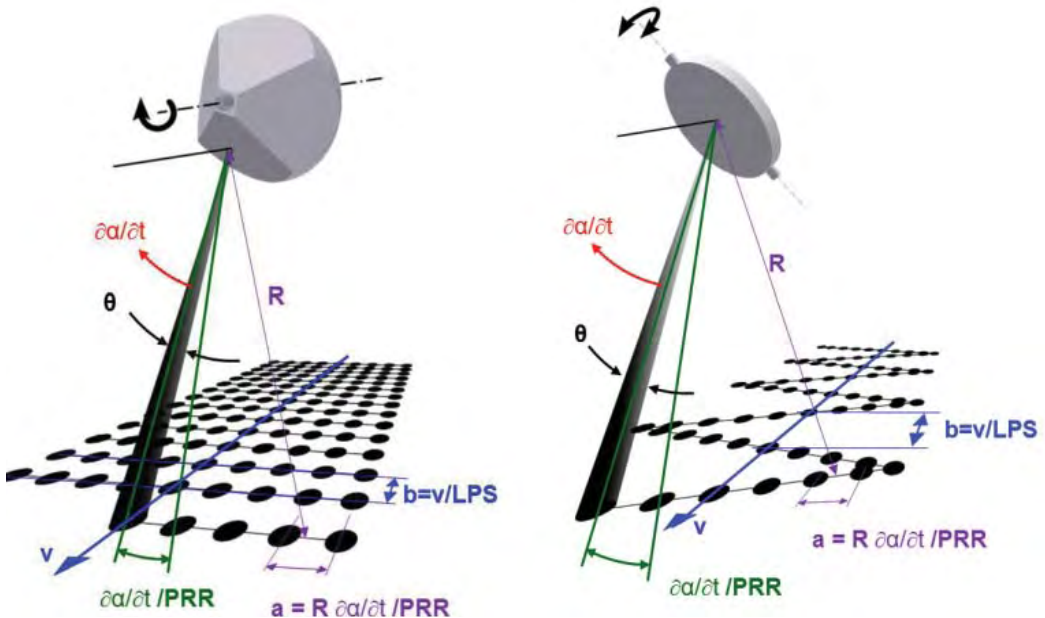


Рис. 5. Расстояние между точками в строке и расстояние между строками сканирования для сканера с вращающимся граничным зеркалом (слева) и качающимся зеркалом (справа)

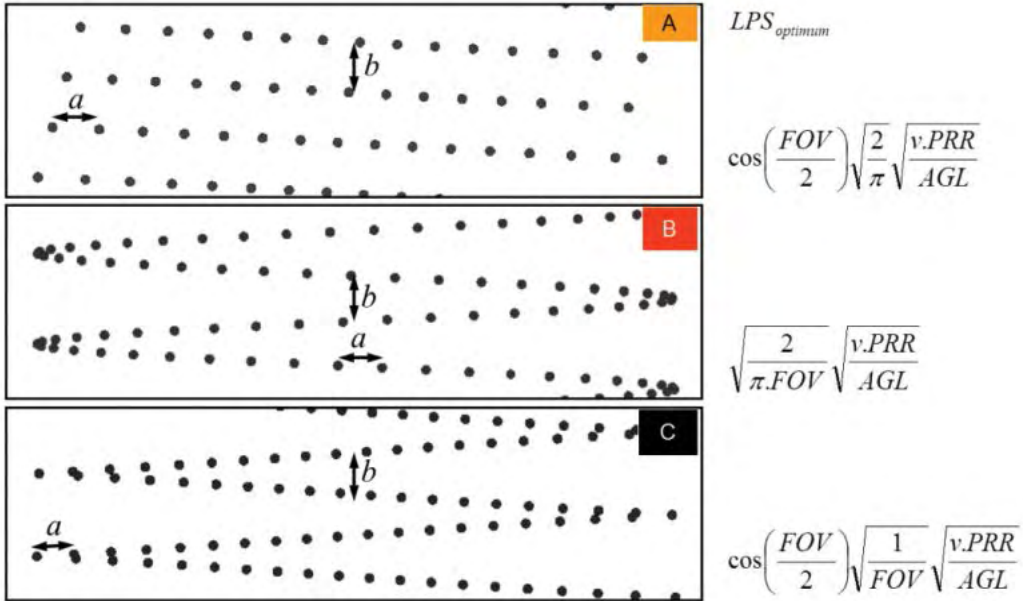


Рис. 6. Слева — схемы сканирования для трех типов инструментов (для инструментов В и С схема приведена в одноканальной конфигурации). Справа — уравнения, вычисляющие оптимальное количество строк сканирования в секунду. Уравнение для инструмента А верно при наличии 4 грани в зеркале

Для достижения равномерного распределения ТЛО в строке и между строк обычно подбирают наиболее оптимальное сочетание параметров съемки (высота полета, скорость, частота сканирования точек и строк). Схемы сканирования для каждого инструмента показаны на рис. 6. Рядом прилагается уравнение, используя которое можно определить оптимальное количество строк сканирования для каждого типа инструментов. Наибольшая равномерность для инструментов А и С достигается при равенстве расстояния между строками в середине строки (переменная В) и между точками в строке на краю строки (переменная А). Для инструментов типа В значение переменной А берется для середины строки. В данном рассуждении мы также исходим из того, что взаимодействие между отдельными

каналами многоканальных лазеров идеально и позволяет оптимально заполнять пропуски в данных друг друга (для инструментов В и С). При использовании только одного канала в инструментах В и С максимальная дистанция между точками на краях полосы охвата будет равняться 2б. Кроме того, у систем с качающимся зеркалом из-за низкой частоты строк на больших углах охвата оптимальное число строк сканирования в секунду, которое получается из уравнений, представленных на рис. 6, может быть технически недостижимо.

Инструменты В и С производят одновременные измерения в немного разных направлениях. Поскольку импульсы от обоих каналов отражаются одним и тем же зеркалом, необходимо разделить их по направлениям, в которых они излучаются. Каждый

канал создает свой рисунок строки ТЛО на земной поверхности.

Упрощенно, каждый канал, отклоняя луч, описывает на земле «волну» с некоторым периодом; при этом на оптимальность распределения ТЛО влияет фазовый сдвиг колебаний этих волн (рис. 7). В идеале сдвиг фаз должен составлять половину периода колебания зеркала. На практике реальный фазовый сдвиг между двумя каналами зависит от большого количества причин — скорости, высоты над землей и частоты строк сканирования. Для плоской поверхности оптимальный подбор параметров, влияющих на сдвиг фаз, возможен. В горных участках или просто в случае расчлененного слабохолмистого рельефа условие оптимально фазового сдвига не может быть выполнено — при смене высоты полета

будут происходить постоянные непрогнозируемые изменения от относительно оптимального до весьма неоптимального фазового сдвига.

Диаграмма производительности

Диаграмма производительности позволяет рассчитать максимальную частоту сканирования для заданной высоты, свойств сканируемой поверхности и атмосферных условий. Диаграмма производительности, представленная на рис. 8, соответствует углу сканирования 40° , 90% вероятности детектирования отражения, 10% альбедо (коэффициент отражения) поверхностей сканируемых объектов, и видимости 23 км. Производительность напрямую зависит от конкретного лазера; для двухканальных лазеров все выкладки относятся к одному каналу.

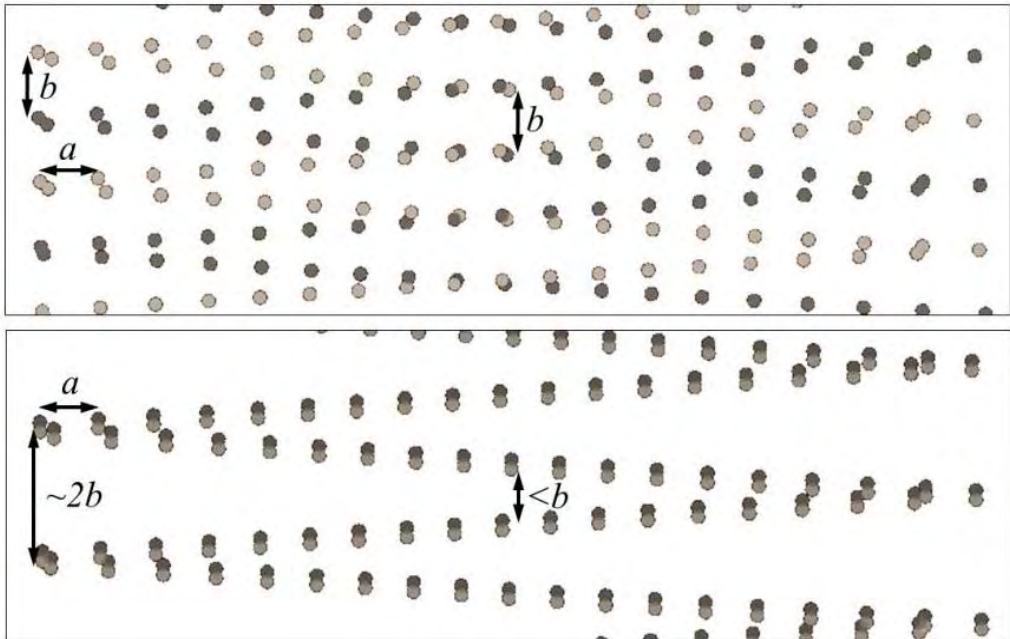


Рис. 7. Схема взаимодействия двух каналов лазерного сканера (типы В и С): пример оптимального фазового сдвига ТЛО с двух каналов, показаны серым и черным цветом (сверху); неприемлемый вариант фазового сдвига, когда сдвиг очень мал, а максимальный разрыв в данных достигает $2b$ (снизу)

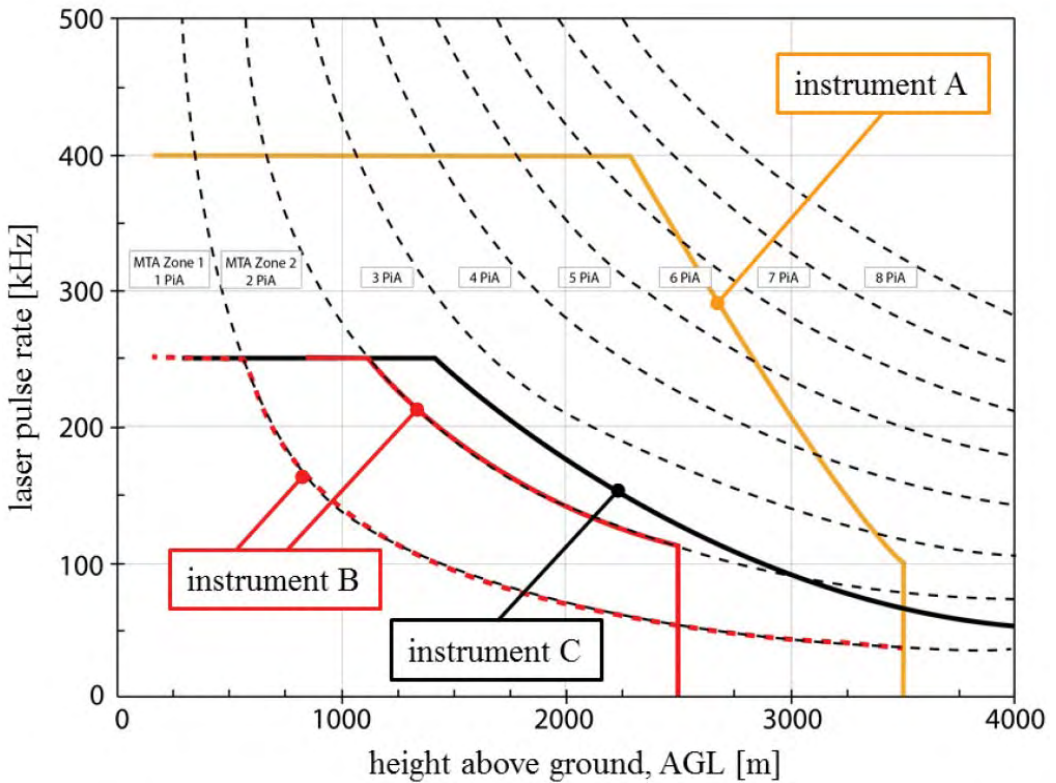


Рис. 8. Диаграмма производительности трех сканирующих систем (данные приведены на 1 канал). Обозначения: оранжевый — инструмент А, до 12 импульсов в воздухе; красный пунктир — инструмент В в режиме 1 импульс в воздухе; красный сплошной — инструмент В в режиме 2 импульса в воздухе; черный сплошной — инструмент С; черный пунктир — границы МТА-зон

Например инструмент А может работать до высоты 2300 м над рельефом на максимальной частоте сканирования в 400 тыс. точек в секунду (400 кГц). На больших высотах энергии лазерного импульса уже недостаточно, чтобы давать отражение от объектов, отражающих 10% излучения (с альбедо 10%). Снижая частоту сканирования, можно добиться роста мощности каждого отдельного импульса, доводя при этом высоту сканирования до 3500 м на частоте 100 кГц.

Диаграмма отчетливо показывает преимущество наличия нескольких импульсов в воздухе одновременно. Эта особенность

позволяет инструменту А полностью реализовать свой потенциал высокой частоты сканирования, получая данные с большой высоты также быстро, как и с малой высоты. Более того, инструмент А обладает способностью получать данные, относящиеся к разным МТА-зонам в рамках одного прохода, без перенастройки инструмента (эта функция реализуется в режиме постобработки). Это сильно контрастирует с инструментами В и С, которые требуют тщательнейшего планирования залета, обеспечивая постоянное пребывание сканируемых объектов в пределах только одной МТА-зоны (рис. 9).

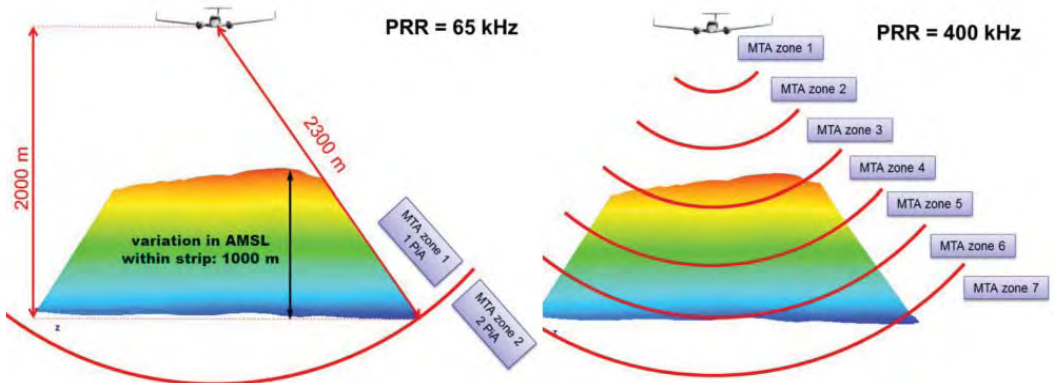


Рис. 9. Пример сравнения двух лазерных сканеров с различным числом МТА-зон и влияние на максимальную частоту сканирования. Слева: для обеспечения попадания всех точек на территории с перепадом высот в 1000 м при работе с инструментами В и С необходимо снижение частоты сканирования до 65 кгц (65 000 точек в секунду). Справа: инструмент А, позволяющий работать в режиме, когда разные точки территории попадают в разные МТА-зоны (с 3-й по 7-ю), обеспечивает максимальную скорость сканирования (400 кгц)

СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Проанализируем теперь плотность точек, интервал и характер распределения ТЛО в сложных условиях горного рельефа с использованием инструментов А и С. Вводные условия — прямолинейный полет со скоростью 140 узлов (около 260 км/ч), высота полета над рельефом колеблется от 1000 до 2000 м из-за гористой местности. На рис. 10 показан пример внешнего вида рельефа, приведенного в данном примере (из-за гористости местности).

Воздушное лазерное сканирование в горах — нетривиальная задача. Обычной практикой здесь является съемка с планированием небольшой ширины охвата и следование высотам рельефа, что позволяет вести сканирование с относительно высокой плотностью. Небольшая ширина съемки диктуется необходимостью оставаться в пределах одной МТА-зоны. Однако такой подход существенно снижает съемочную производительность (измеряется в кв. км на 1 летный час), что влечет удорожание стоимости получения данных.

Инструмент А дает нам возможность работать одновременно в разных МТА-зонах, не меняя высоту полета вслед за рельефом. Это кардинальным образом меняет производительность, позволяя существенно уменьшить летное время.

Однако полет на разных относительных высотах (от 1000 до 2000 м в данном примере) приводит к довольно сильному изменению плотности интервала точек в пределах полосы сканирования, при этом все три инструмента обеспечивают очень разное качество.

Для инструментов В и С эксплуатация в условиях сильно расчлененного рельефа представляет сложность, поскольку постоянная смена дистанции до объекта (то есть до земной поверхности) не позволяет сколько-нибудь эффективно выполнить фазовый сдвиг между каналами, причем этот эффект наблюдается не только по всему полю данных, но может иметь место даже в пределах одной строки сканирования.

Более того, частота сканирования инструментов В и С должна быть довольно сильно снижена, чтобы гарантировать попадание всех участков сканирования в пределах

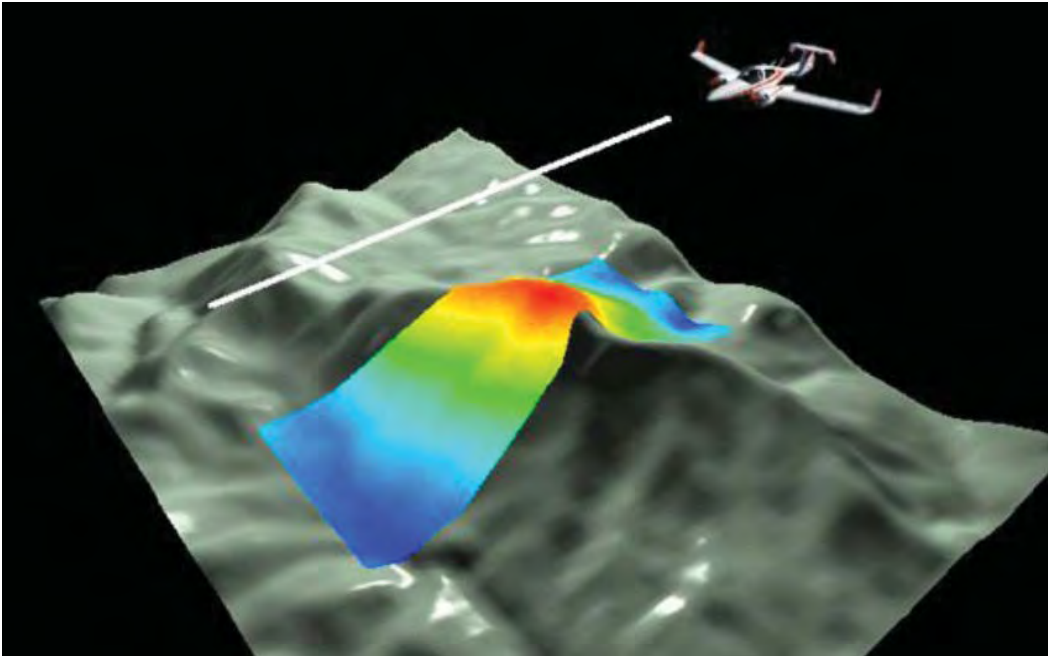


Рис. 10. Пример цифровой модели рельефа и наложения на нее данных, полученных с инструмента А. Цветом показана абсолютная высота каждой точки

полосы съемки в одну и ту же МТА-зону, поскольку на высоких частотах сканирования «глубина» МТА-зоны просто меньше перепада высот на рельефе.

Табл. 2 и рис. 11 иллюстрирует получаемые результаты для всех трех инструментов, показывая характеристики данных в надире и по краям полосы охвата. На рисунках также приведены примеры наилучшего и наихудшего из возможных вариантов распределения ТЛО на земной поверхности. Для инструмента С даже наиболее оптимальный из возможных вариантов весьма далек от идеального результата.

КАЧЕСТВО ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ОБЪЕКТА

Для того чтобы продемонстрировать принципиальную важность равномерного

распределения ТЛО, проведем виртуальное «сканирование» искусственно созданного объекта, расположенного недалеко от края полосы сканирования, с использованием каждого из трех инструментов. Чтобы понять, о чем идет речь, нужно взглянуть на рис. 12.

На рис. 12 показан пример цветового кодирования высоты ТЛО, полученный при сканировании небольшого сельского дома (см. перспективные изображения). Аналогичная схема представления высоты ТЛО цветом использована и на рис. 13, где изображен виртуальный объект (синий — ниже, красный — выше).

Теоретически, пространственная частота сканирования должна быть как минимум в два раза выше пространственной частоты объекта (то есть самых мелких деталей).

	Сканер типа А	Сканер типа В	Сканер типа С
Высота над поверхностью земли, м	2000	2000	2000
Угол охвата, град.	60	60	60
Частота сканирования (эффективная), кгц	1 x 266 000	2 x 63 000	2 x 66 000
Число строк сканирования в секунду	1 x 83	2 x 37	2 x 41
Интервал А между ТЛО (между точек в строке), м	0,87	1,94	1,74
Интервал В между ТЛО (между строк сканирования), м	0,87	4,32	3,50
Средняя плотность сканирования (в полосе охвата), ТЛО/м ²	1,3–3,5	0,5–1,9	0,9–2,6

Табл. 2. Полученные результаты для трех типов инструментов

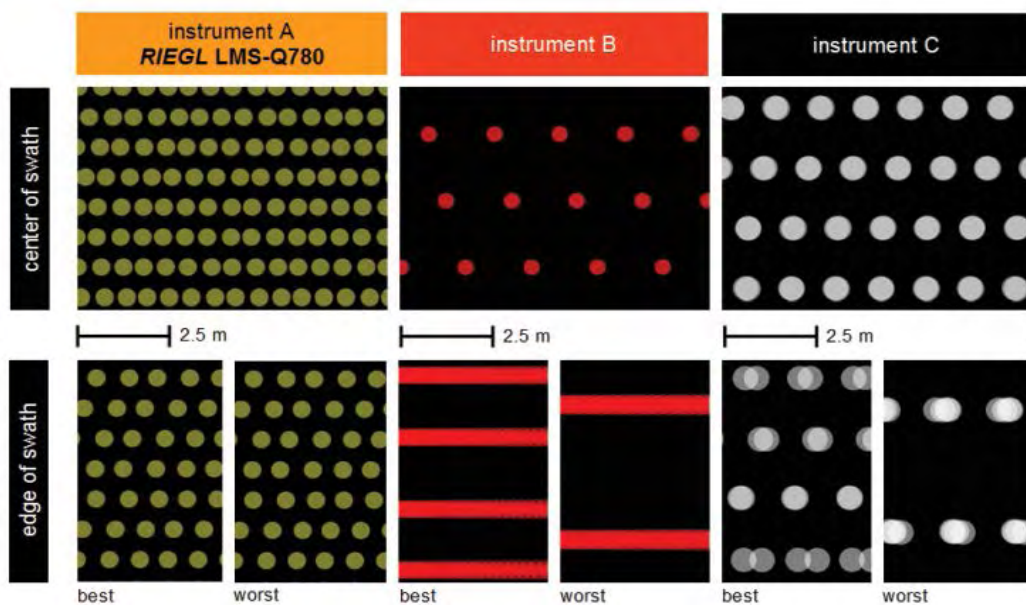


Рис. 11. Распределение ТЛО посредством оптимизации съемочных параметров (симуляция для горной и/или холмистой местности)

Это является необходимым условием описания формы объекта и его распознавания. И хотя плотность сканирования у всех инструментов еще хоть как-то сопоставима, реальное качество описания формы объекта у разных инструментов отличается принципиально. И если ТЛО, полученные при сканировании виртуальной надписи «PHOWO» инструментом А полностью

читаемы, то данные инструментов В и С совершенно не позволяют хотя бы отдаленно предположить истинную форму объекта.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СЪЕМКИ

Для ответа на вопрос, как быстро тот или иной инструмент может производить

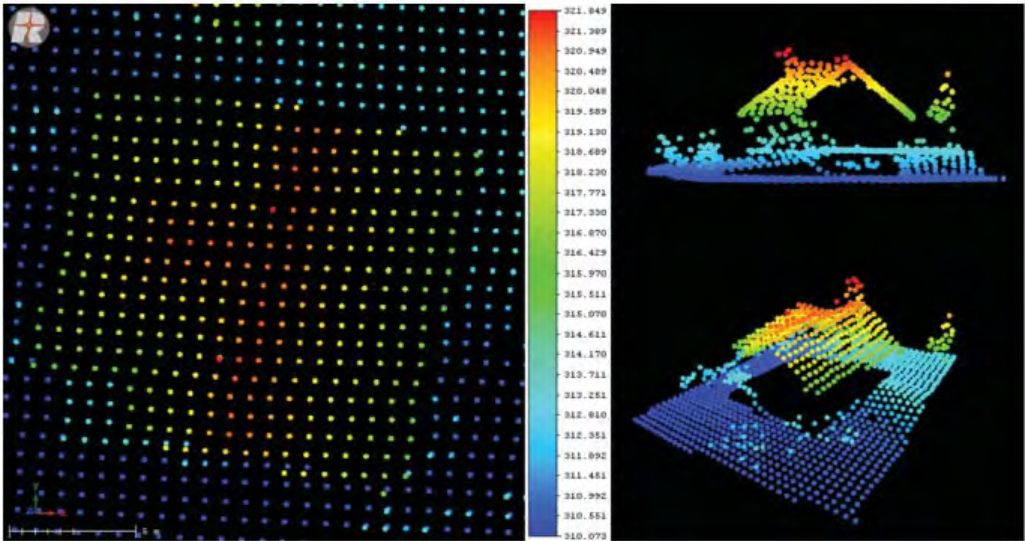


Рис. 12. Практический пример сканирования объекта с использованием инструмента А. Слева — вид здания сверху, цветом показана высота (синий — ниже, красный — выше). Справа — перспективный вид этого же здания, представленного в виде отражений лазерного сканера

лазерное сканирование с заданным качеством, рассмотрим несколько диаграмм зависимости пространственной частоты ТЛО (величина, обратная номинальному интервалу ТЛО) и производительности съемки. Производительность съемки обычно измеряется в площади, покрываемой съемкой с требуемыми параметрами за 1 час при сканировании в 1 проход (без учета перекрытий проходов). Для инструментов В и С мы следовали обычной практике, при которой все измерения по краям полосы съемки просто отрезаются в полном соответствии с рекомендациями производителей.

На рис. 14, слева, показана подобная диаграмма для инструмента А. К примеру, если пространственная частота сканирования составляет 4 точки/1 м, то есть номинальный интервал оставляет около 0,25 м, то в этом случае максимальная производительность составит около 33 кв. км/ч. Такая производительность

может быть достигнута при разных сочетаниях высоты и скорости полета (с применением инструмента А), что позволяет подобрать оптимальное соотношение, исходя из особенностей самолета или погодных условий. Диаграмма также хорошо показывает зависимость падения скорости сбора данных при увеличении пространственной частоты сканирования. На рис. 14 справа показана аналогичная зависимость, но уже для двух инструментов А и В (для плоской территории). Производительность инструмента С значительно хуже, чем у инструмента В, поэтому мы не включили его в данный рисунок.

В диапазоне производительности от 20 до 200 кв. км/ч. в час различия между инструментами А и В невелики. Тем не менее, система А с эффективной частотой сканирования 266 000 точек в секунду превосходит по фактической производительности систему с 500 000 точек в секунду, обеспечивая 10% превосходство в части интервалов

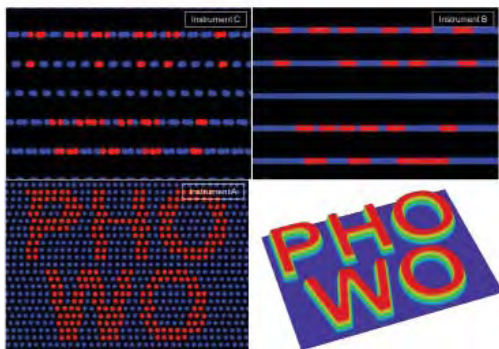


Рис. 13. Пример сканирования объекта искусственного происхождения посредством имитации ТЛО. Красным цветом показаны более выпуклые участки, синим — менее выпуклые, черным — отсутствие отражений. Слева сверху — пример распределения ТЛО, полученных инструментом С. Справа сверху — то же, инструментом В. Слева внизу — инструмент А (справа внизу).

между точками или 20% превосходство в скорости (и в стоимости!) съемки. При производительности более 200 кв. км/ч. и работе с больших высот преимущество инструмента А быстро возрастает, поскольку он может работать, не снижая частоты с таких высот, на которых инструмент В уже должен понижать скорость сканирования, чтобы оставаться в пределах одной МТА-зоны.

При производительности 600 кв. км/ч. превосходство инструмента А над инструментом В выше в 1,6 раза в части номинального интервала между точками и в 2 раза — в производительности (при равных номинальных интервалах между ТЛО).

Аналогичная картина наблюдается и в левой части диаграммы при очень высоких плотностях сканирования, когда качающееся зеркало не обеспечивает нужной частоты строк сканирования. В этих условиях превосходство инструмента А над инструментом В составляет 1,8 раза.

На холмистых территориях, под которыми понимаются территории с различиями по высоте 200 м и более в пределах одного прохода, требование оптимального

фазового сдвига между разными каналами лазеров для инструментов В и С не может быть обеспечено по всей ширине полосы сканирования, и потому параметры полета должны оптимизироваться по-другому (см. раздел «Производительность сканера»). В этом случае $a=b/2$ (вместо $a=b$ для плоских территорий). На рис. 15 показана достижимая производительность съемки. В этом случае различия лишь возрастают: инструмент А оказывается в 2,6 раза производительнее инструмента В; при равной производительности инструмент А обеспечивает в 1,6 раза меньший пространственный интервал.

В горных районах, под которыми понимаются территории с различиями по высоте 1000 м и более в пределах одного прохода, ситуация для инструмента В, вынужденного в этом случае работать в одной МТА-зоне с пониженной частотой, выглядит наихудшим образом. Инструмент А превосходит его в 8 раз по производительности или в 2,7 раза по пространственной частоте (интервалу между ТЛО).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вся информация, получаемая лазерным сканером о территории, ее рельефе, растительности и строениях, складывается исключительно из отдельных, дискретных измерений. Пространственное разрешение при этом фундаментально ограничено дискретностью измерения дальности лазерного дальномера и диаметром лазерного луча на земной поверхности. В большинстве случаев эти ограничения не достигаются, поскольку на практике дистанция между отдельными точками лазерных отражений обычно больше диаметра лазерного луча.

Однако наиболее важно, как в действительности распределяются эти лазерные отражения, или ТЛО, на поверхности

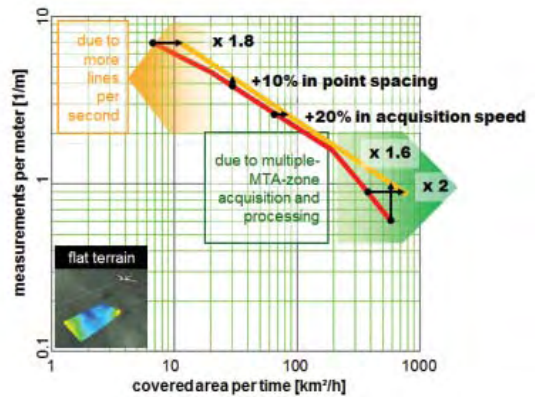
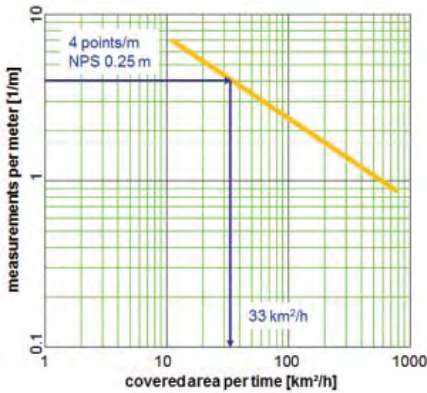


Рис. 14. Взаимосвязь плотности сканирования (точек на 1 кв. м) и съемочной производительности. Слева — для инструмента А. Справа — для пары инструментов: А (оранжевый) и В (красный), сканирование плоской территории

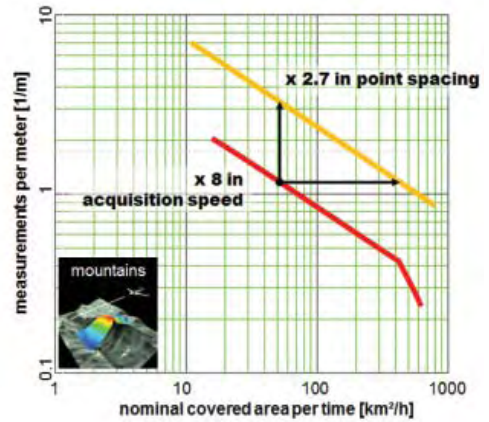
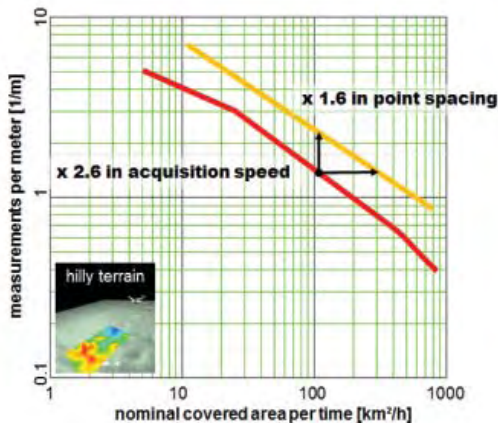


Рис. 15. Взаимосвязь плотности сканирования (точек на 1 кв. м) и съемочной производительности для пары инструментов: А (оранжевый) и В (красный). Слева — для холмистого рельефа; справа — для горного рельефа

объектов. Именно пространственное распределение ТЛО принципиально влияет на возможность получения информации о наземных объектах и их распознавания в облаках ТЛО, полученных в ходе залета.

В данной статье мы постарались продемонстрировать превосходство в производительности съемки и в плотности сканирования систем с вращающимся

граненым зеркалом над системами с качающимся зеркалом. Данное превосходство достигается несмотря на более низкую максимальную частоту сканирования и меньшее количество каналов лазерного излучения, давая не только больший объем в единицу времени, но и большую плотность при равномерном распределении ТЛО.



ПОИСК СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ* catalog.sovzond.ru

* Поиск спутниковых снимков по космическим аппаратам: QuickBird, WorldView-1, WorldView-2, WorldView-3, Ikonos, GeoEye, Pleiades, RapidEye, Alos, Deimos-1, TerraSAR, Монитор-Э, Ресурс-ДК, Ресурс-Ф и др.



Компания «Совзонд»

115563, Москва, ул. Шипиловская, 28А

Тел.: +7(495) 642-8870, 988-7511, 988-7522

Факс: +7(495) 988-7533

E-mail: sovzond@sovzond.ru

О. А. Алипбеки (АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары», Казахстан)

В 1972 г. окончил факультет агрохимии и почвоведения Казахского сельскохозяйственного института. В настоящее время — директор Центра геоинформационных технологий АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары». Доктор биологических наук, профессор, академик Казахстанской национальной академии естественных наук.

Т. М. Мырзагалиев (АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары», Казахстан)

В 2007 г. окончил землеустроительный факультет Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. В настоящее время — главный специалист отдела тематической обработки Центра геоинформационных технологий АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары».

Контроль и мониторинг изменений инфраструктуры города Астаны по космическим данным ДЗЗ со спутника KazEOSat-1

Астана — современный, развивающийся быстрыми темпами город. На пути преобразования из обычного города в столицу Астана перешла к устойчивому развитию всех современных направлений в градостроительстве, экономике и социальной сфере, охране окружающей среды, распределении объектов производственных зон и инженерной инфраструктуры.

Анализ развития инфраструктуры города Астаны непосредственно связан с новыми возможностями при использовании данных дистанционного развития Земли (ДЗЗ) с национальных космических аппаратов, что непосредственно способствует решению следующих задач:

- планированию городской инфраструктуры (строительство, благоустройство дорог, промышленных объектов, ЖКХ и т. д.);
- составлению топографических и тематических карт масштаба 1:5000, 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:10 0000;

- ведению городского и земельного кадастра;
- изменению гидрологического режима;
- выявлению техногенных воздействий на окружающую среду (твердые бытовые отходы, промышленные отходы, золоотвалы);
- постоянному мониторингу рационального использования природных ресурсов региона;
- мониторингу эффективности недропользования;
- мониторингу, профилактике и устранению последствий чрезвычайных ситуаций природного характера (паводки, пожары);
- мониторингу динамики изменения в городской застройке на основе архивных снимков разных лет;
- планированию работ по комплексному благоустройству и озеленению территории;
- проведению презентаций с использованием космических снимков (бизнес-план, проекты, деловые встречи).

Использование космической информации позволило реализовать проект по

созданию цифрового топографического плана в масштабе 1:10 000 города Астаны с нанесением действующих строений и сооружений, промышленных и сельскохозяйственных объектов, наземных и подземных коммуникаций, автомобильных и железных дорог, гидрографии, растительности и грунтов (рис. 1).

Технология создания цифрового топографического плана включала следующие виды работ: редакционно-подготовительные работы; фотограмметрическую обработку данных ДЗЗ; создание рельефа местности; дешифрирование и векторизацию данных ДЗЗ; создание цифрового топографического плана; контроль качества и корректировку данных. После выполнения всех процедур была получена база геоданных города Астаны. Данная модель цифрового топографического плана применяется для обеспечения проведения кадастровых работ в разработке перспективного плана развития и районирования города Астаны.

Данные ДЗЗ являются источником достоверной и комплексной информации об объектах и процессах на территории страны и позволяют оперативно отслеживать факты изменения объектов недвижимости по состоянию на определенную дату. Космический мониторинг позволяет обнаружить самовольно захваченные земельные участки, незаконные постройки объектов и выявить нецелевое использование земель.

В рамках оказания услуг по договору с Генеральной прокуратурой Республики Казахстан были проведены работы по выявлению нарушений границ лицензионных участков недропользования, фактов самозахвата земельных участков, незаконных вырубок на территории агломерации Астаны, а также выявление незаконных застроек и взрывоопасных объектов вблизи столичного аэропорта. Основной задачей являлось обнаружение несоответствий и изменений в результате нелегальной хозяйственной деятельности объектов мониторинга для

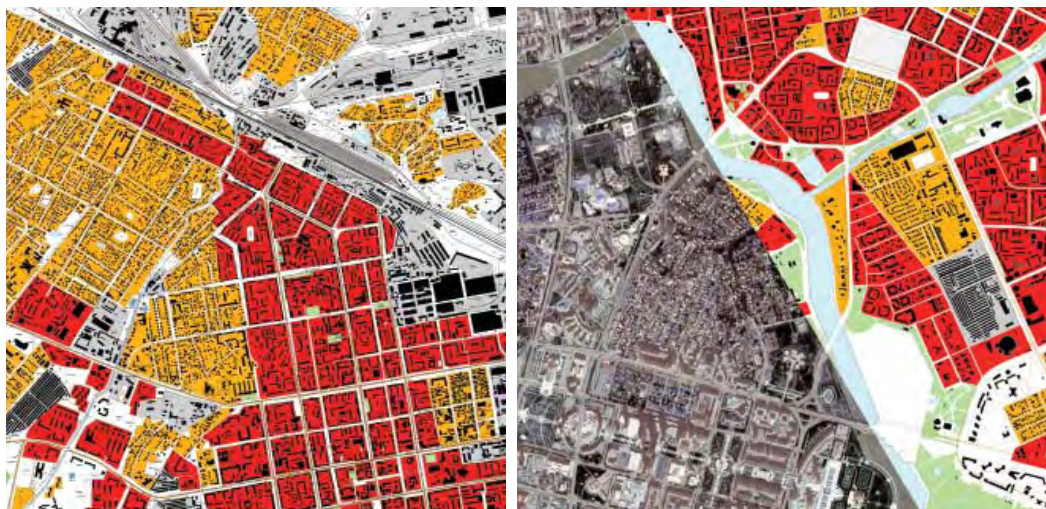


Рис. 1. Астана. Цифровая модель топографического плана, созданного по снимкам со спутника KazEOSat-1

своевременного проведения профилактических и надзорных работ.

В результате мониторинга с использованием космических снимков со спутника KazEOSat-1 и путем совмещения баз кадастровых данных на прилегающие территории города Астаны были обнаружены (рис. 2):

- незаконно построенные объекты недвижимости, нецелевое использование земель, а также самовольный захват территории;
- нарушение границ лицензионных участков недропользования;
- выявление объектов в пределах четырехкилометровой зоны от контрольной точки аэропорта, взрывоопасные объекты (АЗС, цистерны) и электрическая подстанция.

С наступлением весеннего периода особое значение придается мониторингу затопления паводковыми водами потенциальных участков рек Есиль и Нура, а также контролю уровня воды в близлежащих водоемах.

Чрезвычайные ситуации, вызванные затоплениями, парализуют хозяйственную и производственную деятельность, вызывают разрушения транспортной и телекоммуникационной инфраструктур, что часто парализует органы управления города. Оперативная космосъемка обеспечивает получение информации о ситуации и масштабах явления, что позволяет своевременно спланировать адекватные действия (рис. 3).

На сегодняшний день в Астане реализуется множество инвестиционных проектов, одним из наиболее масштабных является предстоящая международная выставка ASTANA EXPO-2017.

Отслеживать ход строительства можно по разновременным космическим снимкам KazEOSat-1, получаемым на систематической основе. Космические снимки позволяют зафиксировать этапы строительства объекта, оценить экологическое состояние территории и получить актуальную информацию о благоустройстве участка строительства (рис. 4).



Рис. 2. Космические снимки со спутника KazEOSat-1



Рис. 3. Паводковая ситуация в Акмолинской области, с. Аганас

Таким образом, по мере широкого распространения геоинформационных технологий и спутниковой навигации в Казахстане ценность использования данных ДЗЗ и осознание их реальной

значимости постоянно повышаются, а их использование в разных областях деятельности расширяется ускоренными темпами. С запуском национальной космической системы ДЗЗ также появилась возможность получения достоверных и оперативных данных в ходе мониторинга водных ресурсов, экологической обстановки, состояния лесного хозяйства, дорожной инфраструктуры, нефтегазового сектора и земель сельскохозяйственного назначения. Инфраструктурный подход в мониторинге градостроительной деятельности, а также последствий урбанизации на основе оперативного космического мониторинга и геоинформационных технологий, является показателем успешности реализованных проектов. Применение данных ДЗЗ национального спутника KazEOSat-1 обосновано и для эффективного регионального управления.



Рис. 4. Территория выставки ASTANA EXPO-2017. Даты съемки: а) 02.05.2014 г.; б) 28.08.2014 г.; в) 20.08.2015 г.

СКАЧИВАЙТЕ БЕСПЛАТНОЕ МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ



Удобно

----- Доступно в -----



Оперативно



Доступно



+7 (495) 988-7511
geomatrica.ru



Д. В. Мозер (КарГТУ, Казахстан)

В 2001 г. окончил Карагандинский государственный технический университет (КарГТУ) по специальности «Маркшейдерское дело». В настоящее время — старший преподаватель кафедры маркшейдерского дела и геодезии (МДиГ) КарГТУ, директор ТОО «НТЦ «KazGeoScan». Кандидат технических наук.

Н. И. Гей (КарГТУ, Казахстан)

В 2013 г. окончила КарГТУ по специальности «Геодезия и картография». В настоящее время — научный сотрудник ТОО «НТЦ «KazGeoScan». Магистр технических наук.

А. Д. Каранеева (КарГТУ, Казахстан)

В 2006 г. окончила КарГТУ по специальности «Физика». В настоящее время — преподаватель кафедры МДиГ КарГТУ, научный сотрудник ТОО «НТЦ «KazGeoScan». Магистр технических наук.

А. С. Туякбай (КарГТУ, Казахстан)

В 2008 г. окончила КарГТУ по специальности «Горное дело». В настоящее время — старший преподаватель кафедры МДиГ КарГТУ, научный сотрудник ТОО «НТЦ «KazGeoScan». Магистр технических наук.

А. А. Нагибин (КарГТУ, Казахстан)

В 2011 г. окончил КарГТУ по специальности «Маркшейдерское дело». В настоящее время — преподаватель кафедры МДиГ КарГТУ, научный сотрудник ТОО «НТЦ «KazGeoScan». Магистр технических наук.

Н. Д. Доненбаева (ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Казахстан)

В 2010 г. окончила КарГТУ по специальности «Маркшейдерское дело». В настоящее время — преподаватель кафедры «Геодезия и картография» Евразийского национального университета (ЕНУ) им. Л. Н. Гумилева. Магистр технических наук.

Космический радарный мониторинг смещений земной поверхности на территории города Караганды

ТОО «Научный технический центр «KazGeoScan» (Республика Казахстан) в 2014 году выполнил работы по мониторингу деформаций земной поверхности на территории Карагандинского угольного бассейна на основе радарных данных со спутника COSMO-SkyMed (Италия) [1, 2]. Обработка космических снимков производилась в программном модуле ENVI SarScape.

НТЦ «KazGeoScan» основан в 2014 году на базе кафедры маркшейдерского дела и геодезии Карагандинского государственного технического университета.

Центр осуществляет деятельность по предоставлению высокоточного прогноза состояния земной поверхности больших по площади территорий на

основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), выполняет геотехнические расчеты оседаний земной поверхности, а также наземный контроль нивелированием и посредством измерений глобальными навигационными спутниковыми системами GPS. Центр оснащен современным оборудованием необходимым для проведения работ. Имеется программный комплекс ENVI для тематической обработки данных ДЗЗ, поставленный компанией «Совзонд», а также дополнительный модуль SARscape Interferometry + Interferometry Stacking для обработки радарных космических снимков.

Основной задачей «KazGeoScan» является внедрение методики космического

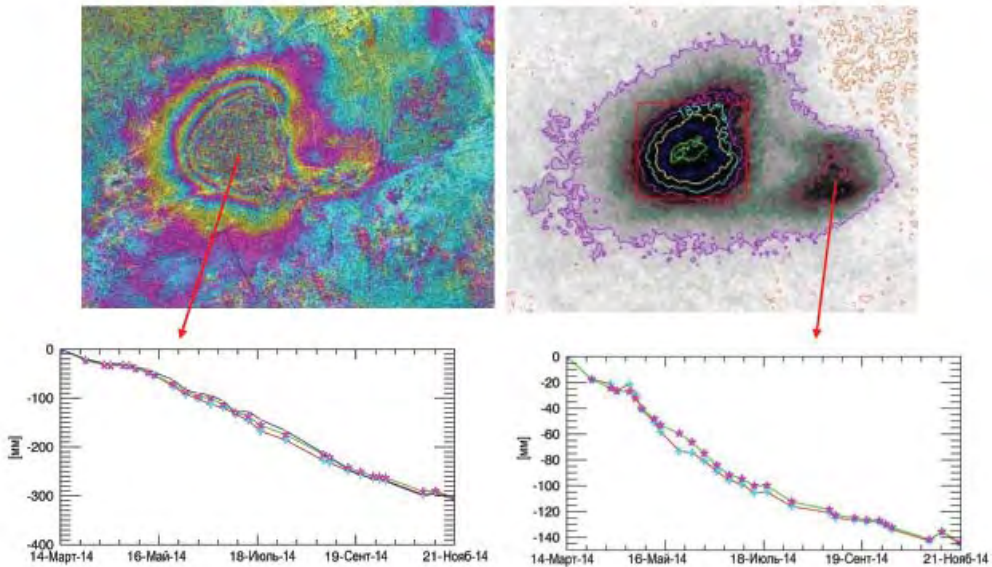


Рис. 1. Оседания в районе ведения работ на шахте имени Т. Кузембаева за период с марта по ноябрь 2014 г.

радарного мониторинга для определения зон оседаний и деформаций земной поверхности.

На территории города Караганды в течении 2014 года происходила интенсивная добыча угля. Данные работы привели к оседаниям земной поверхности на территориях вблизи шахт Саранская, Костенко, Абайская и Т. Кузембаева (рис. 1).

В 2014 году сотрудники «KazGeoScan» в течение 6 месяцев проводили систематические инструментальные наблюдения с использованием оптического нивелира на территории шахты имени Т. Кузембаева [3, 4]. Проведенное исследование показало, что величина оседаний по наземному мониторингу и спутниковой радарной интерферометрии хорошо коррелируют.

В результате обработки данных по методу постоянных рассеивателей в районе шахты имени Т. Кузембаева была получена карта точек оседаний (рис. 2).

По результатам обработки данных в районе выемки угля выявлены мульды оседаний, которые отображены синим цветом. В районах, прилегающих к мульде оседаний, не происходила добыча, поэтому там наблюдается небольшое поднятие земной поверхности (около 20 мм).

Другой проект по мониторингу смещений и деформаций здания главного корпуса КарГТУ был выполнен в программном комплексе ENVI SARscape по данным 28-проходной цепочки снимков со спутника COSMO-SkyMed за период с марта по ноябрь 2014 года.

В ходе обработки космических снимков были выявлены небольшие деформации некоторых конструкций на территории главного корпуса КарГТУ, связанные с сезонностью проведения съемки (рис. 3). В целом здание главного корпуса КарГТУ находится в устойчивом состоянии. Результаты обработки

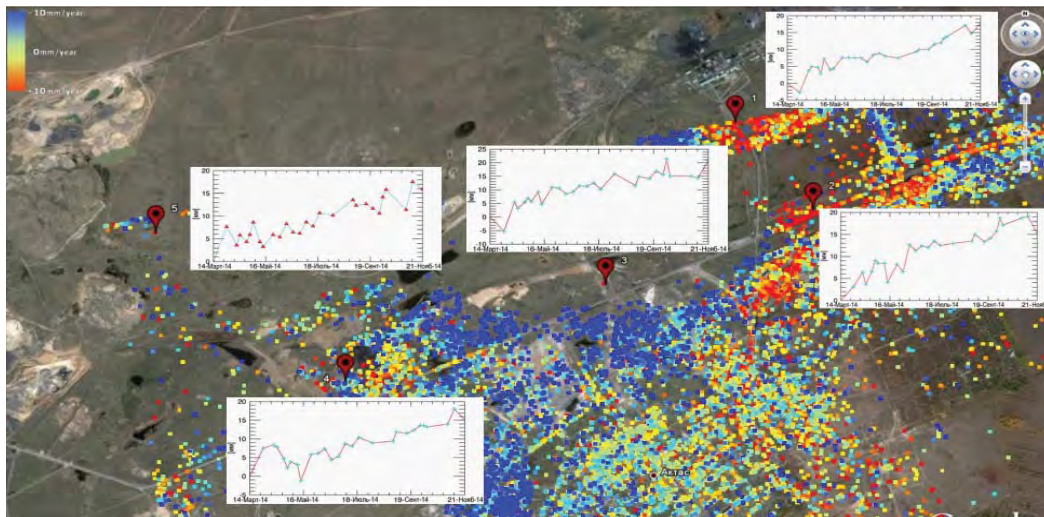


Рис. 2. Карта оседаний подработанных территорий в районе шахты имени Т. Кузембаева, выявленных с использованием технологии постоянных рассеивателей

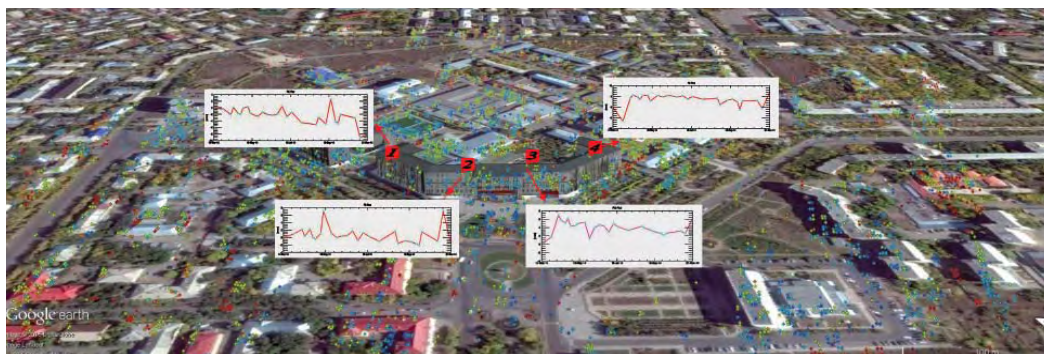


Рис. 3. Результаты спутникового мониторинга здания главного корпуса КарТУ с использованием технологии постоянных рассеивателей

радарных данных экспортируются в программу Google Earth.

Летом 2015 года НТЦ «KazGeoScan» приобрел квадрокоптер DJI Phantom 3, способный проводить видеосъемку с разрешением 4K (рис. 4). На данный момент основой для мониторинга исследуемого участка (город спутник Актас вблизи г. Караганды) является спутниковый снимок, полученный

в апреле 2013 года, что не отражает всей ситуации и не является актуальным на сегодняшний день. Поэтому альтернативным методом получения регулярных новых оптических снимков является аэросъемка с квадрокоптера DJI Phantom 3 [5].

На смартфоны с операционной системой IOS и Android устанавливается приложение DJI GO, в котором можно определить



Рис. 4. Заняск DJI Phantom 3

высоту, радиус полета, координаты места взлета и координаты точек полета, количество спутников, поддерживаемых в данный момент дроном. Также возможно создание 3D-моделей в различных специальных программах. На рис. 5 представлена 3D-модель, полученная на основе использования приложения DroneDeploy [6].

По проведенным исследованиям можно сделать вывод, что съемка местности,



Рис. 5. Создание 3D-модели с помощью DroneDeploy

полученная с квадрокоптера, может служить хорошей оптической основой вместо дорогостоящих космических оптических снимков.

Сотрудниками ТОО «НТЦ «KazGeoScan» получены свидетельства авторского права по применению спутниковой радарной интерферометрии в Казахстане и инновационные патенты Казахстана «Спутниковая радарная интерферометрия — надежный инструмент мониторинга сдвижений массива горных пород» №2303 от 30 декабря 2014 г., «Космический радарный мониторинг подработанных территорий Карагандинского угольного бассейна по данным со спутника COSMO-SkyMed» №484 от 16 марта 2015 г., «Космический мониторинг деформаций зданий и сооружений города Караганды по данным спутника COSMO-SKYMED» №1263 от 24 июня 2015 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. D. Mozer, V. Dolgonosov, N. Gey, A. Nagibin, A. Karaneeva, A. Tuyakbay. *Satellite radar interferometric subsidence monitoring of the undermined territories of Karaganda coal basin. Geomonitring 2015. p.235-242*
2. Мозер Д. В., Каранеева А. Д., Гей Н. И. *Определение сдвижений подработанных территорий шахты имени Т. Кузембаева Карагандинского угольного бассейна на основе использования современных технологий // Вестник ИРГТУ, 2015. - №3. - С.76-81.*
3. Мозер Д. В., Левин Е. Л., Гей Н. И., Каранеева А. Д., Нагибин А. А. *Мониторинг деформаций земной поверхности на территории Карагандинского угольного бассейна // Геодезия и картография, 2015. - №3. С.21-26.*
4. Нузаметдинов Ф. К., Мозер Д. В., Туякбай А. С., Гей Н. И., Каранеева А. Д. *Спутниковый радарный интерферометрический мониторинг подработанных территорий Карагандинского угольного бассейна// Журнал Геоматика, 2014г., №4, стр. 70-78*
5. <http://store.dji.com/?site=brandsite>. Официальный сайт DJI.
6. <https://dronedeploy.com/> Официальный сайт DroneDeploy.



В. В. АВАКЯН

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

*технологии инженерно-
геодезических работ*



Инфра-Инженерия



Издательство “Инфра-Инженерия” представляет новую книгу Вячеслава Авакяна "Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ".

В книге изложены методы, техника и технология производства инженерно-геодезических работ при изысканиях и строительстве инженерных сооружений, гражданских зданий, гидротехнических, подземных и других объектов строительства. Отражены перемены, связанные с внедрением новых средств измерений, спутниковых геодезических приёмников, электронных тахеометров, цифровых нивелиров, а также программных средств вычислений и обработки результатов измерений. Приведенные технологии соответствуют актуализированным редакциям действующих нормативных актов.

Книга предназначена для производителей, выполняющих инженерно-геодезические работы, а также для студентов, обучающихся по направлению «Прикладная геодезия».

Профессор кафедры прикладной геодезии МИИГАиК Вячеслав Авакян опубликовал 45 научных трудов, из которых 5 учебных пособий по прикладной геодезии на русском языке, 3 на французском и 2 книги на армянском; 4 изобретения в области светодальномерной техники.

Оформить заказ на книгу можно на сайте издательства "Инфра-Инженерия": www.infra-e.ru skype: [infra_e](https://www.skype.com/name/infra_e)

Итоги всероссийского Балтийского научно-инженерного конкурса – 2016

1–4 марта 2016 г. в Санкт-Петербурге состоялся Балтийский научно-инженерный конкурс — одно из самых крупных научных соревнований для школьников в России. Конкурс проводится с 2005 года. В 2016 году мероприятие организовывали фонд «Время науки» и Университет ИТМО. На одной площадке встретились школьники, представители науки и бизнеса.

В 2016 году в финал конкурса попали 280 исследований, принадлежащих 336 участниками из 47 регионов России, Украины, Казахстана и Беларуси. Научное жюри в составе 117 экспертов из Университета ИТМО,

СПбГУ, СПбПУ, СПбТУ, РГПУ им. А. И. Герцена и других петербургских и российских вузов выделило 18 проектов, которым были присуждены дипломы 1 степени и главная премия конкурса — хрустальный шар «Совершенство как надежда». Победителями конкурса стали школьники из Санкт-Петербурга, Челябинской области, Москвы и Московской области, Владикавказа, Новосибирска, Беларуси и Украины.

В частности, главный приз в секции «Науки о Земле и экология» получил проект «Обоснование необходимости особого режима охраны острова Пятякянсарет (шхерный





район Ладожского озера)». Авторы работы — петербургские школьники: Наталья Билая (11 класс ГБОУ СОШ №225), Надежда Катрушенко (7 класс школы №169), Александра Никулина (8 класс ЭБЦ «Крестовский остров»). Исследование посвящено проблеме нерегламентированной рекреационной деятельности на острове Пятакянсарет. Остров представляет собой ценный природный объект, поскольку является единственным на большой территории, не пройденным пожаром, а следовательно, эталонным для научных исследований Ладожских шхер. На данный момент остров постоянно подвержен вытаптыванию растительного покрова и риску возникновения лесного пожара из-за невнимательности туристов. В ходе исследования было выяснено, что флора острова составляет 14% от всех видов флоры на территории национального парка. Также на острове произрастают крупные для данной территории можжевельники. В результате выполнения проекта были получены карты ценных природных

объектов острова и рельефа, а также обоснование необходимости особого режима охраны острова Пятакянсарет, которое впоследствии будет отправлено в национальный парк.

Главные призы получили также участники секций «Техника», «Математика» и «Химия». Председатели научного жюри отметили, что выросло не только количество представленных проектов, но и общий уровень и качество исследований.

Участники Балтийского научно-инженерного конкурса войдут в команды для участия в Intel International Science and Engineering Fair (Феникс, штат Аризона, США), а также в International Forum for Science and Engineering Students (Гвадалахара, Мексика).

Спонсорами конкурса в 2016 году выступили фонд «Династия» (грант был получен в 2015 году), корпорация Intel, АНО «Мир науки», компании «Электроприбор», «Фабрика лояльности», World Quant. Часть средств на проведение конкурса была собрана с помощью краудфандинговой кампании на портале Planeta.ru.

Итоги I Евразийского горно-геологического форума

4 февраля 2016 г. в Минске завершил работу I Евразийский горно-геологический форум, проходивший на базе площадки Национальной библиотеки Беларуси. В форуме приняли участие более 300 представителей органов власти, руководителей крупнейших горнодобывающих, геологоразведочных предприятий, проектных институтов и консалтинговых организаций, научно-исследовательских и образовательных учреждений из России, Беларуси, Казахстана, Армении, Таджикистана и Киргизии. По итогам форума принята резолюция о создании Кодекса публичной отчетности Евразийского экономического союза (ЕАЭС), необходимости разработки новой программы Союзного государства «Геологоразведка и природопользование», а также об

учреждении Ассоциации по экспертизе недропользования ЕАЭС (АЭН ЕАЭС).

По итогам состоявшегося в Минске мероприятия можно ожидать, что Евразийский горно-геологический форум станет постоянным местом встречи для продуктивного обсуждения отраслевых проблем в контексте развития межгосударственного сотрудничества и надгосударственных интеграционных образований в Евразии. Следующий форум планируется провести в России в марте-апреле 2017 года с участием более широкого круга стран Азии, включая Китай, Индию, Монголию и Вьетнам.

Информационным партнером форума в числе прочих выступил журнал о геоинформатике и дистанционном зондировании Земли «Геоматика».





Обзор программного обеспечения для обработки данных авиационной съемки

Trimble UASMaster — программное обеспечение для фотограмметрической обработки данных, полученных с любых современных БПЛА: как с летательных аппаратов с неподвижным крылом, так и с БПЛА вертолетного типа. UASMaster предлагает полный инструментарий для фотограмметрической обработки данных — от триангуляции до создания бесшовных мозаик, а также легко интегрируется в фотограмметрические процессы программного продукта INPHO и рабочие процессы, осуществляемые в сторонних программных продуктах.



Преимущества:

- локализованный русскоязычный интерфейс;
- полностью автоматический процесс геопривязки, калибровки камеры, построения облака точек и ортомозаик;

- точные результаты с высокой степенью автоматизации всего за несколько секунд;
- минимальное участие оператора в настройке проекта и постобработке данных;
- простота использования сочетается с продвинутыми фотограмметрическими инструментами;
- все циклы фотограмметрической обработки объединены в одном программном обеспечении.

Trimble INPHO — программное обеспечение для фотограмметрической обработки не только космических снимков, но и данных с пилотируемых летательных аппаратов и БПЛА. INPHO позволяет решать все стандартные задачи фотограмметрии, включая фототриангуляцию, ортотрансформирование, создание цифровых моделей рельефа и бесшовных мозаик.

Благодаря гибкой модульной структуре INPHO является универсальным единым решением для работы с фотограмметрическими проектами и гибким инструментом для решения наиболее трудоемких задач в имеющейся технологической схеме.



Преимущества:

- локализованный русскоязычный интерфейс;
- строгое математическое моделирование;
- четко выстроенный рабочий процесс;
- высокая степень автоматизации.

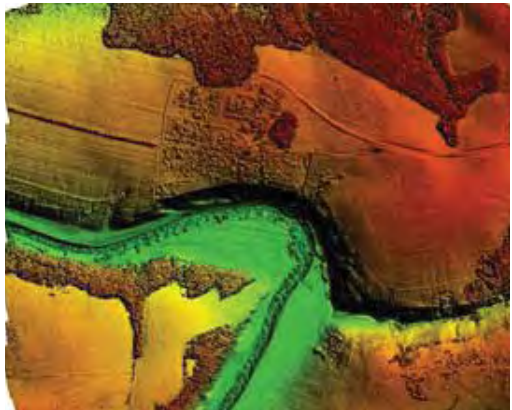
ENVI OneButton — легкое в использовании программное обеспечение для обработки данных с БПЛА, позволяющее с минимальным участием оператора решать такие задачи цифровой фотограмметрии, как фототриангуляция, создание и редактирование цифровых моделей рельефа и местности, ортотрансформирование, создание бесшовных мозаик и работа с 3D облаком точек.

**Преимущества:**

- полностью автоматическая сшивка изображений в единую мозаику, выравнивание по цвету и балансу;
- поддержка сенсоров любых форматов (маленьких, средних и больших);
- поддержка мультиспектральных изображений;
- уникальный алгоритм блочного уравнивания для точного геопозиционирования наклонных изображений и изображений в надири;

- создание отчетов, показывающих свойства проекта, результаты обработки, статистику, анализ покрытия изображениями, карту корреляции изображений и результаты калибровки камер;
- использование GPU и многоядерного процессора для увеличения скорости обработки изображений;
- поддержка данных с любых камер — от любительских (GoPro и др.) и до профессиональных.

AgiSoft Photoscan — программное обеспечение, позволяющее выполнять фотограмметрическую обработку материалов авиасъемки с БПЛА. AgiSoft Photoscan позволяет создавать 3D-модели, строить ортофотопланы и цифровые модели рельефа единими файлами или в мозаике практически в любом стандартном формате. Эти данные можно в дальнейшем использовать в ГИС-приложениях для векторизации.

**Преимущества:**

- высокая точность и исключительная детализация результата;
- быстрая обработка больших наборов данных;
- полная автоматизация и интуитивный интерфейс;
- создание точных ортофотопланов и ЦМР.

ПОДПИСКА на журнал «Геоматика» 2016

1. На почте в любом отделении связи.

Каталог агентства «Роспечать».

Полугодовой подписной индекс — 20609, цена – 435 р. / 2 номера.

2. По системе адресной подписки.

а) Заполните платежный документ (указав количество журналов, общую стоимость).

Стоимость 1 номера: 217 р. 50 к., периодичность выхода: 4 номера в год.

б) Отправьте копию квитанции об оплате:

по факсу: +7 (495) 988-7533;

по e-mail: geomatics@sovzond.ru;

по адресу: 115563, Москва, ул. Шипиловская, д. 28А, бизнес-центр «Милан», компания «Совзонд».

Подписка оформляется с ближайшего номера после поступления оплаты.

В стоимость подписки включена доставка журналов.

ИЗВЕЩЕНИЕ	<p>ООО «Компания СОВЗОНД» ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 Московский банк ОАО «Сбербанк России» г. Москва БИК 044525225 К/с № 30101810400000000225</p> <p>Ф.И.О. _____ Почтовый адрес _____ Организация _____ Тел. _____</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Название журнала</th> <th>Количество номеров</th> <th>Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Геоматика</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Кассир</p>	Название журнала	Количество номеров	Сумма	Геоматика			Плательщик	Дата	
Название журнала	Количество номеров	Сумма								
Геоматика										
Плательщик	Дата									
КВИТАНЦИЯ	<p>ООО «Компания СОВЗОНД» ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 Московский банк ОАО «Сбербанк России» г. Москва БИК 044525225 К/с № 30101810400000000225</p> <p>Ф.И.О. _____ Почтовый адрес _____ Организация _____ Тел. _____</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Название журнала</th> <th>Количество номеров</th> <th>Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Геоматика</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Кассир</p>	Название журнала	Количество номеров	Сумма	Геоматика			Плательщик	Дата	
Название журнала	Количество номеров	Сумма								
Геоматика										
Плательщик	Дата									



GETMAP

ГОТОВОЕ РЕШЕНИЕ

ДЛЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ
СОБСТВЕННОЙ ВЕБ-ГИС

