

# ЖУРНАЛ О ГЕОИНФОРМАТИКЕ И ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ





ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОММЕРЧЕСКОГО СЕКТОРА ОПТИЧЕСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ



ИНФРАСТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ: РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ



ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
К ДЕШИФРИРОВАНИЮ
ОБЪЕКТОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ
СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ







# КОМПАНИЯ «СОВЗОНД»

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

115563, Москва, ул. Шипиловская, д. 28А Тел.: +7 (495) 642-8870, +7 (495) 988-7511 Факс: +7 (495) 988-7533 sovzond@sovzond.ru | www.sovzond.ru





Уважаемые коллеги!

Космический мониторинг с помощью спутников дистанционного зондирования Земли, глобальные навигационные спутниковые системы, гео-информационные технологии и геопорталы открывают оперативный доступ к пространственной информации, позволяя органам власти на местах оперативно принимать решения, учитывая текущее состояние природной среды, имеющийся ресурсный, промышленный, энергетический, транспортный и сельскохозяйственный потенциал, и также быстро реагировать на изменяющуюся ситуацию.

Использование пространственных данных и их интеграция с другими видами информации приобретает стратегическое значение для социально-экономического развития регионов.

Пространственные данные вполне способны обеспечивать принятие обоснованных решений на всех уровнях в таких, например, областях как оценка и учет землепользования, мониторинг лесов, ликвидация экологического ущерба и последствий стихийных бедствий и т. д.

Оптимальным решением для создания, актуализации, доступа, обработки и хранения пространственных данных является региональная инфраструктура пространственных данных. Следует отметить, что в настоящее время отмечается устойчивая тенденция все более активного интереса к созданию инфраструктуры пространственных данных в целом ряде регионов страны. Региональные модели инфраструктуры простран-

ственных данных создаются в Кировской, Калужской, Воронежской областях, республиках Башкортостан, Бурятия, Мордовия, Татарстан и ряде других субъектов Российской Федерации.

Одной из важнейших задач инфраструктуры пространственных данных является создание усовершенствованных технологий визуализации данных и представление их в привычном для пользователя виде, используя, в том числе, геопорталы, которые в большинстве случаев вполне способны отвечать требованиям широкого круга потребителей к работе с пространственной информации. Использование геопорталов и современных геоинформационных технологий с многопользовательским доступом дает возможность пользователям просматривать, анализировать и использовать данные, независимо от того, кем эти данные созданы.

Следуя естественной логике в рамках инновационной стратегии развития страны, расширение масштабов практического использования пространственных данных, активное внедрение космических и геоинформационных технологий в общую информационную инфраструктуру государства и отдельных регионов самым эффективным образом способствуют повышению инвестиционной привлекательности и придают дополнительный импульс развития экономической и социальной сферы.

В этом номере журнала читатель найдет статьи и материалы о региональных инфраструктурах и источниках пространственных данных, а также статьи по другим актуальным проблемам геоинформатики и дистанционного зондирования Земли.



# СОДЕРЖАНИЕ

Новости	4
Актуальное интервью	
Интервью с Р. Джонсоном, президентом и исполнительным директором компании BlackBridge	9
Данные дистанционного зондирования	
<b>С. В. Любимцева</b> Наборы региональных пространственных данных — основа для использования в геоинформационной системе	12
<b>Б. А. Дворкин</b> Инфраструктура пространственных данных: региональный аспект	17
<b>К. Навулюр, Ф. Пацифици, Б. Бо</b> Тенденции развития коммерческого сектора оптической космической съемки	22
Обработка данных Д33	
<b>Н. Э. Рубцова</b> Обработка данных БПЛА в программе UASMaster	34
Возможности автоматизации рабочих процессов в программном комплексе ENVI	45
Использование данных ДЗЗ	
<b>А. В. Абросимов, О. С. Сизов, Р. Е. Кива</b> Практические подходы к дешифрированию объектов мелиоративных систем и гидротехнических сооружений	60
Т. Н. Чимитдоржиев, М. Е. Быков, Ю. И. Кантемиров, Ф. Холец, М. Барбиери Технология количественной оценки высоты леса по данным космических радарных тандемных интерферометрических съемок со спутников TerraSAR-X/TanDEM-X	72
О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов Опыт применения снимков RapidEye для оценки недропользования в Республике Марий Эл	80
В. В. Асмус, В. В. Затягалова, В. А. Кровотынцев, И. С. Тренина Картографический веб-сервис мультимасштабной спутниковой информационной продукции ледовой обстановки северной части Каспийского моря в период 2012–2014 гг.	88
<b>А. В. Долгих</b> Использование нейронных сетей при исследовании земной поверхности, подработанной подземными горными работами	92
Выставки и конференции	
14-я Международная научно-техническая конференция «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии»	98
Приложение	
В России наступает «ЭРА-ГЛОНАСС». Интервью с вице-президентом по работе с операторами связи ОАО «Ростелеком» Е. Секериным и исполнительным директором - директором Инновационного центра ОАО «Ростелеком» П. Ройтбергом	101

# CONTENT

News	4
Hot Interview	
The Interview with R. Johnson, the President and CEO of BlackBridge	9
Remote Sensing Data	
<b>S. Lyubimtseva</b> Regional spatial data sets — the background for the application in geoinformation system	12
B. Dvorkin Spatial Data infrastructure: a regional aspect	17
K. Navulur, F. Pacifici, B. Baugh Trends in optical commercial remote sensing industry	22
Remote Sensing Data Processing	
N. Rubtsova Processing UAV data in UASMaster programm	
The opportunities of automation work processes in ENVI software	45
Application of Remote Sensing Data	
A. Abrosimov, O. Sizov, R. Kiva Practical approaches to deciphering objects of reclamation systems and hydraulic structures	60
T. Chimitdorzhiev , M. Bykov, Y. Kantemirov , F. Holets , M. Barbieri  The technology of quantity estimation of forest height according to data of space radar tandem interferometry surveying from TerraSAR-X/TanDEM-X satellites	72
O. Vorobyov , E. Kurbanov  The experience of implementing RapidEye imagery for estimating subsoil in the Republic of Mari El.	80
V. Asmus , V. Zatyagalova , V. Krovotyntsev , I. Trenina	
Cartographic web service of multiscale satellite information products of ice conditions in the north of the Caspian Sea during 2012-2014	88
A. Dolgikh  Application of neuron networks in the research of the earth's surface, underworked	92
Exhibitions and Conferences	
14th International Scientific and Technical Conference «From Imagery to Map: digital photogrammetric technologies»	98
Reference	
In Russia «ERA - GLONASS» is coming. The interview with the Vice - President of Operators' Department at OJSC «Rostelecom» E. Sekerin and the Executive Director of the Innovation Center at JSC «Rostelecom» P. Roytberg	101



## Редакционная коллегия:

М. А. Болсуновский

А. М. Ботрякова

Б. А. Дворкин

С. А. Дудкин

О. Н. Колесникова

С. В. Любимцева

С. Н. Мисникович

М. А. Элердова

# Ответственный за выпуск:

Б. А. Дворкин

## Дизайн макета и обложки:

О. А. Баранникова

### Компьютерная верстка:

О. А. Баранникова

## Информационно-рекламная служба:

М. А. Агаркова

С. Н. Мисникович

# 115563, Москва, ул. Шипиловская, 28A, компания «Совзонд»

Тел.: +7 [495] 642-88-70

+7 [495] **988-75-11** +7 [495] **988-75-22** 

Факс: +7 [495] 988-75-33

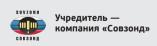
E-mail: geomatics@sovzond.ru Web-site: www.geomatica.ru

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 14.03.2014 г.

Отпечатано ООО «Юнион-Принт»



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



# В ИРКУТСКЕ ПРОШЛА КОНФЕРЕНЦИЯ «НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА»



Ha базе Национального исследовательского Иркутского государственного технического университета ИрГТУ) 20-21 февраля 2014 г. состоялась научно-практическая конференция «Новейшие технологии деформационного мониторинга», посвященная различным современным технологиям мониторинга смещений и деформаций земной поверхности и сооружений.

Организаторами конференции выступили НИ ИрГТУ и компания «Совзонд». Генеральный спонсор конференции — компания Trimble.

Пленарное заседание конференции состоялось 20 февраля 2014 г. Первым выступил представитель компании «Руснавгеосеть» (совместного предприятия ОАО «Российские космические системы» и компании Trimble) А.Л. Равер, рассказавший о современных технологиях компании Trimble по наземному деформационному мониторингу. Были приведены примеры мониторинга деформаций мостов, гидротехнических сооружений, отдельных зданий, оползающих склонов и т. д.

Технологию дистанционного космического радарного мониторинга смещений и деформаций земной поверхности и сооружений представил ведущий специалист ПО обработке радарных данных ДЗЗ компании «Совзонд» Ю. И. Кантемиров. В докладе речь шла о действующих и перспективных радарных космических аппаратах, программном комплексе SARscape, предназначенном для обработки радарных данных ДЗЗ. Были приведены примеры космического радарного мониторинга смещений земной поверхности над Жезказганским медным месторождением, нефместорождением тегазовым Тенгиз и рядом нефтяных месторождений Мангистауской области Казахстана. Также были приведены примеры мониторинга деформаций бортов и уступов карьеров, отвалов и гидротехнических сооружений хвостохранилищ Гайского медного месторождения и мониторинга смещений и деформаций зданий и сооружений в столице Казахстана — Астане.

Свое видение организации геодинамического полигона для наблюдения за смещениями земной поверхности на Верхнечонском нефтяном месторождении Иркутской области изложил главный маркшейдер ОАО «Верхнечонскнефтегаз» И. Б. Шмонин. Проанализировав стоимость созда-

ния геодинамического полигона и стоимость годового цикла наблюдений за смещениями методами космической радарной интерферометрии, И. Б. Шмонин сделал вывод о безальтернативности применения космических радарных наблюдений за всей площадью месторождения для нацеливания и оптимизации наземных геодезических наблюдений.

Различным методам наблюдения за смещениями деформациями были посвящены доклады специалистов кафедры маркшейдерского дела и геодезии ИрГТУ. Речь шла об опыте кафедры по беспилотных применению летательных аппаратов, лазерного сканирования, традиционных геодезических съемок и космической радарной интерферометрии.

Производители и дистрибьюторы современного оборудования для деформационного мониторинга провели мастер-классы и семинары по использованию на практике своих продуктов.

Конференция показала высокую заинтересованность производственных, научных и образовательных организаций Восточной Сибири в современных технологиях деформационного мониторинга, что позволяет надеяться на их дальнейшее широкое внедрение в регионе.

# КОМПАНИЯ SSL ПОСТРОИТ 13 СПУТНИКОВ СЕРИИ SKYSAT



Компания SSL, один из ведущих производителей коммерческих спутников, заключила контракт с компанией Skybox Imaging по созданию усовершенствованных мини-спутников ДЗЗ.

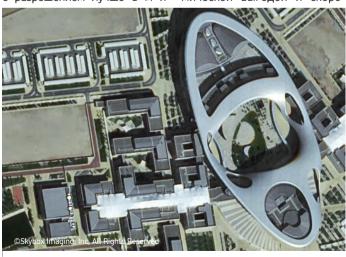
SSL построит 13 малых низкоорбитальных спутников, каждый размером около 60×60×95 см и весом около 120 кг, которые будут запущены в 2015– 2016 гг. Эти спутники будут вести мультиспектральную съемку с разрешением лучше 1 м и производить видеосъемку (90-секундные клипы HD видео с частотой 30 кадров в секунду). После запуска 13 спутников, Skybox Imaging будет иметь возможность повторной съемки одних и тех же районов Земли до трех раз в день.

«После успешного запуска спутника SkySat-1 в ноябре 2013 г. мы подтвердили высокое качество наших космических снимков и рентабельность программы, — сказал Michael Trela (Майкл Трела), вице-президент компании Skybox Imaging. — Благодаря сотрудничеству с SSL, мы сможем использовать их уникальные производственные возможности для наращивания группировки с большей экономической выгодой и скоростью, что даст нам возможность сосредоточиться на создании прототипов систем нового поколения, чтобы улучшить качество обслуживания наших клиентов».

В рамках данного соглашения, Skybox предоставляет SSL эксклюзивную лицензию на разработку спутников. Тем самым предоставляя SSL уникальную платформу, для удовлетворения растущего спроса на малые спутники и сопутствующие сервисы.

Первый спутник группировки Skybox Imaging SkySat-1 был запущен 21 ноября 2013 г. Всего планируется создать группировку из 24 спутников SkySat. Образец снимка, полученного со спутника SkySat-1 представлен на рис.

После развертывания группировки пользователи получат возможности совершенного нового качества. Они смогут осуществлять мониторинг объектов из космоса (например, мест добычи полезных ископаемых, трубопроводов, портов и т. д.), практически в непрерывном режиме. Компания Skybox Imaging стремится предоставлять такой сервис, который позволит заказчику самому управлять камерами. Кроме того, при необходимости можно будет получить набор снимков, обработанных и подвергнутых целевому анализу.



Puc. Университет Абу-Даби (ОАЭ). Космический снимок SkySat-1



# GOOGLE ЗАПУСТИТ 1600 СПУТНИКОВ ДЗЗ?



Аналитики NewSpace Global (NSG) узнали из нескольких обычно надежных источников, что крупная компания, возможно, «Google или Facebook», может объявить о запуске очень большой группировки спутников в ближайшем будущем. Количество варьирует в диапазоне до 1600, начиная первоначально с группировки в 160 спутников, размерами со SkySat.

Хотя эта информация до сих пор не подтверждена, история напоминает о предложении компании Teledesic в 1990-х гг., которая изначально предлагала запустить 840 спутников на низкую околоземную

орбиту, чтобы обеспечить широкополосный доступ в Интернет. Крейг Маккоу, Билл Гейтс, Пол Аллен и другие были задействованы в финансировании проекта. Компания Teledesic в конце концов исчезла по мере быстрого роста альтернативных наземных широкополосных услуг и банкротств проектов спутниковых группировок Globalstar и Iridium.

Google в настоящее время является крупным инвестором в 1-й этап проекта NSG 100 ОЗЬ Networks, в ходе которого запущены первые спутники широкополосной связи в конце 2013 г. Дочерняя компания Google Ventures LLC, недавно объявила о планах аренды ангара на Moffett Field «для исследований, испытаний, сборки и разработки новых

технологий, связанных с космической и авиационной деятельностью».

Пока не ясно, но, похоже, эта новая группировка может включать спутники дистанционного зондирования Земли, а не телекоммуникационные. Как уже сообщалось, компания Planet Labs, начала развертывание своей первой группировки Flock из 28 спутников, запускаемых с МКС. Skybox Imaging планирует иметь группировку из 24 спутников.

Для обеспечения часто повторяющейся съемки любой конкретной области Земли с высоким разрешением требуется много спутников на низких околоземных орбитах. Чем больше спутников, тем чаще будет производится съемка одних и тех же районов.

# ЯПОНИЯ СОЗДАСТ ГЛОБАЛЬНУЮ 3D-КАРТУ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СПУТНИКА ALOS

Японское агентство аэрокосмических исследований (ЈАХА) составит глобальную цифровую 3D-карту с самой высокой точностью в мире, используя для этого 3 млн космических, снимков, полученных со спутника ALOS (рис.). Составляемая 3D-карта, будет имеет пространственное разрешение 5 м как в плане, так и по высоте. Такая

высокоточная карта найдет свое применение в различных областях, включая картографирование, прогнозирование ущерба от стихийных бедствий, исследование водных ресурсов и т. д.

ЈАХА составляла около 100 цифровых 3D-карт каждый месяц для проверки технических характеристик спутника ALOS. «Проведя исследования

и разработав полностью автоматические технологии составления большого количества карт, мы получили возможности создавать ежемесячно 150 000 карт. Мы начнем составлять 3D-карты в марте 2014 г., чтобы завершить глобальное покрытие в марте 2016 г.», — сообщил представитель JAXA. Работа будет выполняться в сотруд-

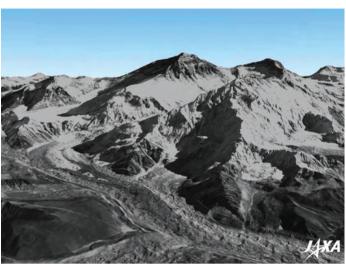


Рис. Образец 3D-карты. Гора Эверест

NTT DATA ничестве c Corporation. В целях популяризации использования 3D-карт, JAXA также подготовит глобальную цифровую модель рельефа (ЦМР) с более низким пространственным разрешением (около 30 м) и опубликует ее сразу же как только она будет готова. ЦМР будет предоставляться пользователям бесплатно. ЈАХА рассчитывает, что японская глобальная 3D-карта станет базовой основой для составления всех слобальных 3D-карт.

# НОВОСТИ КОМПАНИИ BLACKBRIDGE



# RAPIDEYE ORTHO TAKE

Компания BlackBridge представила свой новый ортопродукт уровня обработки 3D — RapidEye Ortho Take.

Этот новый продукт обеспечивает полное покрытие области интереса наборами ортотрансформированных космических снимков. Готовый к

использованию продукт предоставляет пользователям возможность минимизировать процессы предварительной обработки файлов и их анализа, что позволяет экономить время и деньги.

Продукт Ortho Take будет создаваться на большие территории по запросу заказчиков. RapidEye Ortho Take расширяет возможности использования ортофотоснимков, полученных по данным группировки спутников RapidEye.

Преимуществами продукта Ortho Take являются:

- возможность съемки с перекрытиями;
- формирование набора снимков, полностью покрыва-

- ющего область интереса, необходимую заказчику;
- ⋆ точность геопозиционирования до 15 м СКО;
- упрощенная организация данных;
- уменьшение объема предварительной обработки работы;
- 🔭 данные готовы для анализа.

# **ЦММ NEXTMAP WORLD 30**

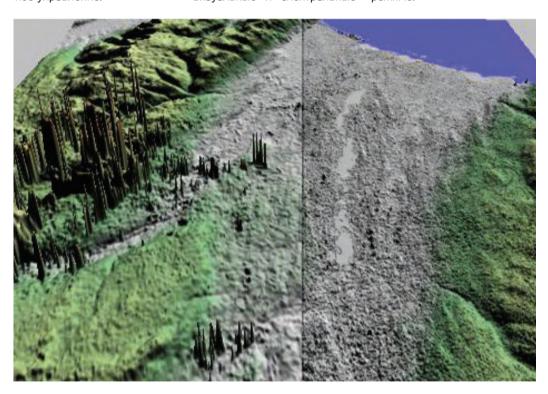
Компания BlackBridge стала официальным реселлером цифровой модели местности (ЦММ) NEXTMap World 30 от компании Intermap Technologies. Теперь клиенты BlackBridge имеют возможность приобретать данные для широкого спектра приложений и эффективного выполнения геопространственного анализа.



Продукт NEXTMap World 30 создан на основе откорректированных общедоступных данных и отличается большой точностью и универсальностью. LIMM World 30 имеет в плане 30-метровое разрешение и дает сплошное покрытие, что обеспечивает пользователям достаточную точность. необходимую для использования в таких областях как сельское хозяйство. телекоммуникации, энергетипланирование рисков, управление водными ресурсами, оборона и государственное управление.

Эффективность партнерства компаний BlackBridge Intermap Technologies заключается в том, что снимки группировки спутников BlackBridge RapidEye и данные World 30 отлично дополняют друг друга. Использование ЦММ World 30 дает дополнительную точность при ортотрансформировании снимков RapidEve, а также предоставляя возможность создавать эффектные трехмерные модели местности и рельефа. Использование снимков RapidEve позволяет включать визуальные и спектральные компоненты в характеристику местности при выполнении анализа геологических угроз, мониторинга бедствий или для целей картографирования.

ЦММ World 30 использует более 204 миллиона наземных контрольных точек с точностью до 25 см RMSE, для улучшения контроля вертикальной составляющей цифровых моделей местности ASTER GDEM v2. SRTM v2.1 и GTOPO30. ЦММ World 30 имеет наиболее полный охват всей земной поверхности регулярно И обновляется в автоматическом режиме.



Puc. Образцы продукта ЦММ World 30

# BlackBridge продолжает миссию RapidEye — предоставление актуальной информации о мире

В ноябре 2013 г. немецкая компания RapidEye AG вошла в состав компании BlackBridge. Таким образом, BlackBridge стала владельцем и оператором группировки мини-спутников дистанционного зондирования Земли (Д33) высокого разрешения RapidEye, которые способны обеспечивать ежедневное покрытие съемками площадь в 4 млн кв. км, причем периодичность съемки одного и того же района Земли — 24 часа. Съемка земной поверхности ведется в пяти спектральных каналах. Маневренность, большие площади съемки, возможность ежедневного повторения съемок, а также высокое пространственное разрешение (5 м) делают использование данных RapidEye особенно перспективным для решения мониторинговых задач. Мы задали несколько вопросов президенту и исполнительному директору компании BlackBridge г-ну Райану Джонсону (Ryan Johnson).



Г-н Р. Джонсон — основатель восьми компаний, включая BlackBridge, главным образом работающих в геоинформационной отрасли. Он имеет степень бакалавра и магистра географических наук. Его магистерская диссертация получила признание Канадского аэрокосмичекого института, за эту работу он получил национальную канадскую премию National Best Thesis Award.

Редакция: Г-н Джонсон, как, по вашему мнению, скажется на вашей компании и геоинформационной отрасли в целом то, что RapidEye теперь называется BlackBridge?

Р. Джонсон: Для BlackBridge это, в первую очередь, начало нового этапа стратегических изменений. Мы движемся в нужном направлении с целью интегрировать и объединить компании, работающие независимо друг от друга, в единого представителя на мировом рынке, чтобы эффективнее продвигать свою продукцию. Отрасль сможет увидеть сильную

и мощную мировую компанию, способную поставлять космические снимки и предлагать своим партнерам и заказчикам полный комплекс геоинформационных решений и услуг. Мы хотим, чтобы процесс принятия решений стал для наших заказчиков простым и эффективным.

Р.: Какие изменения произошли в связи со сменой названия?

**Р.** Дж.: Смена названия не отразилась на наших партнерах и заказчиках. Мы продолжаем



осуществлять поставку тех же продуктов и решений. Приоритетом для команды, как и прежде, будет геоинформационная отрасль. Сочетание возможностей и ресурсов обеспечивает синергетический эффект, что позволят нам охватить новые рынки и привлекать новых заказчиков, чьи потребности мы, возможно, были не в состоянии удовлетворить раньше.

# P.: Какие основные направления деятельности у обновленной компании BlackBridge?

Р. Дж.: Наша деятельность охватывает несколько направлений, но приоритетом для компании продолжает оставаться улучшение качества пространственной информации. Группировка уже действующих спутников RapidEye, а также планируемые к запуску аппараты будут и дальше вести постоянную мультиспектральную съемку высокого разрешения. Направление Geomatics Canada cocредоточено на продвижении как снимков RapidEye, так и данных других операторов на рынке Канады. Geomatics Canada также разгеоинформационные сервисы для вивает нефтегазовой индустрии, которые мы планируем поставлять на новые рынки по всему миру. Направление BlackBridge Networks занимается сервисами на основе облачных вычислений и вопросами хранения данных, что особенно актуально для громадных массивов данных дистанционного зондирования Земли. Наши новые облачные сервисы RapidEye, наряду с сервисом Marketplace от компании Esri, способствуют развитию этого направления. Наконец, предлагаемые нами наземные станции приема с антеннами X/S диапазонов, расположенные в Канаде, способные обеспечивать слежение за спутниками, передачу телеметрической и служебной информации по заданию операторов по всему миру.

Как уже упоминалось выше, сочетание всех этих ресурсов, сервисов и инновационных технологий открывает для компании целый ряд новых возможностей.

# Р.: Последует ли за новым названием появление новых продуктов?

Р. Дж.: Безусловно. Мы можем с гордостью сообщить, что в 2014 г. мы официально запустим новые геоинформационные сервисы на основе облачных вычислений. Первым примером может служить высококачественный сервис RapidEve, доступный через ArcGIS Marketplace. Мы хотим сделать еще один шаг к «отображению мира» и дать нашим партнерам возможность получать, изучать и анализировать актуальные и наглядные космические снимки RapidEye с максимальной доступностью и простотой. С помощью облачных вычислений мы сможем предоставлять снимки, значительно сокращая затраты на инфраструктуру и техническое обслуживание, обеспечивая заказчиков мощными инструментами управления данными, несколькими вариантами обработки и высокой степенью защиты информации. Таким образом, заказчики смогут просматривать и обрабатывать снимки, обмениваться ими в любой точке мира, имея лишь доступ в Интернет. После успешного выполнения в 2013 г. пилотного проекта по мониторингу сельского хозяйства в Северной Америке мы запускаем программы для сельского хозяйства на глобальном уровне. Например, мы можем получать снимки несколько раз на протяжении всего вегетационного сезона на территорию всех сельскохозяйственных угодий России (более 2,2 млн кв. км). А с помощью наших сервисов на основе облачных вычислений можем предоставить нашим заказчикам доступ к этим базам данных, значительно сократив промежутки между съемкой и поставкой. Это сильно меняет ситуацию, наши заказчики получают оперативные повторные снимки своевременно, что важно для технологий точного сельского хозяйства.

# P.: Какое значение придает обновленная компания BlackBridge рынкам России и стран CHГ?

Р. Дж.: Используя наши уникальные возможности космического мониторинга и повышенную точность геопозиционирования снимков, мы продвигаем программу создания высокоточных ортофотомозаик на страны и регионы. С целью расширения нашей деятельности в больших странах, таких как Россия, мы заключаем партнерские договоры с нашими дистрибьюторами для увеличения покупательского спроса. Так, мы предоставляем компании «Совзонд» доступ к нашим базам наземных опорных точек (GCP), цифровых моделей рельефа (DEM) и базам данных. С их помощью они смогут быстро подготовить образцы ортофотомозаик для заказчиков и оперативно их представить. Все продукты будут изготовлены в соответствии с нашими техническими характеристиками. Мы также делаем акцент на способности группировки спутников RapidEye производить повторные съемки больших тер-

риторий в течение года или одного и того же периода ежегодно. Это дает возможность заказчикам разрабатывать новые автоматизированные технологии обнаружения изменений. Россия — это пример страны, располагающей огромными площадями природных ресурсов, требующих мониторинга с наименьшими затратами. Мы предлагаем также поставку любого архивного снимка со значительной скидкой при условии размещения заказа на новые снимки этой же территории, тем самым способствуя развитию технологий обнаружения изменений. Как можно заметить из данных примеров, мы хотим помочь нашим партнерам и их заказчикам разрабатывать новые, интересные продукты и сервисы. Наша миссия заключается в том, чтобы удостовериться, что предлагаемые программы работы со снимками смогут способствовать процветанию заказчиков.

# Р: Г-н Джонсон, спасибо за интересное интервью!



Рис. Воронежская область, космический снимок RapidEye, пространственное разрешение 5 м



### С. В. Любимцева (компания «Совзонд»)

В 2002 г. прошла обучение по курсу «Информационные системы», в 2010 г. получила степень «Мастер делового администрирования» (Master of Business Administration) в Финансовой академии при Правительстве РФ. С 2005 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время — директор по маркетингу.

# Наборы региональных пространственных данных — основа для использования в геоинформационной системе

В последние годы в регионах отмечается положительная тенденция все более активного интереса к использованию данных дистанционного зондирования Земли (космических снимков).

Расширение масштабов практического использования результатов космической деятельности. активное внедрение космических и геоинформационных технологий в информационную инфраструктуру способствуют повышению эффективности регионального управления и придают дополнительный импульс современному динамичному развитию экономики России. Геоинформационные технологии востребованы в сфере управления сельским и лесным хозяйством, в муниципальном управлении, социальноэкономическом планировании развития регионов и при решении экологических задач.

Оперативность получения и достоверность информации, точность расчетов и возможность регулярного мониторинга, существенное снижение издержек и повышение качества принятия управленческих решений — вот далеко не полный список возможностей, появившихся благодаря инновационным космическим технологиям.

Компания «Совзонд» начала выпуск нового продукта на базе космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения — наборы регио-

нальных пространственных данных (РПД). Технология формирования наборов РПД оптимизирует доступ к большим массивам данных космической съемки и способна обеспечить актуальной, достоверной и комплексной пространственной информацией заказчиков, в том числе и органы региональной власти для оперативной всесторонней оценки и обоснования принимаемых управленческих решений.

В зависимости от решаемых задач предлагаются три вида наборов космических снимков — РПД10, РПД25 и РПД50 (рис. 1). Все наборы РПД поставляются в формате JPEG (ECW) в системе координат WGS-84 и готовы для использования в геоинформационной системе.

РПД10. Данные сверхвысокого пространственного разрешения (50 см), полученные со спутников компании WorldView-1, WorldView-2 и GeoEye-1. Точность в плане соответствует масштабу 1:10 000 на равнинные территории. Космические снимки за 2012–2013 гг. получены от компании DigitalGlobe посредством сервиса GlobalBasemap и покрывают до 90% территории России (российский сегмент глобального покрытия получил название Russian Basemap — RBM).

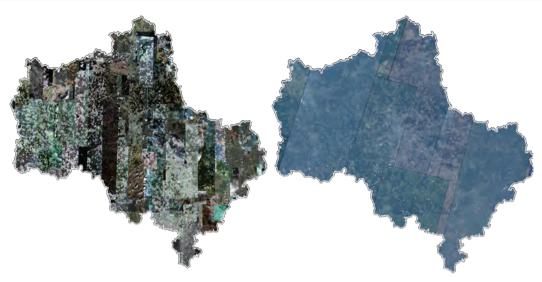


Рис. 1. Наборы РПД10 (слева) и РПД50 (справа). Московская область

Космический аппарат WorldView-1 ведет съемку в панхроматическом режиме с пространственным разрешением 0,5 м.

WorldView-2 оснащен оптико-электронной аппаратурой для съемки земной поверхности в панхроматическом режиме с пространственным разрешением 0,46 м и в 8-канальном мультиспектральном режиме с разрешением 2 м. Спутник GeoEye ведет съемку с пространственным разрешением 0,41 м в панхроматическом режиме и 1,65 м в мультиспектральном режиме при съемке в надир. Оператором всех этих спутников является компания DigitalGlobe.

Наборы данных РПД10 сверхвысокого пространственного разрешения особенно эффективно использовать для решения следующих региональных задач:

- мониторинг строительства жилых, социальных и промышленных (в т.ч. инвестиционных) объектов;
- оценка соблюдения проектных решений и условий землепользования; оценка фактического воздействия на природную среду, выявление экологических нарушений;

- \* создание 3D-моделей наиболее важных инвестиционных объектов;
- мониторинг строительства объектов коммунальной и промышленной инфраструктуры;
- инвентаризация дорожной сети: уточнение пространственного положения, оценка состояния:
- мониторинг и инвентаризация ремонтных и строительных работ;
- \* определение типов дорожного покрытия, выявление крупных нарушений полотна;
- оценка состояния буферной зоны автодорог, выявление нарушений условий землепользования;
- выборочный мониторинг соблюдения регламентов рубок по снимкам сверхвысокого разрешения, выявление незаконных рубок;
- мониторинг водоохранных зон гидрологических объектов в пределах особо охраняемых природных территорий, в частности: определение среднего меженного уровня водоемов, выявление источников загрязнения, располагающихся в водоохранных зонах;
- мониторинг общего состояния и негативных изменений в водоохранных зонах;



- мониторинг нарушений почвенно-грунтового покрова, выявление несанкционированных вскрытий грунтов, карьеров;
- детальный мониторинг разработки карьеров общераспространенных полезных ископаемых:
- инвентаризация объектов размещения отходов;
- мониторинг существующих санкционированных и незаконных мест складирования ТБО, промышленных отходов, выявление вновь появившихся свалок (в пределах жилой, промышленной застройки, а также в буферных зонах основных населенных пунктов);
- мониторинг состояния скотомогильников, полигонов хранения пестицидов, ядохимикатов:
- слежение за развитием рекреационных объектов, строительством, формированием инфраструктуры, выявление зон самозахвата и несанкционированного рекреационного использования ландшафтов.

РПД25. Данные высокого пространственного разрешения, полученные со спутника ALOS/ PRISM (до 2010 г.; разрешение — 2,5 м) и RapidEye (разрешение — 5 м). Точность в плане соответствует масштабу 1:25 000 на равнинные территории. Снимки RapidEye привязываются по высокоточной опоре масштаба 1:10 000. Данные покрывают практически всю территорию России.

РПД50. Данные высокого пространственного разрешения (5 м), полученные с группировки спутников RapidEye. Точность в плане соответствует масштабу 1:50 000. Снимки RapidEye привязываются по высокоточной опоре масштаба 1:25 000. Данные покрывают практически всю территорию России.

К преимуществам группировки спутников RapidEye относятся высокая периодичность съемки (ежесуточно) и оперативность получе-

ния данных, пять спектральных каналов, включая крайний красный канал, оптимально подходящий для оценки состояния растительности. Спутник ALOS уже выведен из эксплуатации, однако архивные снимки доступны и пользуются спросом ввиду их высокого качества.

Использование космических снимков высокого разрешения можно рекомендовать для решения следующих региональных задач (рис. 2):

- инвентаризация сельхозугодий с точностью карты масштаба 1:25 000, выявление земель выведенных из сельхозоборота, заросших полей, оценка площадей сельхозугодий на уровне хозяйства-района-региона;
- уточнение и актуализация карт землепользования:
- оценка состояния почв:
- мониторинг лесопользования выявление сплошных, выборочных рубок, рубок под инфраструктуру, произведенных за год;
- мониторинг состояния лесного фонда площади пройденные пожарами, ветровалами за год, насаждения поврежденные вредителями, болезнями, погибшие в результате нарушения гидрологического режима;
- мониторинг и оценка эффективности лесовосстановительной деятельности;
- инвентаризация с точностью карты масштаба 1:25 000 и паспортизация существующих на территории региона особо охраняемых природных территорий (ООПТ);
- выявление нарушений условий землепользования в процессе недропользования;
- выявление нарушений экологического законодательства.

Компания «Совзонд» продолжает выпуск линейки мозаик под общим названием ОРТОРЕГИОН. В зависимости от решаемых задач и возможностей самостоятельной обработки снимков заказчик может выбирать, какой продукт походит ему более всего. Сравнительная характеристика продуктов ОРТОРЕГИОН™ и РПД представлена в табл. 1.

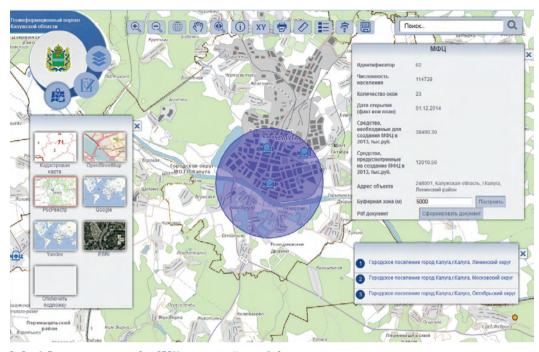


Рис. 2. Пример использования набора РПД50 в геопортале Калужской области

V	ОРТОРЕГИОН™			Наборы РПД		
Характеристика	OPTO10	OPT025	OPT050	РПД10	РПД25	РПД50
Исходные данные	WorldView-1/2, GeoEye	ALOS PRISM (до 2010 г.), RapidEye (привязка по высокоточной опоре M 1:10000)	RapidEye (привязка по опоре M 1:25 000)	WorldView-1/2, GeoEye	ALOS PRISM (до 2010 г.), RapidEye (привязка по высокоточной опоре M 1:10000)	RapidEye (привязка по опоре M 1:25 000)
Пространственное разрешение, м	0,5	2,5 или 5	5	0,5	2,5 или 5	5
Точность (соответ- ствие масштабу)	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:10 000	1:25 000	1:50 000
Минимальный заказ, кв. км	2 500	5 000	10 000	10 000		
Формат поставки	GeoTIFF			JPEG (ECW)		
Мультиперекрытие	Нет			Да		
Стоимость	Стандартная стоимость + 10%			В 2–3 раза ниже стандартной стоимости		

Табл. 1. Сравнительная характеристика продуктов ОРТОРЕГИОН и РПД



Наборы постоянно обновляются посредством данных новой космической съемки. К преимуществам нового продукта РПД отнесем низкую стоимость, отсутствие ограничений на лицензирование использования данных и публикаций в геопортале. По желанию заказчика наборы могут поставляться в местной системе координат.

Активный интерес к использованию космических снимков и внедрению технологий комплексного космического мониторинга в регионах проявляют многие субъекты РФ. Достаточно упомянуть Краснодарский край, Московскую, Калужскую, Воронежскую, Кировскую области, Республику Коми. Республику Бурятия. Республику Мордовия, Ненецкий АО, Ямало-Ненецкий АО и др. Конечно, у каждого региона есть свои особенности, но все они объединены общим пониманием актуальности задачи внедрения технологий комплексного космического мониторинга в регионах.

Самое главное, появились организационноадминистративные предпосылки для широкого внедрения технологий комплексного космического мониторинга в регионах:

- У руководителей большинства регионов пришло четкое понимание необходимости серьезной работы в данном направлении, что, в том числе, связано с активной позицией высшего политического руководства страны по этому вопросу.
- В большинстве регионов созданы организационные структуры, отвечающие за информатизацию. Они имеют различные названия, организационно-правовую форму, сферу полномочий, но все они так или иначе отвечают за развитие современных информационных технологий.
- Идет процесс создания федеральных систем на базе технологий космического мониторинга, появляется возможность организации межведомственного взаимодействия на федеральном и региональным уровнях.

Появился серьезный положительный опыт от внедрения технологий комплексного космического мониторинга в целом ряде регионов, стал очевидным экономический эффект от создания таких систем.

Помимо прямого количественного экономического эффекта результатом внедрения технологий комплексного космического мониторинга в регионах является качественный эффект:

- повышение оперативности, эффективности и качества государственного и муниципального управления;
- повышение информационной открытости и прозрачности деятельности органов государственной и муниципальной власти;
- интеграция информационных ресурсов и информационных систем;
- \* повышение инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности территории за счет публикации в сети Интернет перспективных инвестиционных площадок и проектов.

Технология формирования наборов РПД оптимизирует доступ к большим массивам данных космической съемки и способна обеспечить актуальной, достоверной и комплексной пространственной информацией заказчиков, в том числе и региональные органы власти для оперативной и всесторонней оценки и обоснования принимаемых управленческих решений.

Начало нового тысячелетия принято описывать, как время информационной революции. Сети передачи данных растут с каждым годом, вовлекая все большее количество пользователей, скорости движения информационных потоков увеличиваются. Наборы пространственных данных на базе космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения РПД10, РПД25 и РПД50 делают возможным получать оперативные данные о ситуации в регионе для повышения эффекивности управления и инвестиционной привлекательности.

### Б. А. Дворкин (компания «Совзонд»)

В 1974 г. окончил Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова по специальности «картография». Работал в ПКО «Картография», ООО «Картография Хубер», ГИС-Ассоциации, Научном геоинформационном центре РАН. В настоящее время — главный аналитик компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

# Инфраструктура пространственных данных: региональный аспект

Пространственные данные представляют собой данные о пространственных (географических) объектах, об их местоположении и свойствах. Практически все объекты местности можно отнести к пространственным. Этим объектам свойственно наличие определенного набора свойств, существенным из которых является указание местоположения. Например, прежде, чем описывать какое-нибудь конкретное строение (его размер, материал из которого оно сделано, цвет фасада и т.д.) надо указать где этот объект находится, иначе непонятно о чем идет речь.

Визуальное представление пространственных объектов (например, географическая карта) показывает их взаимное расположение и позволяет проводить анализ размещения, связей и других пространственных отношений.

Бурное развитие компьютерных технологий, возникновение Интернета, появление настольных геоинформационных приложений, а также активное внедрение в повседневную жизнь сервисов определения местоположения (т. н. LBS) на базе спутниковых навигационных систем привели к тому, что пространственные данные все больше становятся неизменным атрибутом нашей повседневной жизни. Если еще сравнительно недавно главным источником пространственных данных была топографическая съемка, то сейчас на пер-

вый план выходят космическая съемка, аэрофотосъемка с беспилотных летательных аппаратов, лазерное сканирование и др. (рис. 1)

Сейчас любая организация, любой частный пользователь получили возможность создавать свои собственные карты и приложения благодаря облегченному доступу к пространственным данным, а также к широкому спектру программ обработки, анализа и визуализации изображений.

Пространственные данные активно используются в самых различных областях, и круг их при-





менения постоянно расширяется по мере совершенствования программных и аппаратных средств. Нанесение пространственных объектов на карту (или представление их в геоинформационной системе) дает возможность не только наглядно увидеть их взаимное расположение, но и благодаря пространственному анализу выявлять закономерности в их размещении и получать новые знания.

В современных условиях решение задач повышения эффективности регионального управления немыслимо без широкого использования достоверной пространственной информации. Пространственные данные вполне способны обеспечивать принятие обоснованных решений на всех уровнях в таких областях как продвижение инвестиционной привлекательности региона, оценка и учет землепользования, мониторинг лесов, ликвидация экологического ущерба и последствий стихийных бедствий. Это только несколько примеров тех сфер, в которых руководители смогут воспользоваться всеми возможностями, которые предоставляют пространственные данные.

Оптимальным решением для создания, актуализации, доступа, обработки и хранения пространственных данных в сети Интернет является региональная инфраструктура пространственных данных (ИПД). Необходимость внедрения в регионах ИПД определяется целым рядом факторов, среди которых можно отметить все возрастающий интерес к космическому мониторингу как источнику актуальных и высокоточных пространственных данных, глобальное распространение геоинформационных технологий как средства эффективного использования пространственных данных, развитие информационно-телекоммуникационных сетей, в том числе сети Интернет.

В чем преимущество комплексного подхода в использовании пространственных данных, реализация которого возможна в рамках ИПД? Объем создаваемых пространственных данных возрастает с каждым днем, при этом отсутствует

координация, работы не носят и системного характера. Отсутствие единой системы информационного обмена такими данными препятствует их эффективному использованию. Существующие системы создания и использования пространственных данных не позволяют обеспечить их полноценную интеграцию и совместное использование с ранее созданными данными.

Можно выделить общие региональные проблемы, связанные с использованием пространственных данных.

Разнородность данных. В создании и обновлении пространственных данных задействованы различные органы исполнительной власти, администрации муниципальных образований. Из-за отсутствия стандартизации в части применения пространственных данных пользователи используют свои методы хранения, представления и обработки пространственных данных, разнообразные программные средства. Как следствие, различаются:

- виды, форматы и структуры хранения данных;
- используемые системы координат;
- классификаторы, используемые для подготовки картографических материалов;
- \* масштабы отображения данных.

Указанные различия серьезно затрудняют обмен, сопоставление и восприятие данных, полученных из различных источников.

Неактуальность картографических материалов. Многие картографические материалы обновляются несвоевременно. Это связано частично с недостаточно развитым применением технологий космического мониторинга и, частично, с отсутствием интеграции между различными информационными системами, позволяющими учитывать внесенные изменения в рамках всех информационных систем.

Разрозненность пространственных данных. Информация, используемая для принятия управленческих решений, распределена по различным информационным системам и собирается в интересах отдельных исполнительных органов или администраций. Из-за отсутствия интеграции между системами нужная информация не всегда доступна в комплексе для анализа; данные могут быть недостоверны или неполны. Это затрудняет анализ текущей ситуации на территории региона, увеличивает временные затраты на сбор информации и может приводить к принятию неверных управленческих решений.

Перечисленные проблемы с успехом решаются созданием региональной ИПД, которая должна быть не просто хорошим набором данных, а служить стандартизированной основой для сбора, хранения и распространения пространственных данных и их описаний, обладать инструментами поиска, визуализации, анализа, надежного доступа к этим данным.

Отметим, что ИПД является составной и неотъемлемой частью информационно-аналитического обеспечения системы принятия решений на региональном уровне, а также в обязательном порядке должна взаимодействовать с федеральной ИПД (рис. 2). Одной из главных задач создания регио-

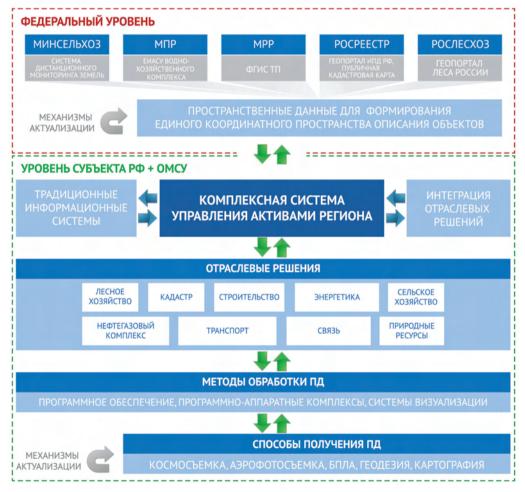


Рис. 2. Структура региональной ИПД



нальной ИПД является поиск гармоничного, оптимального решения, позволяющего объединить все пространственные данные, поступающие от исполнительных органов государственной власти и органов местного самоуправления.

Внедрение ИПД позволит решать следующие задачи:

- \* интеграция всех государственных информационных ресурсов пространственных данных в рамках единой инфраструктуры, создаваемой на базе существующих региональных ведомственных и муниципальных информационных систем:
- предоставление актуальной и достоверной информации о пространственных данных по единым установленным регламентам;
- повышение качества информационного взаимодействия органов регионального и муниципального управления за счет быстрого доступа к различным пространственным данных;
- предоставление обобщенной информации по вопросам, требующим оперативного принятия решений;
- \*\* визуализация (иллюстративная, когнитивная) данных с помощью мультимедиа-технологий, раскрытия причинно-следственных связей анализируемых событий;
- моделирование сценариев развития ситуаций;
- прогнозирование показателей, поиск взаимосвязей между показателями;
- предоставление актуальной информации в объемах, достаточных для принятия необходимых управленческих решений, в том числе и при возникновении чрезвычайных ситуаций;
- осуществление контроля исполнения принятых решений.

Региональная ИПД является не только средой, которая позволяет хранить информацию и обмениваться ею, но включает в себя возможность создания новых данных. Немаловажное значение

имеет поддержка в регионе единого федерального координатного пространства. Это обеспечивается в том числе и обязательным использованием регламентированных систем координат, региональных и местных картографических основ и ортофотосников при создании новых пространственных данных.

Одной из важнейших задач ИПД является создание более совершенных технологий визуализации данных и представление их в привычном для пользователя виде, используя, в том числе, геопорталы, которые в большинстве случаев вполне способны отвечать требованиям широкого круга потребителей к работе с пространственной информации. Использование геопорталов и современных геоинформационных технологий с многопользовательским доступом дает возможность пользователям просматривать, анализировать и использовать данные, независимо от того, кем эти данные созданы.

Создание региональной ИПД обеспечит также доступ к открытым пространственным данным, созданным любой организацией, компанией или физическим лицом; повышение качества пространственных данных; исключение дублирования в создании наборов пространственных данных.

Реализации региональной ИПД позволит:

- повысить качество принимаемых стратегических решений на основе визуализации и углубленной аналитической обработки оперативной информации;
- \* значительно усовершенствовать систему работы с населением, повысить качество обслуживания внешних потребителей данных ГИС за счет публикации необходимой информации посредством сети Интернет;
- исключить дублирование информации;
- сформировать единый порядок сбора, обработки, накопления, хранения, поиска и распространения информации;
- предоставлять всем пользователям ГИС актуальную и достоверную информацию о базовых пространственных данных;

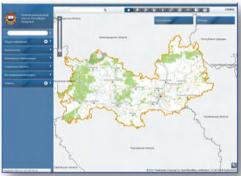




Геопортал Калужской области



Геопортал Воронежской области



Геопортал Республики Мордовия

Рис. 3. Региональные геопорталы

- прогнозировать развитие ситуации в регионе на основе анализа поступающей информации, моделировать последствия управленческих решений, на базе использования информационно-аналитических систем;
- осуществлять мониторинг развития во всех отраслях, относящихся к структурным подразделениям региональной администрации;
- существенно повысить инвестиционную привлекательность региона;
- повысить эффективность работы органов государственной власти и органов местного самоуправления по предупреждению ЧС и ликвидации их последствий.

В тех регионах, где пространственные данные более доступны за счет внедрения геоинформационных технологий, региональных геопорталов и, в конечном счете, создания ИПД, они уже успешно используются для решения важных социальных, экологических и экономических проблем.

В качестве примеров можно привести успешную реализацию совместных с компанией «Совзонд» проектов по использованию пространственных данных на базе космического мониторинга в Москве, Калужской и Воронежской областях, республиках Мордовия и Бурятия и других регионах (рис. 3).



К. Навулюр (K. Navulur; DigitalGlobe, США)

Директор департамента разработки новых продуктов компании DigitalGlobe.

Ф. Пацифици (F. Pacifici; DigitalGlobe, США)

Научный сотрудник департамента исследований и развития компании DigitalGlobe.

Б. Бо (B. Baugh; DigitalGlobe, США)

Разработчик современных геопространственных продуктов департамента исследований и развития компании DigitalGlobe.

# Тенденции развития коммерческого сектора оптической космической съемки

За последнее десятилетие был сделан значительный прогресс в разработке и запуске спутников дистанционного зондирования Земли для съемки как в видимом и инфракрасном диапазонах спектра, так и в микроволновом. Доступ к коммерческим оптическим снимкам сверхвысокого разрешения стал возможен еще 10 лет назад, с вводом эксплуатацию спутников IKONOS и OuickBird, что привело к повышению интереса к космическим снимкам для целей картографии навигации. С тех пор можно наблюдать тенденцию увеличения спроса, как на данные со спутников IKONOS и QuickBird, так и на снимки, полученные с нового поколения космических аппаратов, таких как WorldView-1, WorldView-2, GeoEye-1, а в последнее время Pleiades-1A и Pleiades-1B. В настоящее время потенциал съемки сверхвысокого разрешения составляет более 1,8 млрд кв. км в год, что в 12 раз превышает площадь поверхности суши Земли. В ближайшем эта цифра может увеличиться до 2,4 млрд кв. км в год (в 16 раз больше площади поверхности суши Земли).

Несмотря на огромные объемы полученных данных, коммерческие провайдеры уверены, что сами по себе снимки не смогут удовлетворить всех потребностей заказчиков. Пользователи, работающие в различных областях, нуждают-

ся в точной, целенаправленной, надежной, недорогой, своевременной информации и информационных сервисах, которые предоставляются в формах и форматах, соответствующих определенной сфере деятельности.

Коммерческая отрасль Д33 находится на пороге информационной революции, ввиду того, что появляются новые спутники, которые способны делать все более высококачественные снимки сверхвысокого разрешения и предоставлять доступ к ним и производной информации намного быстрее. Эти тенденции стали возможны благодаря технологическим усовершенствованиям, которые способствовали увеличению скорости обработки, облачным вычислениям, механизмам доставки и появлению новых методов извлечения информации. В совокупности данные факторы делают снимки и полученную информацию более доступными и экономически выгодными.

Как показано на рис. 1, в эволюции геоинформационной отрасли можно выделить четыре этапа, каждый из которых характеризуется своим собственным путем развития. Это — разрешение, точность геопозиционирования и точность съемки, скорость и аналитика.

**Разрешение** космических снимков улучшалось для того, чтобы соответствовать базовым геоин-

Перевод с английского языка и подготовка к публикации Б.А. Дворкина (Компания «Совзонд»)

формационным задачам, стремясь достичь наивысшей детальности изображения. В течение многих лет отрасль продвигалась от стандартного метрового разрешения, пока не была преодолена отметка в полметра. Точность геопозиционирования и точность съемки стала приоритетной, как для правительственных структур, так и для коммерческих компаний, занятых составлением карт и планов для городского планирования, развития инфраструктуры и созданием автомобильных навигационных систем. Увеличение скорости стало одним из основных требований пользователей, которым жизненно необходимым был быстрый доступ к данным, используемым для реагирования на чрезвычайные ситуации, их мониторинга и оценки риска и мониторинга. Благодаря достижениям достигнутым на первых этапах, геоинформационная отрасль вступила в четвертый «аналитический» этап. Стало возможным решать такие задачи, как мониторинг объектов, анализ изменений и оперативный мониторинг «горячих точек» по всему миру, таких как районы стихийных бедствий, социальных волнений или антропогенных катастроф.

## РАЗРЕШЕНИЕ

Проектирование и запуск более совершенных съемочных систем привело к значительному улучшению пространственного, спектрального и временного разрешения. Сенсоры с пространственным разрешением от метра и лучше позволяют выявлять достаточно небольшие объекты, такие как фрагменты жилых домов, промышленных зданий, элементы транспортных и инженерных систем. Мультиспектральные сенсоры предоставляют дополнительные возможности для различения похожих объектов. Временной компонент, сочетающий в себе спектральные и пространственные параметры, может предоставить существенно важную информацию, например, показать динамику роста сельскохозяйственных культур. И наконец, спутники нового поколения имеют высокоэффективные системы управления камерой. Они способны к быстрому перенацеливанию, могут делать десятки снимков одного и того же объекта под различными углами съемки.

Пространственное разрешение — величина, характеризующая размер наименьших объектов,

# 4-й этап: **АНАЛИТИКА** 3-й этап: Стали возможными новые СКОРОСТЬ важные области применения и 2-й этап: Предпочтение в использовании приоритет отдается измерениям **АККУРАТНОСТЬ** космических снимков из-за их на поверхности суши и дне 1-й этап: и точность оперативности и актуальности океанов **РАЗРЕШЕНИЕ** Новый виток развития картографической отрасли и повы-Улучшение пространственшение требования к точности ного разрешения до уровня аэрофотосъемки

Рис. 1. Четыре этапа эволюции геоинформационной отрасли



различимых на изображении. В конце 1990-х гг. мы стали свидетелями запуска первого спутника субметрового разрешения IKONOS. Отчетливой тенденцией ближайших лет просматривается появление спутников с более высоким разрешением. В настоящее время DigitalGlobe работает над созданием коммерческого спутника с пространственным разрешением до 0,41 см. В ближайшие годы, несколько коммерческих операторов планируют запуск спутников с разрешением 1 м или лучше. Например, планируется, что индийский спутник Cartosat-3 будет выполнять съемку с разрешением до 25 см. На рис. 2 дано сравнение снимков с разрешением 1 м, 50 см и 30 см. Например, автомобили могут быть обнаружены с некоторой степенью неопределенности (в зависимости от их размера) на снимках с разрешением 1 м, в то время как при разрешении 50 см можно различить их стекла. Боковые зеркала, марку автомобиля можно, рассмотреть только при разрешении 30 см. Стоит также отметить, что желтые линии на стоянке становятся четкими при разрешении 30 см, в то время как они едва видны при разрешении 1 м.

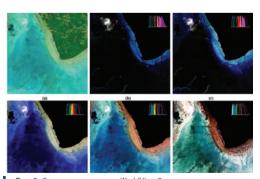
Спектральное разрешение связано с количеством спектральных каналов, в которых ведется съемка. Каждый из спектральных каналов предназначен для конкретных приложений и может располагаться в видимом, ближнем инфракрасном (NIR), коротковолновом инфракрасном (SWIR) или тепловом диапазонах. Коммерческие спутни-

**Рис. 2.** Увеличение пространственного разрешения на оптичесних носмических снимках

ки первоначально имели четыре канала в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах (VNIR). Спутник компании DigitalGlobe WorldView-2 имеет восемь спектральных каналов в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах.

Дополнительные каналы имеют гораздо меньшую ширину (от 40 до 50 нм) по сравнению с 100 нм или более широкими полосами в типичных сенсорах VNIR. На рис. 3 наглядно продемонстрированы «проходы» спутника WorldView-2 над прибрежной акваторией в восьми каналах от самых длинных до самых коротких. Верхний левый снимок представлен в естественных цветах. Как можно заметить, различные элементы местности видны при различных комбинациях каналов. Например, волны и морская растительность видны на при синтезе комбинации ближних инфракрасных каналов, в то время как структурные особенности могут просматриваться при использовании более коротковолновых видимых каналов, таких как фиолетовый (coastal) и голубой.

Радиометрическое разрешение определяется чувствительностью сенсора к изменениям интенсивности электромагнитного излучения. Оно определяется количеством градаций значений цвета, соответствующих переходу от яркости абсолютно «черного» к абсолютно «белому», и выражается в количестве бит на пиксель изображения. Радиометрические характеристики значительно улучшились в последние годы от 8 до 11, и, в конечном счете,



**Puc. 3.** Снимки со спутника WorldView-2 в различных спектральных каналах

до 14 бит на пиксель. Это определяет повышение качество изображения, а также улучшает возможность извлечения информации из снимков, в т.ч. и в автоматическом режиме.

Временное разрешение определяется периодичностью, с которой может быть осуществлена повторная съемка одного и того же участка района спутником (или группировкой спутников). С усовершенствованием технического оборудования, такого, например, как гироскоп, сегодняшние спутники способны производить съемку с все большим отклонением от надира, что привело к колоссальному росту производительности и возможности быстро проводить съемку необходимых объектов. Более высокому временному разрешению способствует также появление технологий, которые позволяют снимать в обоих направлениях. На рис. 4 показаны возможности всех пяти спутников DigitalGlobe.

Группировка спутников DigitalGlobe способна производить съемку любой точки земного шара и получать снимки ежедневно на площадь более 3 млн кв. км. Архив компании имеет полное покрытие большинства стран и городов мира, включая свежие снимки (не ранее трехмесячной давности).

Угловое разрешение определяется способностью сенсоров спутника производить съемку с отклонением от надира, а также стереосъемку. Спутники способны снимать со значительным отклонением от надира и полученные снимки могут быть использованы для измерения высоты объектов, таких как здания или нефтяные резервуары. Многоразовые снимки определенной территории, полученные за один или несколько проходов, могут использоваться для создания точных 3D-моделей городов и цифровых моделей рельефа (ЦМР). Рис. 5 демонстрирует процесс автоматического создания реалистичной 3D-модели, начиная с планирования съемки (рис. 5а) до получения цифровой модели местности (ЦММ) с разрешением 2 м и ЦМР (рис. 56) и, в конечном счете, законченной модели города (рис. 5с).

# ТОЧНОСТЬ ГЕОПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И ТОЧНОСТЬ СЪЕМКИ

Поскольку системы определения местоположения становятся неотъемлемой частью нашей жизни, высокая точность геопозиционирования и точность съемки — это два аспекта, необходимые для использования



**Puc. 4.** Временное разрешение спутников DigitalGlobe



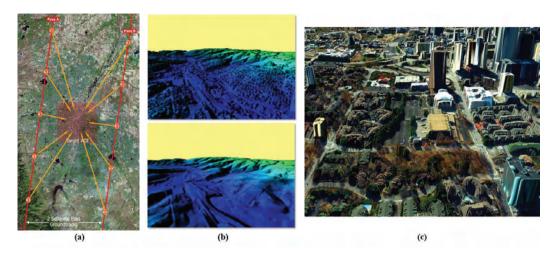


Рис. 5. 3D-модель города, созданная по результатам многоразовой съемки

снимков в этой сфере. Точность геопозиционирования снимков постоянно улучшается — от средних ошибок в 23 м в начале 2000-х гг. до 3 м на сегодняшний день. Улучшение точности стало возможным, в первую очередь, благодаря более стабильным орбитам и появлению инновационных методов последующей обработки снимков, снижающих погрешности. На данный момент существуют технологии, которые позволяют совмещать снимки с векторной информацией с высокой степенью точности. Это, так называемые, «Ortho второго поколения», когда новый снимок совмещается с базовой картой, и, в свою очередь, используется для обновления геопространственных данных, отображенных на этой карте. В ближайшие годы точность должна увеличиваться по мере улучшения спектрального разрешения. С другой стороны важной составляющей является точность съемки объектов, проводимой в разное время. Это важный аспект, который учитывается при создании и поддержании геопространственных баз данных многолетних съемок. Рис. 6 иллюстрирует понятия точности геопозиционирования и точности съемки. Как видно, новые спутники, такие как WorldView-1 и WorldView-2, имеют среднюю точность геопозиционирования 4 м, что можно сравнить с точностью, получаемой при аэрофотосъемки.

## СКОРОСТЬ

Когда случаются события, такие как стихийные бедствия, снимки должны быть доступны пользователям в течение нескольких часов после заказа. Компания DigitalGlobe создала сеть наземных приемных комплексов по всему миру, благодаря чему, снимки передаются, обрабатываются и поставляются пользователям в течение нескольких минут.

Скорость также можно определить как количество времени требуемое для картографирования больших территорий. Используя традиционные методы картографирования, картографы, обычно затрачивают на создание достоверной карты от четырех до пяти лет. Но эти сроки совершенно не приемлемы в современную эпоху развития геоинформационных систем. Отрасль ДЗЗ стала использовать высокопроизводительные суперкомпьютеры и облачные вычисления с целью ускорить решение данных задач. На рис. 7 показаны покры-

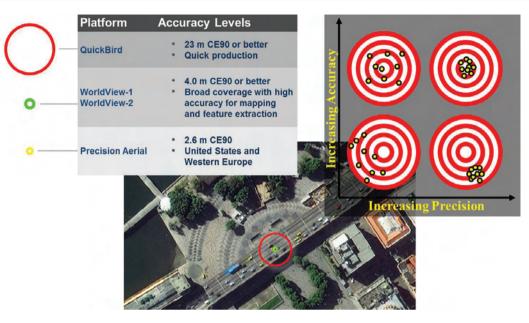


Рис. 6. Увеличение точности геопозиционирования космических снимков



**Рис. 7.** Безоблачные снимки территории Мексики, полученные в течение трех лет и соответствующая ортофотомозаика Северной Мексики с разрешением 50 см



тие безоблачными снимками территории Мексики, полученными в течение трех лет и соответствующая ортофотомозаика Северной Мексики, с разрешением 50 см, созданная компанией DigitalGlobe менее чем за три дня.

# **АНАЛИТИКА**

На сегодняшний день архив компании DigitalGlobe содержит снимки общей площадью более 4,5 млрд кв. км. В связи с тем, что возрастают темпы картографирования Земли и потребности мониторинга объектов и явлений в глобальном масштабе, растет также необходимость в информации для целей «быстрого реагирования» и принятия решений. Это требует от геоинформационной отрасли к переходу к таким методам, которые до этого не применялись. Приведем пример: компания DigitalGlobe использует комбинацию автоматизированных технологий с применением аналитических методов для создания производных продуктов на большие территории. Информационные слои, созданные с помощью таких методов, имеют высокое спектральное, пространственное, и угловое разрешение, что позволяет создавать законченные производные информационные продукты, способные удовлетворить потребности заказчиков во многих областях.

С внедрением методов краудсорсинга в геоинформационной отрасли практически любой человек может помочь дополнить информацию. Приведем пример: торнадо обрушившееся на Оклахому в мае 2013 г., поставило задачу перед группировкой спутников DigitalGlobe быстро провести съемки данной территории. После проведения съемки. компания DigitalGlobe запустила свою недавно разработанную программу Tomnod Crowdsourcing System (TCS), чтобы упростить извлечение информации из снимков. Участники программы были способны быстро локализовать пострадавшие районы с целью оказания помощи и поддержки. Программу TCS является самым эффективным в чрезвычайных ситуациях, когда необходимо немедленное реагирование для быстрого принятия решений. Для оказания поддержки программе TCS в Оклахоме, были размещены объявления в Facebook и Twitter, а также на форуме CrisisMappers (международное междисциплинарное сообщество, использующее новые технологии для предупреждения и реагирования на возникающие гуманитарные чрезвычайные ситуации). Пользователи получили краткое руководство, их попросили просмотреть снимки и определить разрушенные здания, снесенные крыши и упавшие деревья. В течение 60 минут участниками программы было определено более 15 000 пострадавших объектов, и «краудсорсинговая» карта разрушений немедленно была опубликована в сети Интернет. На карте (рис. 8)

Turning This Image...



Рис. 8. Анализ ущерба, причиненного торнадо, проведенный в рамках программа ТСЅ. Город Мур, штат Оклахома, США

виден основной маршрут торнадо в виде разрушенных зданий (оранжевый цвет), идентифицированных участниками программы TCS. Вблизи от основного маршрута, можно увидеть здания со снесенными сильным ветром крышами (выделены синим цветом).

### **WORLDVIEW-3**

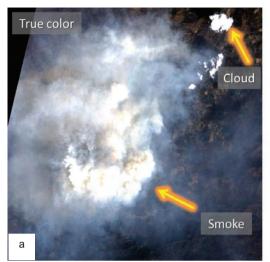
Последние тенденции в геоинформационной отрасли не могли, не оказать влияние на конструирование нового спутника компании DigitalGlobe. Спутник WorldView-3, запуск которого ожидается в 2014 г., будет первым коммерческим спутником высочайшего разрешения с уникальными спектральными характеристиками, имеющим на своем борту несколько приборов. Находясь на орбите высотой 617 км, он будет вести съемку с разрешением 31 см в панхроматическом, 1,24 м в мультиспектральном режиме (видимый и ближний инфракрасный диапазоны) и 3,7 м в коротковолновом инфракрасном режимах (680 000 кв. км ежедневно) со средним временем повторной съемки менее суток и точностью геопозиционирования 3,5 м СЕ90 (или лучше) без опорных точек.

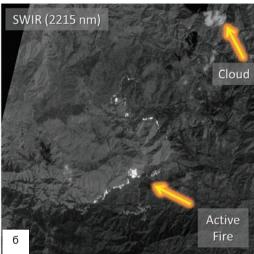
Предполагается, что новый коротковолновый режим съемки (SWIR) окажет существенную помощь при комплексном моделировании и картографировании горных пород, грунтов и почв. Потенциальные области применения включают в себя: геологическое картирование, экологический контроль и мониторинг районов стихийных бедствий, разведку нефтяных месторождений, других полезных ископаемых и геотермальных ресурсов, а также оценка других невозобновляемых ресурсов.

Коротковолновый инфракрасный режим съемки (SWIR) определяется особенностями поглощения инфракрасного излучения водяным паром. Однако в атмосфере для этого излучения есть несколько зон относительно слабого поглощения. Это так называемые «окна пропускания» инфракрасного излуче-

ния. Есть три таких окна для которых в сенсоре WorldView-3 предусмотрены соответствующие каналы съемки. Первое окно включает в себя каналы с длиной волны около 1250 нм. Они полезны исследования особенностей поглощения железа. Индексы вегетации, которые чувствительны к содержанию влаги в листьях. такие например, как NDWI, также хорошо прослеживаются в каналах спектра 1250 нм. Второе окно коротковолнового инфракрасного диапазона находится в полосе 1500-1750 нм. Искусственные материалы и химические вещества, такие, например как пластмасса, стекловолокно, нефтепродукты, поглощают волны в этой части спектра. Здесь же также возможно отделить снег и лед от облаков. Третье «окно пропускания» находится в полосе 2000-2400 нм. Ключевым здесь является поглощение волн минеральными породами. С помощью сенсора с достаточным радиометрическим разрешением возможно выявление минералов и определение их химического состава.

Получение космических снимков как в видимом и ближнем инфракрасном (NIR), так и в коротковолновом инфракрасном диапазонах (SWIR) имеет свои уникальные преимущества, в том числе связанных с повышением «прозрачности» атмосферы и определением состава природных материалов. Из-за своих химических свойств, многие материалы и вещества имеют свои особенности отражения и поглощения волн спектра, что позволяет получать информацию о них из космоса. Это касается растительности, минералов, городских строений (а именно кровельных и строительных материалов и их способности переносить атмосферные воздействия), нефти (например, ее утечки) и множества других техногенных объектов. В коротковолновом инфракрасном диапазоне (SWIR) хорошо различаются снег и лед, а также можно отличить разные виды дыма, например, идентифицировать дым лесного пожара (рис. 9).





**Рис. 9.** Снимки лесного пожара недалеко от Лос-Анджелеса, штат Калифорния, 03.09.2009 г. В то время как дым почти прозрачный, в диапазоне SWIR облака водяного пара остаются непрозрачными о) композит в натуральных цветах (RGB) б) канал 2215 нм в диапазоне SWIR

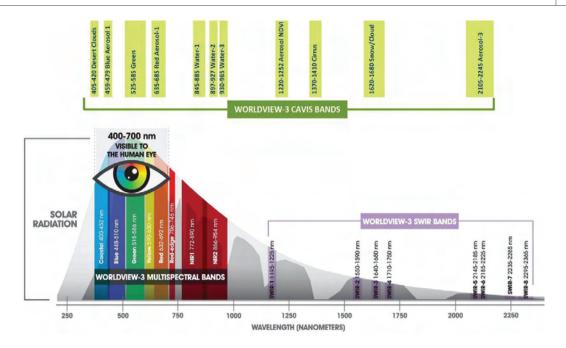
В дополнение к сенсорам NIR и SWIR, обеспечивающих съемку в 17 каналов, спутник WorldView- 3 оснащен также сенсором CAVIS (сокращенно от Cloud, Aerosol, Water Vapor, Ice, Snow — облачность, аэрозоли, водяной пар, лед, снег). Его главное назначение измерять характеристики составляющих атмосферы, необходимые для улучшения качества снимков путем внесения соответствующих поправок. Cencop CAVIS обеспечивает съемку в дополнительных 12 каналах с разрешением 30 м в видимом и ближнем инфракрасном и коротковолновом инфракрасном диапазонах, причем два канала имеют стереоскопические характеристики, что позволяет получать 3D-изображения на каждом проходе. Спектральные диапазоны WorldView-3 проиллюстрированы на рис. 10.

Сенсор CAVIS несомненно улучшит возможности съемки, особенно в районах с повышенной влажностью. Качество изображения, которое не зависит от атмосферных условий, значительно повышает возможность анализа состояния земного покрова и обнаружения измене-

ний, упрощает сравнение разновременных и полученных с разных сенсоров снимков, и позволяет извлекать информацию, используя физические значения. Рис. 11 иллюстрирует влияние коррекции снимка с использованием данных сенсора CAVIS.

### О КОМПАНИИ DIGITALGLOBE

Компания DigitalGlobe является ведущим поставщиком коммерческих космических сним-ков сверхвысокого разрешения и геоинформационных решений, которые помогают людям лучше понимать изменения, происходящие на нашей планете и принимать верные решения для улучшения жизни людей, сохранению ресурсов и времени. Компания является владельцем и оператором спутников Д33 сверхвысокого разрешения IKONOS, QuickBird, GeoEye-1, WorldView-1, WorldView-2 перспективного WorldView-3 (рис. 12). Космические снимков, полученные с наших спутников на весь мир способны удовлетворить самые взы-

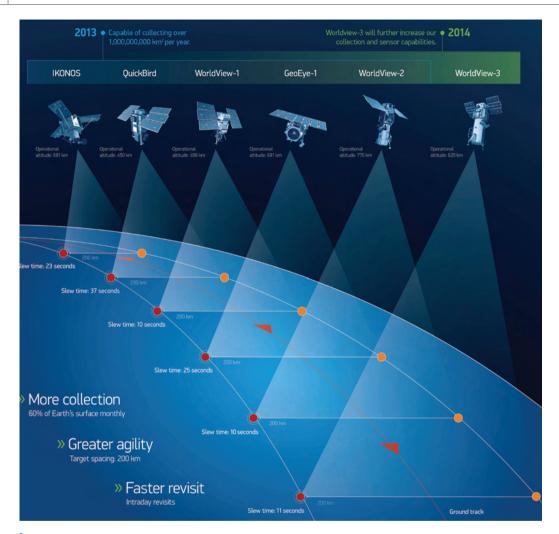


Puc. 10. Спектральные диапазоны спутника WorldView- 3



Рис. 11. Влияние коррекция изображения с использованием данных сенсора CAVIS





Puc. 12. Группировка спутников компании DigitalGlobe

скательные требования наших заказчиков. Ежедневно заказчики из военных и разведовательных структур, гражданских организаций и правительственных агентств, картографы и аналитики, экологи, нефтегазодобывающие компании, специалисты из сферы транспорта, поставщики навигационных устройств ждут данные и информацию от компании DigitalGlobe, надеются на ее технологии и опыт. В январе 2013 г., компания DigitalGlobe объединилась в единую компанию с GeoEye. Объединенная компания способна обеспечить повышенные требования заказчиков в космических снимках, получаемых общей группировкой спутников, и и геоинформационных сервисах. Для получения дополнительной информации об объединении и его преимуществах можно узнать на сайте www.digitalglobe.com/combination

# DigitalGlobe FirstLook

Быстрые ответы на вопросы в кризисных ситуациях.



Жогда жизнь и ценные ресурсы висят на волоске, FirstLook позволяет принимать важные решения на основе четкого представления о ситуации в области интереса.

Наш онлайн сервис обеспечивает быстрый доступ к изображениям до и после события.

Дополнительные возможности анализа позволяют обеспечивать клиентов новой информацией, так что вы можете увидеть результаты антропогенного или природного воздействия, как никогда раньше.

Реагирование в кризисных ситуациях или снижение риска при экстренной эвакуации, в реальном мире ответы начинаются здесь — DigitalGlobe FirstLook.



### Н. Э. Рубцова (компания «Совзонд»)

В 2012 г. окончила Московский государственный университет геодезии и картографии по специальности «аэрофотогромете». В настоящее время — инженерфотограмметрист компании «Совзонд».

# Обработка данных БПЛА в программе UASMaster

В последнее время в сфере аэрофотогеодезии становится все более популярным и обсуждаемым применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в фотограмметрических целях. Ключевыми факторами подобной тенденции является оперативность получения данных и относительно низкая стоимость реализации подобных проектов. Таким образом, съемка небольших территорий в целях крупномасштабного картографирования с помощью беспилотных летательных аппаратов становится практически вне конкуренции для классической аэросъемки или спутниковой съемки по временным и экономическим показателям.

Конечно, помимо преимуществ, съемочные данные с БПЛА характеризуются рядом особенностей, что делает применение к ним классических методов фотограмметрической обработки несколько затруднительным. Масса негативных факторов: использование некалиброванных бытовых камер со шторно-щелевыми затворами без компенсации сдвига изображений, нестабильное поведение летательного аппарата в воздушном пространстве, дешевое бортовое оборудование (зачастую на БПЛА устанавливают только GPS-приемник без инерциальной системы и не применяют дифференциальную коррекцию), — накладывает определенный отпечаток на подход к обработке таких данных.

Поэтому параллельно с ростом интереса к съемке с помощью БПЛА растет и количество новостей от разработчиков современных циф-

ровых фотограмметрических систем (ЦФС) о появлении в их программных продуктах какихто специальных алгоритмов и наборов функций как раз для работы с такими данными.

Среди широко известных фотограмметрических решений одним из наиболее производительных является программный комплекс (ПК) Inpho от компании Trimble — полнофункциональная фотограмметрическая система, позволяющая решать широкий спектр задач, связанных с фотограмметрической обработкой снимков. В данной статье мы более подробно остановимся на возможностях по обработке данных с БПЛА предлагаемых компанией Trimble в ПК Inpho на сегодняшний день.

В Іпрһо специальные алгоритмы для обработки съемочных данных с БПЛА были реализованы, начиная с версии 5.5 (релиз 14 ноября 2012 г.). На сегодняшний день текущая версия программы Іпрһо — 5.6.3 (релиз декабрь 2013 г.). Имеющиеся функциональные возможности по обработке фотограмметрических проектов были расширены путем добавления опций, предназначенных для оптимизации уже существующих алгоритмов и учитывающих некоторые особенности этих данных.

Прежде всего, была реализована полная поддержка данных в формате Gatewing. То есть, например для БПЛА UX5 или X100, через конвертор в файл проекта Inpho автоматически загружаются снимки, информация о камере и данные об ориентации сенсора. Для других беспилотных летательных систем исполь-

зуются стандартные функции импорта при определении проекта.

Стратегия, предложенная разработчиками именно для работы с данными с БПЛА, заключается в итерационной обработке этих данных.

Сначала в модуле МАТСН-АТ выполняется уточнение элементов внешнего ориентирования через функцию автоматического извлечения связующих на одном уровне пирамид загруженных в проект снимков The point extraction in one level (For UAS images or to refine an initial EO). При этом задается достаточно грубая точность автоматических измерений на снимках ( $100 \times$ размер пикселя) и GPS данных (10m по x, y, z), согласно которым этим измерениям присваивается вес при уравнивании проекта. Таким образом, мы указываем программе на высокую степень недоверия этим измерениям на начальном этапе обработки (рис. 1).

Алгоритм извлечения несколько отличается от стандартного алгоритма, когда связующие точки извлекаются на высоких уровнях пирамиды изображений и уточняются по мере приближения к исходному разрешению снимков. Процесс последовательного уточнения заменяется избыточностью измерений для конкретной области проекта за счет использова-

ния всех доступных комбинаций стереопар для данной области проекта. Кроме того, размер матрицы поиска не ограничен. Разумеется, это приводит к увеличению времени вычислений. Основными параметрами уточнения ЭВО являются: уровень пирамиды изображения; ограничение области поиска (задается в средних базисах фотографирования) для сокращения количества снимков, на которых ведется поиск соответственных точек; значение допуска поперечного параллакса для исключения ошибочных отождествлений.

После анализа полученного решения (в том числе интерактивного измерения недостающих связующих точек с помощью инструмента Multi Photo Measurement Tool, например, в областях с низкой текстурой изображения) выполняется пост-обработка (уравнивание). При этом используется алгоритм поиска выбросов, а также снижаются допуски на точностные характеристики измерений на снимках (до 2×размер пикселя), точность GPS данных остается прежней (10 м по x, y, z).

Далее следует измерение всех опорных точек с помощью инструмента Multi Photo Measurement Tool (возможен автоматический, полуавтоматический и ручной режимы измерения связующих и опорных точек).

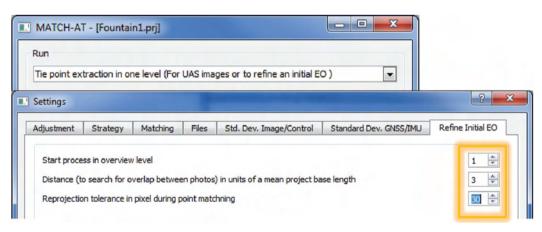


Рис. 1. Окна настройки параметров извлечения связующих точек



При наличии достаточного количества и грамотном расположении опорных точек на следующем этапе выполняется калибровка камеры в модуле inBlock. Начиная с версии Inpho 5.5, модуль inBlock был разделен на 2 режима (лицензирование также раздельное): для калибровки и для строгого уравнивания. Используем inBlock для калибровки камер, задаем точности измерений согласно рекомендациям: точность наблюдений на снимках равна размеру пикселя; точность данных GPS 10м по x, y, z; точность опорных точек по z составляет GSD/8; точность опорных точек по z составляет 3×GSD/8.

В результате получаем уравненный блок с новой калиброванной камерой (все координаты точек пересчитаны согласно полученному значению главной точки). При этом в некоторых случаях, когда приближенные параметры камеры существенно отличались от реальных, измерения большого количества связующих точек могут быть ошибочными. В таких случаях рекомендуется после получения более точных параметров камеры удалить все имеющиеся связующие точки и запустить их повторное измерение. Конечно, если БПЛА был оснащен точным бортовым оборудованием, в том числе проводилось измерение углов с помощью инерциальной системы, была выполнена калибровка камеры, можно использовать стандартную обработку проекта в Inpho.

Следующий этап, на котором потребовались усовершенствования алгоритмов обработки данных традиционной аэросъемки, — это автоматическое извлечение цифровых моделей рельефа (ЦМР) (рис. 2). Для начала напомним, что, начиная с версии 5.5, в ПК Іпрһо был реализован новый алгоритм извлечения плотных облаков точек (с плотностью вплоть до точки на пиксель) – Cost-Based Matching (СВМ). Концептуально, это реализация алгоритма попиксельного отождествления Semi-Global Matching (Hirschmüller, 2005), несколько модифицированного разработчи-

ками программы, например, в СВМ отсутствует шаг предварительного выравнивания яркости пикселей изображений. Рассмотрим работу алгоритма СВМ на примере стереопары двух снимков: сначала по известным элементам внешнего ориентирования выполняется расчет базисных (эпиполярных) линий. то есть линий, где поперечные параллаксы точек отсутствуют. Далее снимки трансформируются таким образом, чтобы базисные линии располагались параллельно оси х. это ограничивает поиск соответственных точек с двух направлений до одного. Далее некоторому пикселю с левого изображения среди некоторого множества п пикселей соответственной базисной линии на правом ищется парный пиксель. При этом для всех пар пикселей вычисляется некоторая функция от корреляции, так называемая «стоимость». В результате мы имеем множество значений стоимостей в виде куба диспаритета, основание которого соответствует размеру матрицы изображения, а высота п. Минимальное значение стоимости соответствует максимальной корреляции. Вычислив для каждого пикселя основания это минимальное значение, получаем карту глубины (каждый пиксель отображает расстояние от точки фотографирования до объекта), которая затем пересчитывается в облако точек, отображающее реальную поверхность. Подобные вычисления выполняются по нескольким направлениям, таким образом, статистические методы обработки позволяют исключить возможные выбросы в результирующем облаке точек.

Для обработки данных БПЛА появилась специальная настройка оптимизации этого автоматического алгоритма UAS. Использование оптимизации увеличивает число участвующих моделей (стереопар) с 1 до 6. То есть для создания облака точек будут использованы несколько моделей для измерения одной точки (рис. 3). Логично, что при этом будет создано больше точек, но это потребует и значи-

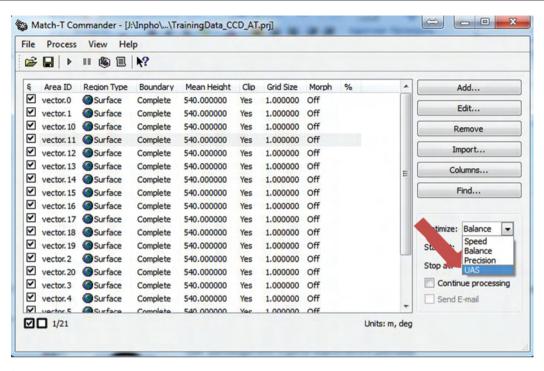


Рис. 2. Настройки параметров извлечения цифровой модели высот

тельно больше времени для обработки. Кроме того при использовании этого типа оптимизации МАТСН-Т DSM увеличивает минимальный угол засечки до 9°, то есть при создании облака точек не используются пары с коротким базисом, которые снижают результирующую высотную точность.

Остальные модули работают как обычно. То есть далее можно в интерактивном или автоматическом режиме выполнить редактирование, классификацию, фильтрацию полученного облака точек в модуле DTMaster и с помощью инструмента DTMToolkit. А затем, используя полученную ЦМР или цифровую модель местности (ЦММ), построить ортофото (истинное орто) и мозаику (истинную мозаику) с помощью модулей OrthoMaster и OrthoVista.

Стоит отметить, что все упомянутые модули ПК Inpho можно запускать с помощью пакетно-

го задания — batch-файла (инструмент DTMToolkit может быть использован через командную строку, начиная с версии 5.6.0). То есть Inpho предлагает пользователям возможность создания однокнопочного решения типа «черный яшик».

Конечно, использование подхода не гарантирует, что теперь программа позволяет в полностью автоматическом режиме получить результаты топографической точности по нажатию одной кнопки. Разработчики по-прежнему советуют тщательно подходить ко всему процессу получения конечной продукции, начиная с проектирования съемки. Например, распределение опорных точек должно быть аналогичным традиционной аэросъемке. Здесь также нужно учесть некоторые специфические требования, если вы надеетесь на качественный результат. Например, продольное перекрытие



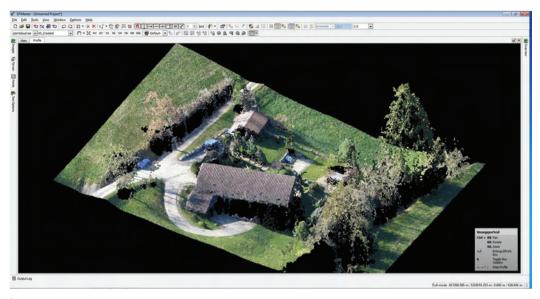


Рис. 3. Пример автоматически полученного облака точек по результатам съемки с БПЛА

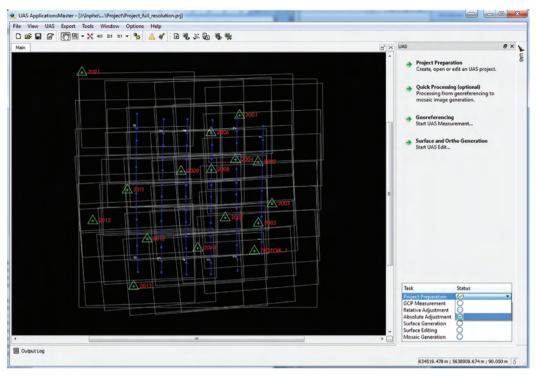
снимков должно составлять порядка 80–90%, чтобы в покрытии не было дыр в результате «болтанки» самолета в воздухе. Далее в работу включается оператор, который должен правильно определить проект, выбрать точности всех параметров, участвующих в уравнивании, принять решение о качестве уравненного блока/модели высот, отредактировать что-то вручную. Но у такого подхода, когда оператор контролирует каждый этап обработки, есть противники. Относительно низкая стоимость съемки вытекает в обработку данных в дорогостоящем ПО, требующем специальных знаний.

Таким образом, учитывая специфику проектов и требования некоторых клиентов по обработке именно данных с БПЛА (то есть не всем нужны все функциональные возможности модулей Inpho), было принято решение по созданию отдельного продукта на основе имеющегося опыта компании. В конце прошлого года компания анонсировала выход нового отдельного и самодостаточного программного продукта для обработки данных с БПЛА —

UASMaster (рис. 4). Программа является своего рода мостиком между обработкой в режиме «черного ящика» для пользователя не эксперта и обработкой в более интерактивном режиме для пользователя фотограмметриста.

Интерфейс программы будет знаком пользователям стандартных модулей Inpho, иконки функций, названия инструментов и т.п. остались без изменений (рис. 4). Но все окна программы, что весьма ценно для новых пользователей и непрофессионалов, были дополнены новой вкладкой UAS, которая является своего рода инструкцией: последовательность использования инструментов сверху в низ. Дополнительно появилось окно заполнения статусов, для самоконтроля.

Как было сказано выше, при создании продукта использовался опыт классического Inpho, то есть фактически это тот же ПК Inpho, но с ограниченными возможностями. Ограничения: максимальный проект из 2000 снимков, камера не более 40 мегапикселей, создание единого облака точек на проект и единой мозаики.



Puc. 4. Интерфейс программы UASMaster

Внутри программы остается модульность. Создание проекта выполняется в окне UAS Applications Master (аналог Applications Master) — создание проекта, опции конвертирования проекта и снимков, загрузка всей исходной информации, формирование проекта. Программа сохранила подход Inpho для инструментов импорта данных в проект, то есть могут быть загружены практически любые данные (как с БПЛА самолетного типа, так и вертолетного). Нужно отметить, что разработчики тестировали продукт перед его релизом на различных данных, предоставленных партнерами компании Trimble, в том числе съемке с воздушного шара; или когда территория была отснята различными камерами (обработка велась в среде единого проекта). UAS Applications Master также является ядром программы для запуска последующих этапов обработки.

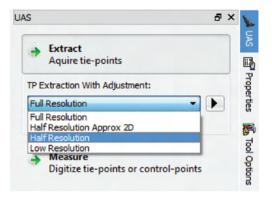
Фототриангуляция выполняется в окне UAS Measurement (аналог Photo Measurement Tool). Здесь произошли максимальные изменения. В последнее время области компьютерного зрения и фотограмметрии идут рука об руку, и в результате в фотограмметрических программах появляются новые алгоритмы отождествления изображений, автоматического распознавания объектов и т.д. Компания Inpho также следит за последними тенденциями и инновациями, и таким образом в UASMaster был реализован алгоритм автоматического извлечения связующих точек по всей области перекрытия (а не только в зонах Ван Грубера) с помощью оператора SIFT. Это позволяет получать высококачественный



результат взаимного ориентирования блока при минимальном вмешательстве оператора. Добавлены различные стратегии, в зависимости от полноты и качества исходной информации (учитывается разрешение снимков, точность и наличие информации от бортовых систем). Можно извлекать связующие точки на исходном разрешении снимков Full Resolution (рекомендуется при размере пикселя более 4 мкм), на загрубленном в 2 раза разрешении Half Resolution (при небольших размерах пикселя), низком разрешении Low Resolution (для грубого уточнения ЭВО) и уточнить угловые ЭВО Half Resolution Approx 2D (для блоков с неизвестными или очень грубыми ЭВО) (рис. 5).

Чем аргументированы варианты извлечения точек на разных уровнях пирамиды? Представьте себе, что съемка выполнялась на высоте 70 м с помощью камеры SonyNex (БПЛА UX5), размер пикселя на местности GSD составит 2 см. Для меньших сенсоров (пиксели меньше) это значение будет намного меньше. Учитывая качество изображений, не стоит ожидать точность < 2 см в пространстве объекта, хотя теоретически обработка на исходном разрешении Full Resolution должна давать именно подпиксельную точность. Поэтому для небольших сенсоров мы рекомендуем выполнять обработку с загрубленным в два раза разрешением Half Resolution, так обработка будет выполнена гораздо быстрее и результирующая точность будет сопоставима с результатом обработки на исходном разрешении Full Resolution.

После измерения опорных точек доступно уравнивание с параллельной калибровкой камеры (рис. 6). Опять же в зависимости от полноты исходной информации (какие параметры камеры были известны) можно выбрать соответствующую стратегию обработки. Калибровка камеры с помощью метода первого приближения First Approximation используется при отсутствии информации о



**Puc. 5.** Настройка метода извлечения связующих точек

дисторсии камеры. Уравнивание с калибровкой позволяет получить первую модель дисторсии камеры, и, следовательно, уточнить проекции опорных точек (проще измерить). Экстенсивная Extensive калибровка должна быть выполнена для всех камер, независимо от ее качества. Для этой калибровки требуется предварительная модель дисторсии для ее уточнения. Будет выполнено пять последовательных калибровок. Уточнение Refine следует использовать, если после калибровки в режиме Extensive были

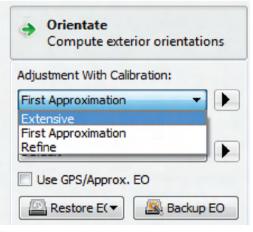
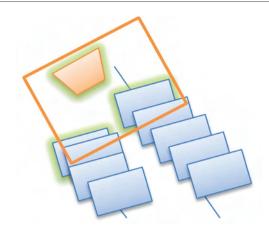


Рис. 6. Настройка метода уравнивания с калибровкой камеры

измерены дополнительные опорные точки. Новые опорные точки могут оказывать влияние на модель камеры и, следовательно, должны быть учтены в калибровке.

Опционально можно выполнять уравнивание блока по одной из трех доступных стратегий. Все три варианта уравнивания являются необязательными. Они необходимы только при повторном измерении точек, после проверки измерений или для изменения параметров уравнивания. Метод по умолчанию Default следует использовать только в случае, если ваша камера была откалибрована, и вы измерили новые или повторно измерили некоторые связующие или опорные точки. Метод Weak следует использовать, если ваша камера не откалибрована или конфигурация блока неустойчива, например, для предварительного поиска ошибочных измерений опорных точек. Метод Weak Approx.2D может использоваться для снимков, для которых не было измерено автоматических связующих точек, и которые должны быть подключены к остальной части блока после выполнения ручных измерений (рис. 7).

По сути, встроенные алгоритмы являются гарантом получения надежных результатов даже оператором без знания фотограмметрии и какого-либо опыта в обработке данных. Тем не менее, оставлены возможности интерактивного измерения связи для особо проблематичных областей (смаз какой-либо области проекта, большие области с однородной текстурой и т.п.). Ручное редактирование или создание новых измерений возможно в моно и стерео режиме; также доступны режимы полностью ручного, автоматического и полуавтоматического измерений. Инструменты анализа данных с помощью графических инструментов, как эллипсы ошибок, остаточные невязки и т.п., доступны в полном объеме. Окно информации о статистической оценке также осталось без изменений. То есть пользователям доступен полный



**Рис. 7.** Иллюстрация необходимости использования метода уравнивания Weak Approx.2D

набор инструментов Inpho для экспертизы и редактирования уравненного блока (рис. 8). Кроме того, реализована новая интересная функция: в окне накидного монтажа инструмента UAS Measurement можно выделить несколько снимков, и при запуске какоголибо этапа обработки все вычисления будут выполнены только для этих снимков.

Нужно отдать должное разработчикам программы. Даже при наличии в проекте смазанных снимков, грубых значениях координат центров фотографирования, неполном определении камеры, небольшой матрице фотоаппарата и неоптимальном распределении опорных данных по площади проекта ожидаемая точность может составить вплоть до 0,7 пикселя.

После уравнивания блока можно переходить на этап создания конечных продуктов обработки: ЦМР/ЦММ и ортомозаик в окне UAS Edit (рис. 9). Создание высотных моделей выполняется по пирамидам изображений, с последовательным уточнением и увеличением степени детализации. При создании ЦМР используются два основных алгоритма отождествления: наименьших квадратов (МНК=LSM) и объектно-ориентированный



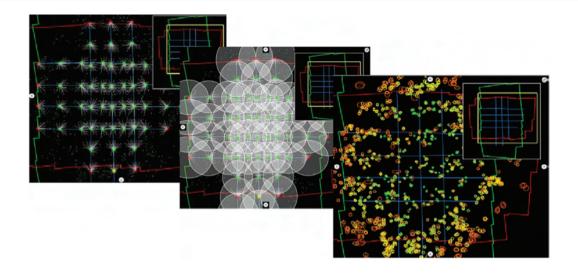


Рис. 8. Оценка качества уравнивания с помощью различных графических инструментов

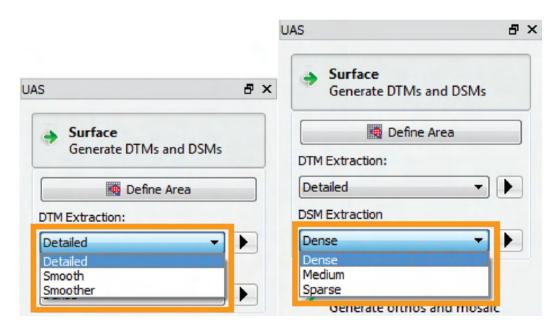
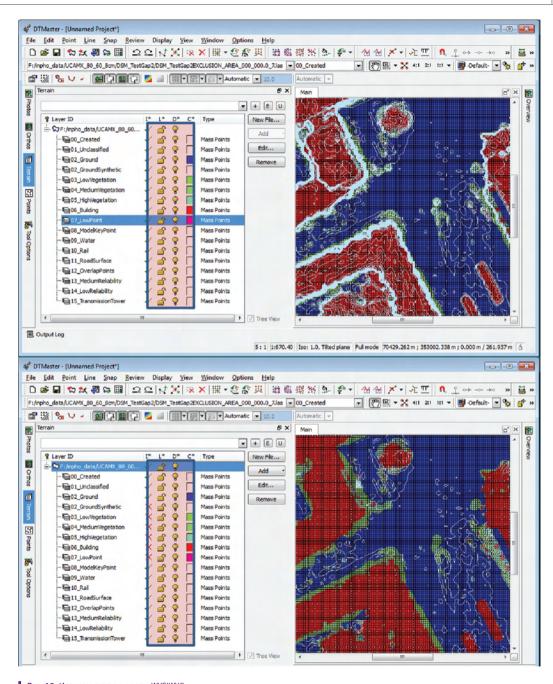


Рис. 9. Настройка метода автоматического создания ЦМР и ЦММ



Puc. 10. Иллюстрация принципа WYSIWYG



(FBM). Возможно создание ЦМР с различным шагом сетки: Detailed (Детальная) — сетка с шагом 27×GSD по уровню 0; Smooth (Гладкая) — сетка с шагом 30×GSD по уровню 1; Smoother (Более гладкая) — сетка с шагом 30×GSD по уровню 2. При создании ЦММ используется метод СВМ. Возможно автоматическое извлечение цветного облака точек, по которому потом рассчитывается модель высот, с плотностью до точки на пиксель. При этом скорость обработки составляет порядка 3 секунд на снимок, а результирующая точность по высоте составляет 1-2 пикселя. Для ЦММ также доступно настроить результирующую плотность: Dense (Плотная) — сетка с шагом 3×GSD по уровню 0, Medium (Средняя) — сетка с шагом 3×GSD по уровню 1, Sparse (Редкая) — сетка с шагом 3×GSD по уровню 2. Здесь используются уже протестированные в классическом Inpho и доказавшие свою эффективность и надежность алгоритмы интерполяции, фильтрации шумов и выбросов. Кроме того остались возможности редактирования и оцифровки структурных линий, объектов и т.п. в 3D.

После создания модели высот следует создание ортофотомозаки с автоматическим выравниванием по цветам и возможностью отслеживания и заполнения невидимых областей (для создания истинных ортомозаик). При этом опять же используются многократно протестированные алгоритмы автоматического построения линий сшибки на основе объектно-ориентированного подхода. Для создания выровненной по цвету и интенсивности мозаики радиометрическая коррекция выполняется в автоматическом режиме как для отдельного снимка (удаление бликов, эффектов виньетирования), так и для группы снимков. Скорость обработки составляет порядка 4 секунд на снимок. Реализован очень удобный подход к использованию имеющейся в проекте высотной информации: WYSIWYG (What you see is was you get). То есть можно включать/отключать часть высотной информации и оценивать, как это повляет на конечный результат обработки (рис. 10).

Стоит отметить, что в окне UAS Edit существует возможность определения области обработки с помощью полигона произвольной формы.

Ну и конечно, в программе есть возможность использования одной из двух возможных стратегий режима «черного ящика» Quick Processing. Если ваш проект имеет достаточно полное определение данных, можно запустить алгоритм Full Resolution. Для получения более грубого и общего решения используется алгоритм Preview. В результате вы получите уравненный блок, матрицу высот и ортомозаику на весь проект.

Безусловно, при наличии соответствующих лицензий, проект можно экспортировать в стандартную среду Inpho для выполнения более сложных операций, на которые существуют ограничения в новой программе UASMaster, например, для деления на тайлы цифровых моделей рельефа в DTMToolkit или ортомозаик в OrthoVista, преобразования форматов высотных моделей и т.п.

Подводя итог всему вышесказанному, хочется еще раз напомнить, что компания Inpho и предлагаемые ею программные продукты надежно зарекомендовали себя на рынке фотограмметрических решений. Новая программа UASMaster — это отчасти абсолютно новое ПО, нацеленное на решение всех специфических задач по обработке данных с БПЛА, но в то же время, в нем используется принцип наследия всего лучшего из существующих решений Inpho по обработке аэрофотосъемки в целом. Несмотря на кажущуюся сложность программы и множество функций, выполнять обработку может практически любой пользователь, даже не имеющий специального фотограмметрического образования.

## Возможности автоматизации рабочих процессов в программном комплексе ENVI\*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Возрастающее качество изображений. полученных со спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), делает их все более надежными и востребованными источниками получения информации об объектах земной поверхности. Инструменты и технологические модули, помогающие легко и безошибочно извлекать информацию из изображений, чрезвычайно важны для решения как научных, так и производственных задач. Многие специалисты по обработке данных ДЗЗ и иные специалисты, работающие с пространственной информацией в различных областях, выбирают программный комплекс (ПК) ENVI — ведущее программное обеспечение по извлечению информации из изображений, полученных методами ДЗЗ. В ENVI реализованы новейшие научно обоснованные алгоритмы, разработанные в соответствии с последними тенденциями развития технологий обработки изображений.

С выходом новых версий функционал ENVI становится все более адаптированным для решения конкретных прикладных задач. Автоматизированные модули рабочих процессов (workflows) и мастера (wizards) обеспечивают удобное пошаговое выполнение сложных операций, используя простые интерфейсы. Это позволяет решать задачи обработки данных Д33 даже специалистам с небольшим опытом.

Основное внимание при выходе новых версий ENVI уделяется разработке прикладных специализированных модулей, снабженных описаниями каждой стадии, что позволяет быстро и легко получать желаемые результаты на базе аэрокосмических снимков. Наличие описания обеспечивает быстрое освоение модулей как профессионалами, так и новичками в сфере тематической обработки снимков. Модули рабочие процессы ПК ENVI адаптированы для использования различных типов данных. Результаты, получаемые по завершении работы модулей, могут быть напрямую экспортированы в базы данных ГИС, Google Earth либо перенесены в ArcGIS для подготовки карт и отчетной документации.

В ПК ENVI рабочие процессы обеспечивают решение широкого спектра наиболее востребованных задач обработки мультиспектральных, гиперспектральных и радарных данных. Ниже речь пойдет о модуле ENVI Feature Extraction, инструментах SPEAR Tools, и Target Detection Wizard.

#### МОДУЛЬ ENVI FEATURE EXTRACTION

Модуль ENVI Feature Extraction — дополнительный модуль ENVI, позволяющий быстро и эффективно дешифрировать пространственные объекты по аэрокосмическим снимкам. Часто перед учёными, инженерами, ГИС-специалистами стоит задача автоматизированно-

<sup>\*</sup> Статья подготовлена по материалам сайта http://www.exelisvis.com/. Перевод с английского выполнен ведущим специалистом по тематической обработке данных ДЗЗ С. Г. Мышляковым (компания «Совзонд»)



го выделения каких-либо целевых объектов на снимках. Однако процесс ручной оцифровки объектов сопряжен со сложностями распознавания образов и временными трудозатратами. К тому же, при работе с мульти- и гиперспектральными снимками специалист-дешифровщик видит лишь картинку, полученную в результате комбинирования трех спектральных каналов в цветовой RGB-модели.

Модуль ENVI Feature Extraction может быть успешно использован для автоматизированного дешифрирования таких объектов как транспортные средства, здания, дороги, мосты, реки, озера, поля. Модуль оптимально подходит для извлечения информации из панхроматических и мультиспектральных снимков сверхвысокого разрешения. Дешифрирование основано на использовании спектральных, текстурных и морфологических дешифровочных признаков. Дополнительные наборы данных, такие как, например, цифровые модели рельефа, могут быть также добавлены в рабочий процесс с целью улучшения результатов дешифрирования. Рабочий процесс по извлечению целевой информации построен таким образом, чтобы оператор тратил меньше времени на понимание деталей обработки и больше сосредотачивался на интерпретации результатов дешифрирования.

Традиционные алгоритмы классификации изображений, реализованные в большинстве программных пакетов по обработке данных ДЗЗ, основаны на попиксельной обработке. Сущность ее заключается в отнесении каждого пикселя растрового изображения к определенному классу, на основе некоторых правил в соответствии со значением его спектральной энергетической яркости. Точность данного подхода обычно зависит от количества спектральных каналов и пространственного разрешения снимков. Для автоматизированного дешифрирования снимков сверхвысокого разрешения, широко используемых в настоящее время, более предпочтительным

является объектно-ориентированный подход, позволяющий использовать для выделения объектов не только спектральные, но также текстурные и морфологические свойства объектов, отобразившихся на снимках.

Именно объектно-ориентированный подход к выделению объектов на снимках реализован в модуле ENVI Feature Extraction. Хорошие результаты дешифрирования при использовании данного подхода могут быть получены даже при ограниченном числе спектральных каналов, в том числе и при использовании одноканальных панхроматических изображений. Объект представляет собой выделенную по особым правилам область на снимке с присущими однородными спектральными, текстурными и морфологическими характеристиками.

Рабочий процесс дешифрирования целевых объектов включает сегментацию изображений, расчет атрибутов (дешифровочных признаков) для каждого сегмента с образованием объектов и классификации объектов (контролируемой либо на основе правил) (рис. 1). Модуль позволяет пользователю контролировать процесс дешифрирования и адаптировать его под конкретные целевые объекты дешифрирования.

На первом этапе осуществляется выделение объектов. Задача выделения объектов включает сегментацию и вычисление атрибутов полученных сегментов. Когда данный этап выполнен, пользователь может экспортировать полученные сегменты в векторный формат либо выполнить классификацию изображения. Второй этап – классификация изображений — может быть осуществлена на основании эталонов (с обучением), либо на основе заданного набора правил отнесения объектов к тому или иному классу (экспертная классификация). Результаты классификации могут быть сохранены в векторном либо в растровом форматах.

Одним из наиболее важных аспектов модуля ENVI Feature Extraction является возможность предварительного просмотра результатов на

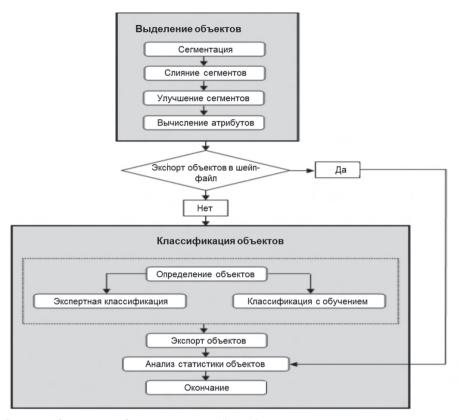


Рис. 1. Блок-схема рабочего процесса объектно-ориентированной классификации

каждом этапе рабочего процесса. Изменения исходных параметров осуществляются «на лету» и сразу отображаются в окне предварительного просмотра. Окно предварительного просмотра, в свою очередь, можно передвигать по экрану, его размеры также можно изменить (рис. 2).

Объектно-ориентированный подход обеспечивает существенное сокращение временных затрат, по сравнению с традиционными методами дешифрирования. Наличие функции предпросмотра позволяет быстро и эффективно оценить точность результатов сегментации и классификации, не дожидаясь, пока изображение будет полностью обработано. Это осо-

бенно важно при экспертной «подгонке» исходных параметров сегментации и классификации. Как только удовлетворительные параметры найдены, можно запускать алгоритм для обработки всего изображения.

Заключительным этапом рабочего процесса является классификация объектов. Оператор может самостоятельно создать обучающие выборки на сегментированном изображении, импортировать результаты полевого эталонирования либо задать правила, определяющие способы дешифрирования отдельных классов.

Таким образом, модуль ENVI Feature Extraction позволяет автоматизировано дешифрировать объекты на панхроматических,



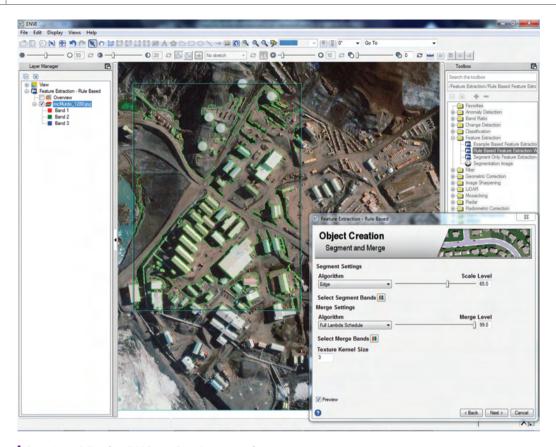


Рис. 2. Интерфейс модуля ENVI Feature Extraction и окно предварительного просмотра результатов

мультиспектральных и гиперспектральных изображениях. Вкупе с прочими алгоритмами классификации, доступными в ПК ENVI (контролируемая, неконтролируемая классификации, классификация по методу дерева принятия решений, нейронных сетей), ПК ENVI обеспечивает максимально полный арсенал программных средств, необходимых для автоматизированного дешифрирования снимков.

#### НАБОР ИНСТРУМЕНТОВ SPEAR TOOLS

Набор инструментов SPEAR Tools (Spectral Processing Exploitation and Analysis Resource),

интегрирован в базовый функционал ENVI, предназначен для оптимизации спектральной обработки снимков. SPEAR Tools интегрирует наиболее распространенные операции по обработке снимков в автоматизированные пошаговые рабочие процессы. Разработанные для геопространственного анализа изображений, инструменты SPEAR Tools в значительной степени сокращают время, необходимое для выполнения таких операций как повышение четкости изображения (рапshагрепіпд), разновременной анализ (change detection), классификация поверхностей и других. Инструменты снабжены пошаговыми

инструкциями и обладают интуитивно понятным интерфейсом, что обеспечивает простоту освоения и удобство использования.

В состав SPEAR Tools включено 15 рабочих процессов, оптимизированных для обработки мультиспектральных изображений. Используя мощные и проверенные инструменты, уже реализованные в ПК ENVI, SPEAR Tools предоставляет простой и надежный способ обработки изображений.

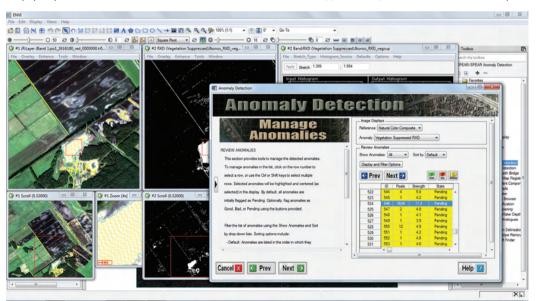
SPEAR Tools включает следующие инструменты:

- \* Anomaly Detection (Выявление аномалий);
- \* Change Detection (Выявление изменений);
- ★ Google Earth Bridge (Связь с Google Earth);
- \* Image-to-Map Registration (Геопозиционирование снимка по векторным данным);
- \* Independent Components Analysis (Анализ независимых компонент);
- \* Lines of Communication (Линии коммуникаций);
- \* Metadata Browser (Браузер метаданных);
- Terrain-based Orthorectification (Ортотрансформирование);

- Pan Sharpening (Увеличение пространственного разрешения изображений);
- \* Relative Water Depth (Определение относительной глубины водоемов);
- \* Spectral Analogues (Спектральные аналоги);
- \* TERCAT (Terrain Categorization) (Категоризация поверхностей):
- Vegetation Delineation and Stress Detection (Дешифрирование растительности и определение вегетационного стресса);
- \* Vertical Stripe Removal (Удаление вертикальных полос);
- \* Watercraft Finder (Поиск судов).

#### ANOMALY DETECTION

Инструмент обеспечивает поиск любых объектов или областей на снимке, спектральная яркость которых сильно отличается от фоновой спектральной яркости (спектральных аномалий) (рис. 3). В ENVI реализован алгоритм Reed-Xiaoli Detector (RXD) для поиска и выделения целевых объектов, которые



Puc. 3. Инструмент Anomaly Detection. Контроль выделенных в автоматизированном режиме аномалий



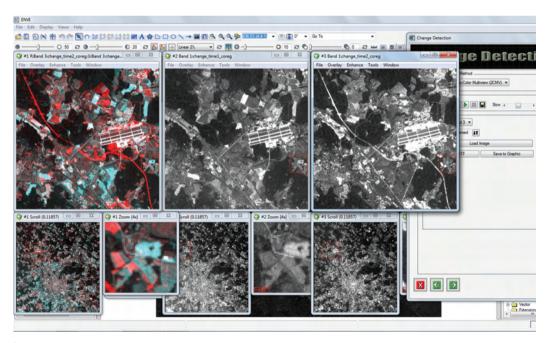
статистически отделены от фона изображения. Инструмент включает опции разбиения изображения, задания порога чувствительности и возможность ручного редактирования выделенных в автоматизированном режиме аномалий.

#### SPEAR CHANGE DETECTION

Инструмент обнаружения изменений Change Detection обеспечивает возможность сравнения изображений, полученных на одну и ту же территорию за различные даты. Инструмент позволяет в автоматизированном режиме выделить области, где произошли изменения (рис. 4). В инструменте Change Detection реализованы следующие методы выявления относительных изменений:

 Преобразование. Исходные наборы данных объединяются в единый файл, а затем обра-

- батываются при помощи специализированных алгоритмов (анализ главных компонент, минимальная шумовая часть, анализ независимых компонент), в результате чего вычисляется степень корреляции объектов на исходных изображениях.
- \*\* Вычитательный метод. Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI), отношение красного канала к синему каналу и искусственное отношение вычисляются для исходных наборов данных. Разностные изображения, отображающие произошедшие изменения, получаются в результате вычитания из исходных изображений полученных результатов.
- \* Мультивременной композит (2CMV). Изображение определенного спектрального канала за одну дату визуализируется в красном канале RGB-модели, а изображение того же спектрального канала за другую



Puc. 4. Инструмент Change Detection. Построение мультивременного композита

дату визуализируются в зеленом и синем каналах. Объекты, для которых в результате имевших место изменений произошло уменьшение спектральной яркости, отобразятся в голубых тонах. Объекты, для которых произошло увеличение спектральной яркости, отобразятся в красных тонах. Указанные цвета индицируют произошедшие изменения и их направленность.

#### **GOOGLE EARTH BRIDGE**

Google Earth Bridge обеспечивает простой способ экспорта растровых и векторных данных из ПК ENVI в Google Earth. Создает КМСфайлы, содержащие векторные данные (включая границы снимков). Растровые данные экспортируются в виде эскизов изображений (thumbnails) с возможностью их наложения на определенную область поверхности Google Earth.

#### **IMAGE-TO-MAP REGISTRATION**

Image-to-Map Registration предназначен для пространственной привязки изображений ДЗЗ по геопозиционированным векторным данным. Пространственная привязка (геопозиционирование) обеспечивает совмещение снимков с другими геоданными и возможность их совместного анализа.

#### INDEPENDENT COMPONENETS ANALYSIS

Инструмент Independent Componenets Analysis преобразует исходное мультиспектральное изображение по методу независимых компонент. В результате преобразования создается новый многоканальный растр, содержащий линейную комбинацию исходных спектральных каналов. Данный способ спектрального преобразования создает новое изображение с взаимно независимыми значениями спектральных яркостей. Изобра-

жения, полученные в результате преобразования по методу независимых компонент, позволяют различить объекты, даже, если они имеют крайне малое распространение на снимке. Рабочий процесс адаптирован для мультиспектральных и гиперспектральных данных.

#### LINES OF COMMUNICATION

Инструмент Lines of Communication обеспечивает оптимальную спектральную обработку снимков для выделения и картографирования дорог, рек и иных линейных объектов (рис. 5). Инструмент способствует более эффективной ручной оцифровке дорог и коммуникаций, а также водных объектов за счет «подчеркивания» на изображении соответствующих объектов.

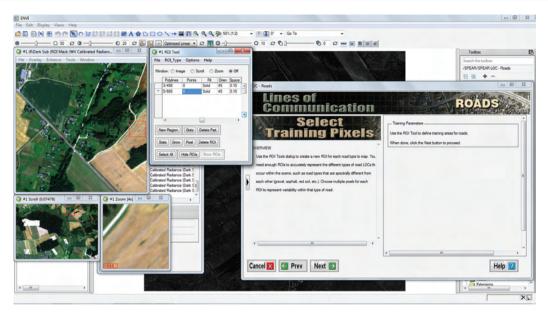
#### METADATA BROWSER

Встроенный браузер метаданных считывает ключевые метаданные в формате NITF (National Imagery Transmission Format) и отображает их в удобном для восприятия виде. В дополнении к этому данный инструмент позволяет сравнивать разновременные изображения и предоставлять в режиме 3D-графики информацию о местоположении спутника в момент съемки, геометрии съемки и местоположении Солнца (рис. 6). Кроме этого, имеется возможность одновременного просмотра метаданных различных снимков для оценки их качества и пригодности для решения различных задач.

#### TERRAIN-BASED ORTHORECTIFICATION

Модуль Terrain-based Orthorectification предназначен для ортотрансформирования снимков с использованием коэффициентов рационального многочлена (rational polynomial coefficients, RPC), цифровой моде-





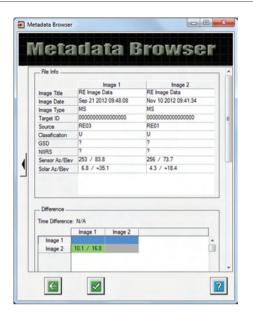


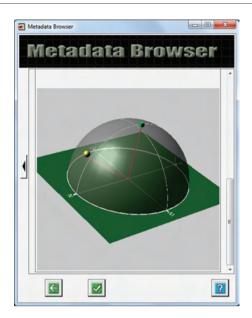
Puc. 5. Инструмент Lines of Communication. Результат спектральных преобразований для выделения дорог

ли рельефа, информации о геоиде и наземных опорных точках. На Ортотрансформированном изображении (ортофотоплане) координаты пространственных объектов максимально приближены к истинным координатам на местности, также устранены искажения, вызванные геометрией съемки и влиянием рельефа.

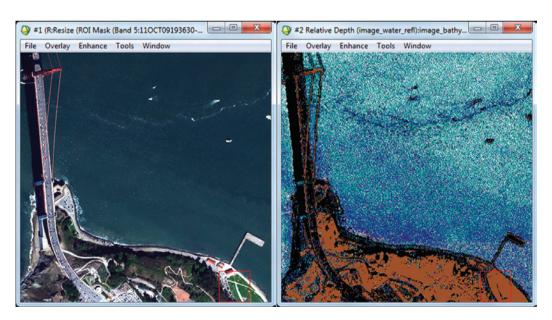
#### PAN SHARPENING

Инструмент Pan Sharpening предназначен для создания изображений на базе синхронно полученных панхроматических и мультиспектральных снимков. Создаваемые в результате операции Pan Sharpening изображения наследуют более высокое пространст-





Puc. 6. Инструмент Metadata Browser. Просмотр метаданных и трехмерная визуализация местоположения спутника в момент съемки



**Puc. 7.** Инструмент Relative Water Depth. Построение изображения относительных глубин. Более темные участки соответствуют меньшим глубинам



венное разрешение панхроматического снимка и цветовые характеристики спектральных каналов.

#### RELATIVE WATER DEPTH

Инструмент Relative Water Depth дает возможность быстрого построения растровых карт относительных глубин водных объектов (рис. 7). При помощи Relative Water Depth пользователь может получить общую картину батиметрии водоема. При наличии данных о замерах глубин в контрольных точках можно составить уравнение зависимости абсолютной глубины от относительной и попытаться построить батиметрическую карту в абсолютных величинах.

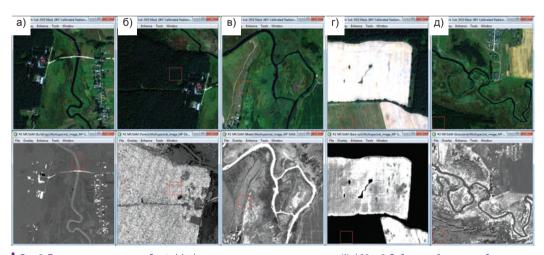
#### SPECTRAL ANALOGUES

При помощи инструмента Spectral Analogues на мультиспектральном, либо гиперспектральном изображении удается обнаружить участки распространения объектов с заданным спектральным образом. Спектральный образ определяется на основе ана-

лиза отражения и поглощения волн определенной длины по всему диапазону электромагнитного спектра. Работа инструмента основана на сравнении спектральных образов пикселей снимка с эталонными спектральными образами конкретных объектов (рис. 8).

#### TERCAT (TERRAIN CATEGORIZATION)

Данный модуль предназначен для выполнеавтоматизированной классификации спектрально однородных пикселей изображения в заданные классы. Результирующие классы могут быть заданы пользователем либо автоматически сгенерированы в результате работы алгоритма (рис. 9). В модуле TERCAT доступны все стандартные алгоритмы классификации, реализованные в ENVI, плюс дополнительный алгоритм, названный Winner Takes All (Победитель берет всё). Сущность его заключается в одновременном применении нескольких стандартных методов классификации. Пикселю присваивается наиболее вероятное значение по результатам всех выполненных алгоритмов.



**Рис. 8.** Применение инструмента Spectral Analogues к мультиспектральному снимку WorldView-2. Выделение объектов с заданным спектральным образом: а) здания, б) леса, в) водные объекты, г) участки с открытой почвой, д) пойменные луга





Программный комплекс ENVI и язык программирования IDL предоставляют инструменты, позволяющие выполнять следующие задачи: инвентаризация лесов, обнаружение очагов возгорания, оценка биомассы и другие задачи. Автоматизированные процессы ENVI и IDL позволяют даже неопытным пользователям быстро получить точные, научнообоснованные результаты.

Посмотрев наш вебинар «Снимки и геопространственные данные для лесного хозяйства» на YouTube, вы узнаете, как инновационные программные продукты компании Exelis VIS могут быть использованы для решения прикладных задач лесной отрасли. Подпишитесь на наш канал Exelis Visual Information Solutions на YouTube и получите доступ к другим вебинарам по данной тематике.

Компания «COB3OHД» является эксклюзивным дистрибьютором компании Exelis VIS по распространению программного комплекса ENVI на территории России и стран СНГ.

**ENVI** 

www.exelisvis.eu

Все права защищены. Exelis, ENVI и IDL являются товарными знаками Exelis, Inc. Все остальные товарные знаки являются собственностью их соответствующих владельцев © 2014, Exelis Visual Information Solutions, Inc.



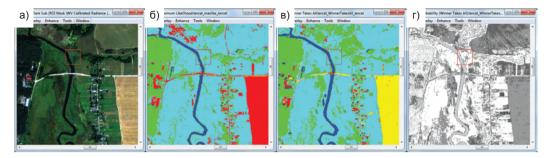


Рис. 9. Инструмент ТЕКСАТ. Применение методов классификации и оценка достоверности результатов

- а) Исходный мультиспектральный снимок WorldView-2.
- б) Результат классификации по методу максимального правдоподобия.
- в) Результат классификации по методу Winner Takes All
- г) Вероятностное изображение достоверности результатов классификации. Более светлые участки соответствуют более высокой вероятности отнесения объекта к заданному классу

#### VEGETATION DELINEATION AND STRESS DETECTION

Инструмент Vegetation Delineation and Stress Detection позволяет легко идентифицировать участки, покрытые растительностью и в первом приближении оценить интенсивность вегетации. Инструмент снабжен функцией генерирования графических отчетов о состоянии растительности на основе дешифрирования снимков.

#### VERTICAL STRIPE REMOVAL

Для некоторых спектрально однородных областей на изображении могут присутствовать эффекты вертикальных полос, в которых яркость пикселей отличается от яркости фоновых объектов. Часто такие помехи препятствуют нормальной визуализации снимка и могут привести к неверной интерпретации пикселей при спектральной обработке. Инструмент Vertical Stripe Removal способен удалить данные артефакты. Наилучшие результаты достигаются при удалении полос именно в областях однородного фона на изображении (постоянный уровень спектральной яркости по всему полю изображения).

#### WATERCRAFT FINDER

Рабочий процесс Watercraft Finder разработан для решения задач обнаружения судов в открытых акваториях на базе обработки снимков сверхвысокого разрешения. Инструмент также может быть использован для дешифрирования судов в прибрежных зонах. Признаком, обеспечивающим обнаружение судна, является отражение им волн в ближнем инфракрасном канале, тогда как окружающая водная поверхность в данном диапазоне характеризуется интенсивным поглощением. Таким образом, судно выглядит как спектральная аномалия и может быть легко распознано в автоматизированном режиме. Таким образом, независимо от уровня подготовки пользователя, SPEAR Tools позволяет быстро и эффективно решать широкий спектр задач автоматизированной обработки снимков и получать результаты в удобном и наглядном виде.

#### **WHCTPYMEHT TARGET DETECTION WIZARD**

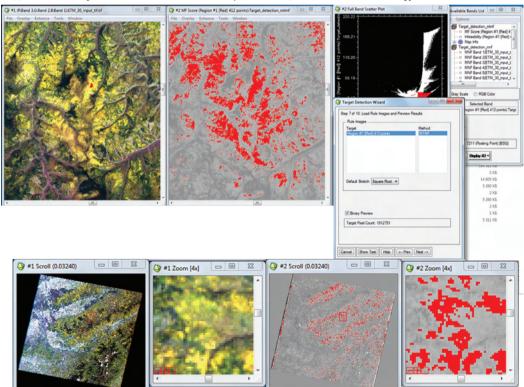
Зачастую некоторые объекты на снимках не могут быть распознаны в режиме визуального дешифрирования. С помощью инструмента ENVI Target Detection пользователи могут эффективно обнаружить объекты интереса, независимо от наличия опыта дешифрирования снимков. Сопровождаемый пояснениями рабочий процесс включает 8 алгоритмов обнаружения объектов.

Мастер Target Detection выполняет пошаговый процесс по обнаружению объектов и обеспечивает получение результатов высокой точности. Рабочий процесс оптимизирован для гиперспектральных и мультиспектральных изображений. В качестве объектов дешифрирования при использовании мастера могут выступать участки распространения определенных типов растительности, специфических грунтов, минералов, либо отдельные искусственные объекты (напри-

мер транспортные средства). При условии, если дешифровщику известно, что на территории содержится хотя бы один объект интереса, мастер Target Detection может быть использован для обнаружения подобных объектов на области покрытия снимка. Инструментарий мастера может быть легко адаптирован для выделения конкретных объектов в соответствии с нуждами пользователей.

В мастере Target Detection реализованы следующие методы обнаружения целевых объектов:

- \* Согласованная фильтрация (Matched Filtering, MF);
- \* Ограниченная энергетическая минимизация (Constrained Energy Minimization, CEM);



Puc. 10. Инструмент Target Detection. Предварительный просмотр результатов дешифрирования



- \* Адаптивная оценка когерентности (Adaptive Coherence Estimator, ACE);
- Метод спектрального угла (Spectral Angle Mapper, SAM);
- Ортогональное проецирование подпространства (Orthogonal Subspace Projection, OSP);
- \* Ограниченный целью минимизирующий помехи фильтр (Target-Constrained Interference-Minimized Filter, TCIMF);
- \*\* Смешанно настроенный Ограниченный целью минимизирующий помехи фильтр (Mixture Tuned Target-Constrained Interference-Minimized Filter, MT TCIMF):
- \* Смешанно настроенная согласованная фильтрация (Mixture Tuned Matched Filtering, MTMF).

Когда необходимые методы выбраны, мастер запускает пошаговую работу алгоритмов по обнаружению целевых объектов. Преимуществом работы в мастере Target Detection является возможность предварительного просмотра результатов работы отдельных алгоритмов и интерактивного задания выходных параметров (рис. 10).

После получения удовлетворительных результатов дешифрирования целевых объектов, пользователь может выполнить некоторые улучшающие преобразования, такие как агрегирование и фильтрация результатов. На заключительном этапе с помощью специализированного удобного интерфейса имеется возможность анализа каждого выделенного объекта в отдельности с целью удаления неверно распознанных при дешифрировании артефактов.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Компания Exelis уделяет большое внимание развитию способов автоматизации рабочих процессов и постоянно совершенствует инструментарий ПК ENVI. Инструменты, обес-

печивающие автоматизацию рабочих процессов ПК ENVI просты в использовании, обладают дружественным интерфейсом и разработаны с учетом специфики решения наиболее востребованных задач обработки данных дистанционного зондирования Земли.

С выходом каждой новой версии арсенал автоматизированных рабочих процессов расширяется. Так, в новой версии ENVI 5.1 реализован инструмент Seamless Mosaic (бесшовная мозаика), позволяющий быстро и эффективно строить мозаики на базе геопривязанных изображений в едином окне мастера. Инструмент обладает интерактивными возможностями предпросмотра, генерирования линии пореза и цветового выравнивания.

Также в новой версии усовершенствованы рабочие процессы как Image Registration workflow (геопривязка изображений) и RPC Orthorectification Workflow (Ортотрансформирования с использованием RPC). В качестве цифровой модели рельефа при ортотрансформировании, если не указано иное, по умолчанию используется глобальная ЦМР GMTED2010. Скорость рабочего процесса ортотрансформирования увеличена в 25 раз. В рабочий процесс THOR hyperspectral material identification (Гиперспектральная идентификация объектов) включен алгоритм спектрального сравнения АСЕ. Он обеспечивает оценку вероятностей при интерпретации результатов идентификации объектов на основе расчета статистики Байеса.

Компания Exelis намеревается и далее наращивать автоматизацию рабочих процессов. С выходом новых версий ПК ENVI, все больше стандартных операций будут объединяться в рабочие процессы, делая обработку снимков проще, удобней и нацеленной на получение конкретной тематической информации.

### **II Международный форум**

«Интеграция геопространства будущее информационных технологий»



#### В рамках Форума состоятся мероприятия:

- VIII Международная конференция
   «Космическая съемка на пике высоких технологий»
- II Международная конференция «ГИС — интеграционные технологии будущего»
- Отраслевые круглые столы и семинары
- Обучающие мастер-классы
- Конкурс «Лучшие проекты в области ГИС и ДЗЗ»
- Выставка «Техника и технологии»















#### А. В. Абросимов (компания «Совзонд»)

В 1992 г. окончил географический факультет Удмуртского государственного университета по специальности «география». Работал руководителем вузовско-академической лаборатории Курганского государственного университета и Института географии РАН. В настоящее время — заместитель главного инженера компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

#### О. С. Сизов (компания «Совзонд»)

В 2005 г. окончил Алтайский государственный университет по специальности «эколог-природопользователь». В настоящее время — старший инженер направления тематической обработки данных ДЗЗ компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

**Р. Е. Кива** (Российский центр государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения Минсельхоза России)

В 2004 г. окончил Курганский государственный университет, кафедра географии и природопользования. В настоящее время — заместитель директора ФГБУ «Российский центр государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения».

# Практические подходы к дешифрированию объектов мелиоративных систем и гидротехнических сооружений

#### АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТ

Основной целью мелиорации сельскохозяйственных земель является расширенное воспроизводство плодородия почвы, получение оптимального урожая сельскохозяйственных культур при экономном расходовании ресурсов, недопущение или компенсация ущерба природным системам и землепользователям.

В России впервые научно обоснованную мелиорацию больших территорий предложил создатель российской школы почвоведов В.В. Докучаев в конце XIX века. В период максимального развития мелиоративных работ (1967–1985 гг.) на территории бывшего СССР площадь орошаемых земель достигала 19,9 млн. га, а осушаемых — 15,5 млн. га. [2]. К 2013 г. площадь мелиорации сократилась до 8902,187 тыс.га (4251,384 тыс. га — орошение, 4650,803 тыс. га — осушение).

При этом свыше половины оросительных систем (2,4 млн. гектаров) нуждается в проведении работ по реконструкции и техническому перевооружению [4].

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. № 37-р была принята федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы», в рамках которой предполагается проведение технических, организационных, экологических, технологических и хозяйственных мероприятий по восстановлению и модернизации существующих, а также созданию новых мелиоративных систем [4]. Необходимость реализации данной программы определяется критической ситуацией в сфере мелиорации РФ, сложившейся на фоне недостаточного внимания государства к строительству, ремонту и эксплуатации мелиоративных систем начиная с 90-х годов

прошлого века. Засуха 2010 г. особенно отчетливо продемонстрировала всю критичность ситуации.

В этих условиях видится целесообразным внедрение инновационных методов инвентаризации и мониторинга, одним из которых является применение дистанционных данных - космических снимков Земли из космоса. В данной работе рассматриваются практические подходы по использованию космических снимков для картирования и оценки состояния мелиоративных систем (МС) и гидротехнических сооружений (ГТС), а также контроля работ по их строительству, ремонту и эксплуатации.

#### ТЕРРИТОРИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

Отработка подходов дешифрирования проводилась на примере территории Рязанской области. Здесь по состоянию на 01.01.2012 г. насчитывается 297 мелиоративных систем, в том числе осушительных — 194, оросительных — 103. Общая площадь мелиорированных земель составляет 125,5 тыс. га, из них орошаемых — 27,9 тыс. га, осушенных — 96,8 тыс. га. Все мелиоративные системы введены в эксплуатацию 25 и более лет назад и практически выработали свой ресурс [1].

На территории области для детального анализа были выбраны 3 эталонные мелиоративные системы (рис. 1):

- 1. «Красная Заря Варские Шумашь» осушительная.
- 2. «Кормовые угодья Тинки» осушительно-обводнительная
- 3. «Овощевод» осушительно-обводнительная.

Данные системы характеризуются расположением в пределах Мещерской низины, одного из самых активных в прошлом объектов мелиорации в СССР [3], хорошей транспортной доступностью, разнообразием природных условий, а также сочетанием основных элементов мелиоративных систем на ограниченной территории.

Проектное задание осушения под сенокосные угодья и пашню было составлено Мещерской экспедицией «Росгипроводхоз» в 1955 г. Изначально осушение участков планировалось проводить каналами глубиной 2 м, расположенными на расстоянии 200 м. При реконструкции на отдельных участках открытая осушительная сеть была заменена на закрытую коллекторно-дренажную сеть.

Главной причиной заболачивания является высокий уровень стояния грунтовых вод. Преобладающая глубина их залегания составляет 0,5–1,0 м, средняя по территории мощность торфа — 1–2 м. Питание водоносного горизонта происходит, главным образом, за счет инфильтрации талых и паводковых вод р. Оки, а также за счет атмосферных осадков и притока подземных вод со стороны водораздельных массивов. Общее направление грунтового потока — с северовостока на юго-запад [1].

Водоприемниками осушительных систем служат пруд-накопитель, магистральный канал О-I, который впадает в реку Ока и непосредственно р. Ока. Сопряжение бьефов каналов в местах перегибов склонов осу-



**Рис. 1.** Обзорная карта расположения района работ (отмечен штриховкой)



ществляется с помощью шлюзов-регуляторов, которые одновременно являются переездами. Наполнение пруда-накопителя также осуществляется через шлюз-регулятор.

Участки мелиорации в настоящее время в отдельных местах заросли древесно-кустарниковой растительностью, в связи с чем затруднена работа открытых проводящих каналов и закрытый дренаж. Отвод воды с объекта по магистральным каналам осуществляется ФГУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз», которое на протяжении последних лет проводит работы по модернизации и расчистке мелиоративных систем.

#### ХОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

В общем виде работы по дешифрированию объектов МС и ГТС можно разделить на следующие этапы:

- 1.Получение и предварительная обработка космических снимков с заданными параметрами на всю территорию исследований.
- 2. Сбор и преобразование в электронный вид архивных материалов (схем и паспортов МС).
- Проведение полевых работ по обследованию ключевых объектов и установлению дешифровочных признаков для каждого типа объектов.
- Выполнение в камеральных условиях дешифрирования объектов МС и ГТС на основе установленных прямых и косвенных признаков.

Рассмотрим подробнее каждых из перечисленных выше этапов.

#### 1. Получение покрытия космических снимков

Все многообразие космической съемки принято классифицировать по трем основным критериям: по спектральному диапазону, по технологии получения изображения и по пространственному разрешению.

Для дешифрирования и мониторинга состояния мелиоративных систем наиболее предпочтительно использование оптических панхроматических и мультиспектральных снимков сверхвысокого, высокого и среднего пространственного разрешения.

Мультиспектральные космические снимки сверхвысокого разрешения (0,5–2 м/пикс.) позволяют уверенно распознать многие виды наземных элементов мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, в том числе каналы, отрегулированные водоприемники, пруды и водохранилища, плотины и дамбы, а также поверхностные дрены, коллекторы, водозаборные пункты, мосты и трубопереезды. Кроме этого при такой детальности съемки хорошо дешифрируются объекты бытового и промышленного строительства — постройки всех типов, опоры линий электропередач и т.п. находящиеся в непосредственной близости от элементов МС.

В рамках данного исследования были использованы космические снимки QuickBird, GeoEye-1, WorldView-2 и Pleiades. Территория работ была покрыта мультиспектральными изображениями с разрешением на местности не хуже 1 м за период август-сентябрь 2004–2013 гг. (рис. 2). Типы съемочных систем и даты съемки представлены в табл. 1.

Космические снимки высокого разрешения (2–10 м/пикс.) так же могут использоваться в целях инвентаризации состояния различных типов каналов, прудов, водохранилищ, плотин и дамб. С использованием данных снимков существует возможность как визуального, так и автоматического определения таких параметров как протяженность и ширина канала, наличие и тип зарастания, наличие участков сужения русла, разрушения береговых укреплений, плотин, дамб и т.д.

Мультиспектральные космические снимки среднего разрешения (10–30 м/пикс.), обладающие высокой временной повторяемостью, могут быть использованы для оценки

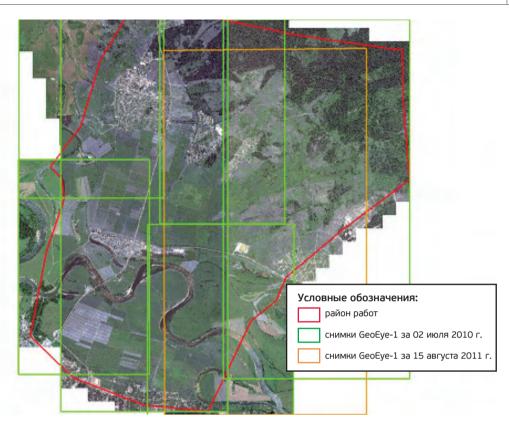


Рис. 2. Пример покрытия района работ снимками КА GeoEye-1 за 2010–2011 гг.

Спутник	Дата съемки
QuickBird	19.08.2004
	04.09.2009
GeoEye-1	02.07.2010
	15.08.2011
WorldView-2	15.08.2012
Pleiades	09.08.2013

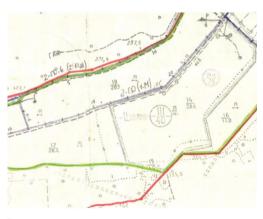
Табл. 1. Даты съемки территории рассматриваемых мелиоративных систем



состояния растительности осушаемых (орошаемых) участков через определение объема активной фитомассы. Эти значения могут служить косвенными признаками эффективности функционирования мелиоративной системы в течение вегетационного периода.

Все полученные снимки для обеспечения качества тематических работ прошли следующие процедуры предварительной обработки: геометрическую коррекцию (ортотрансформирование), создание изображений в различных вариантах цветового синтеза (видимые и инфракрасные цветы), подстройку гистограммы под различные типы объектов (инфраструктура, растительность), трансформирование растровых файлов в заданную систему координат, а также создание мозаичных покрытий.

Необходимо отметить, что фотограмметрическая обработка современных данных дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения (0,5–2 м/пикс.) с использованием сопровождающих их коэффициентов рационального многочлена, приближенно описывающих модели камеры и общедоступных моделей рельефа позволяет получать ортоизображения высокой геометрической точности. Фактически это означает, что по снимкам WorldView-1, WorldView-2, GeoEve-1



Puc. 3. Фрагмент схемы мелиоративных систем)

и Pleiades без использования наземной опорной информации можно создавать ортофотопланы, соответствующие по точности М 1:10 000 (СКО 5 м на местности).

#### Сбор и преобразование архивных материалов

Схемы мелиоративных систем в большинстве случаев представляют собой планы внутрихозяйственного использования земель с нанесенными элементами мелиоративных систем, а также площадей орошаемых и осушаемых земель (рис. 3). В основном они представлены в бумажном, реже в отсканированном виде. Для сканирования бумажных схем предпочтительнее пользоваться широкоформатными сканерами, хотя могут быть использованы и офисные сканеры форматов А4-А3. Строгих требований к геометрической точности сканирования нет, но использование узкоформатных сканеров существенно увеличивает затраты времени и труда на сканирование и сшивку фрагментов крупных схем.

Сканы геокодируются к ранее подготовленным космическим снимкам с использованием инструментов пространственной привязки, например в ArcMap (рис. 4), указанием



**Puc. 4.** Геопривязка схемы мелиоративных систем в ПО ArcGIS (красными линиями обозначены GPS-треки полевых маршрутов)

хорошо различимых опорных точек на схеме и снимках-перекрестков дорог, каналов и пр. Количество опорных точек и метод трансформирования зависит от качества сканов и выбирается оператором.

Геометрическое качество большинства отсканированных схем по Рязанской области можно оценить как низкое, что связано с особенностями составления, низкой актуальностью материалов, старением твердой копии, погрешностями сканирования и т.д.

Паспорта МС и ГТС представляют собой многостраничные бумажные документы, имеющие существенные расхождения в оформлении в зависимости от региона, времени заполнения и других причин. Основная часть информации представлена в виде печатных форм, однако нередко встречаются паспорта в письменном виде, что затрудняет машинную обработку.

- В качестве примера можно привести паспорт системы «Красная Заря Варские Шумашь», который представляет собой 15-ти страничный документ, состоящий из следующих разделов:
- оценочная стоимость к паспорту осушительной системы (сети) в хозяйстве;
- ведомость технического состояния и балансовой стоимости осушительной системы (сети) в хозяйстве:
  - I. Основные показатели осушительной системы (сети) в хозяйстве.
  - II. Отрегулированные водоприемники.
  - III. Магистральные и другие проводящие каналы.
  - IV. Оградительные (нагорные, ловчие) каналы. Защитные валы (дамбы). Открытая регулирующая сеть.
  - V.Сооружения на водоприемниках и открытой осушительной сети.
  - VI. Закрытая осушительная сеть и сооружения на ней.
  - VII. Насосные станции (установки) для перекачки воды.

- VIII. Водомерные устройства для измерений расходов воды и наблюдений за уровенным режимом.
- IX. Эксплуатационные дороги.
- X. Подъездные дороги от хозяйственных центров к осушительным сетям.

Во всех случаях (за исключением уже имеющихся оцифрованных данных) необходимо преобразование паспортов МС в электронную форму и внесение информации в атрибутивную составляющую базы геоданных.

#### 3. Проведение полевых обследований

В соответствие с общей методикой дистанционных исследований после сбора информации и предварительного анализа ситуации выполнялось полевое обследование ключевых участков в целях установления дешифровочных признаков объектов МС и ГТС. На ключевых участках (маршрутах) отбиралась вся необходимая информация об объектах путем описания, измерения, отбора образцов, фотосъемки. В ходе работ на снимке или карте фиксируется местоположение эталонных участков.

Полевое обследование объектов мелиоративных систем «Красная Заря — Варские — Шумашь» и «Тинки — Московская» состоялось 12 ноября 2013 г. (рис. 5). Были осмотрены, сфотографированы, описаны и отмечены на картах и в спутниковых навигаторах следующие типы объектов:

- 1. отрегулированные водоприемники (водохранилища, пруды);
- магистральные, проводящие, регулирующие, оградительные (нагорные, ловчие) осушительные каналы;
- 3. оросительные каналы;
- 4. открытые коллекторы;
- 5. защитные валы (дамбы), плотины;
- 6. грунтовые и шоссейные дороги;
- 6. мосты и трубопереезды;



- 7. водозаборы, насосные станции;
- 8. свалки ТБО и иные несанкционированные объекты:
- 9. участки проведения ремонтных и строительных работ;
- 10. участки проведения работ по расчистке каналов:
- 11. участки заболачиваний и подтоплений

В ходе работ детально осмотрены участки каналов, подверженных эрозионным процессам, зарастанию, заилению и антропогенным изменениям.

#### 4. Выполнение дешифрирования МС и ГТС

В рамках данных работ были использованы визуальные и автоматизированные методы дешифрирования данных ДЗЗ сверхвысокого пространственного разрешения.

К преимуществам визуального метода дешифрирования можно отнести:

- легкость получения пространственной информации;
- одновременное использование всей совокупности дешифровочных признаков



**Рис. 5.** Схема полевых маршрутов (номера точек соответствуют номерам описанных эталонов)

(в особенности косвенных признаков) на основе логического мышления и интуиции дешифровщика.

К преимуществам автоматизированного метода дешифрирования можно отнести:

- \* возможность преобразования яркостей цифровых снимков;
- возможность выполнения математических операций.

Сопоставление результатов полевого обследования и материалов космической съемки позволило выделить дешифровочные признаки для всех типов объектов МС и ГТС, перечисленных выше. Признаки составили атлас дешифрирования мелиоративных систем, включающий космические изображения, фотографии и описание объектов. В качестве примера можно привести признаки визуального выделения осушительных каналов различных категорий.

Каналы представляют собой протяженные линейные объекты, благодаря чему они легко дешифрируются по ДДЗ высокого разрешения. Предпочтительней всего использовать синтез с ближним ИК каналом, т.к. в ближнем ИК канале вода максимально поглощает солнечную энергию и открытые заполненные водой каналы четко выделяются на фоне окружающих ландшафтов.

В связи с тем, что каналы как понижения рельефа служат ловушкой для семян, бровки часто зарастают древесно-кустарниковой и травянистой растительностью (рис. 6, 7, 8). Поэтому, при отсутствии профилактических и ремонтных мероприятий, каналы оказываются в тени или полностью под пологом крон, что делает возможным дешифрирование только по косвенным признакам — расположение в пределах линейных полос древесной растительности. В таких случаях, безусловно, затруднено измерение ширины канала и дешифрирование объектов ГТС.



**Рис. 6.** Канал 1-ОГД, заросший древесной растительностью. МС Красная Заря (слева — космический снимок GeoEye-1, справа — фото 2014 г.)

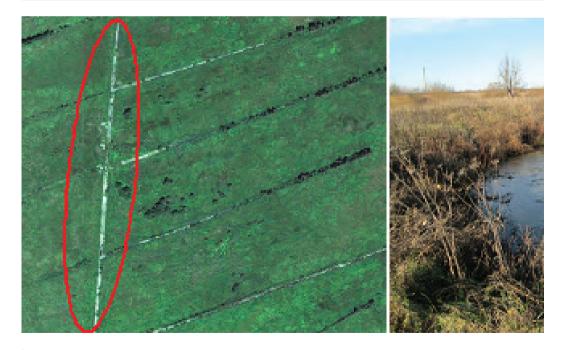


**Рис. 7.** Оросительный канал, заросший кустарниковой растительностью. МС Красная Заря (слева — космический снимок GeoEye-1, справа — фото 2014 г., фото с точки 35)





Рис. 8. Зарастание макрофитами канала 6-ОГД (слева — космический снимок GeoEye-1, справа — фото 2014 г.)



**Рис. 9.** Эвтрофирование каналов (слева – космический снимок GeoEye-1, справа – фото 2014 г.)

На возделываемых полях, где регулярно проводят чистки от зарастания, каналы выглядят как темные полосы, т.к. заполненные чистой водой поглощают солнечную энергию, а сухие затенены. Эвтрофированные каналы выглядят наоборот светлее (рис. 9), при этом смещаясь по цвету в светло-зеленую зону спектра на снимках в естественных цветах.

Оросительные каналы отличаются от прочих шириной и регулярным расположением (зачастую вдоль орошаемых полей через равное расстояние — около 100 м).

Автоматизированное дешифрирование с применением процедур автоматической классификации и сегментации частично использовалось для каналов с открытой водной поверхностью, прудов и водохранилищ, а также крупных дорог. Закрытые каналы и дрены наносятся по схемам мелиорации.

Далее на основе паспортов и схем МС, а также на основе космических снимков происходит наполнение атрибутивной информацией векторных объектов. В частности для различных типов каналов из космических снимков может быть извлечены следующие параметры:

- Протяженность и средняя ширина русла
- Тип и процент зарастания
- Наличие эвтрофирования
- \* Наличие заиления
- \* Наличие и число завалов, заломов
- \* Наличие и число непреодолимых препятствий
- Проявления экзогенных процессов
- № Число и площадь экзогенных форм
- 🦟 Типы и число объектов в водоохранной зоне
- Наличие участков подтоплений
- Изменения облицовки, наличие и площадь ремонтно-строительных работ

После полной векторизации объектов, входящих в мелиоративную систему, а также внесения всей атрибутивной информации выполняется ряд процедур геоинформационного анализа в целях установления связей между объектами МС и ГТС и прочими объектами (построение буферных зон в целях определения водоохранных зон, измерение расстояний от объектов строительства до элементов МС и т.п.).

Созданная база геопространственных данных помимо ее непосредственного использования в качестве информационного источника на всех уровнях контроля и управления, может служить основой для мониторинга состояния мелиоративной системы.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В ходе проведения работ по дешифрированию мелиоративных систем для каждого этапа были выработаны требования, уточнения, корректировки, которые составляют предмет обсуждения.

Наиболее подходящей для решения большинства поставленных задач является мультиспектральная космическая съемка сверхвысокого разрешения (0,5-1 м/пикс.). На ее основе с максимальной точностью выполняется векторизация объектов МС и ГТС, осуществляется геопривязка схем мелиоративных систем, определяется состояние объектов мелиорации и прослеживается большинство происходящих изменений. Съемка высокого и среднего пространственного разрешения (2-30 м/пикс.) может применяться для оперативного выявления и мониторинга крупных изменений, а также при оценке эффективности функционирования мелиоративных систем.

Наименее трудоемким способом геометрической коррекции космических снимков является ортотрансформирование с использованием общедоступных моделей рельефа без применения опорной наземной информации. Такая технология позволяет создавать ортофотопланы М 1:10000 по снимкам сверхвысокого разрешения, ортофотопланы



М 1:25000 по снимкам высокого разрешения и ортофотопланы М 1:50 000 — 1:100 000 по снимкам среднего разрешения. Подобная детальность и точность вполне соответствуют целям проводимых исследований.

Для визуального анализа снимков, в т.ч. на этапе предварительных работ, оптимально представление мультиспектральных космических снимков в двух вариантах цветового синтеза — в естественных цветах и в сочетании с ближним ИК-каналом. Допустимы при этом два варианта подстройки гистограммы: под технические объекты мелиоративных систем и под растительность, для наилучшего отображения большинства объектов.

Геопривязка схем мелиоративных систем должна осуществляться с максимальной точностью, поскольку только по ним могут быть векторизованы подземные элементы (дрены, коллекторы и т.п.). Для внесения информации о мелиоративных системах и составляющих их элементах в атрибутивную составляющую базы геопространственных данных необходимо преобразование в электронную форму существующих паспортов МС. При этом особое внимание должно уделяться тем характеристикам, которые не соответствуют текущему положению и могут быть обновлены дистанционными способами.

Важным информационным ресурсом при проведении дешифрирования являются полевые работы, в ходе которых производится описание ключевых эталонных участков, заверка результатов предварительных работ, а также обеспечивается глубокое понимание специалистами в области дистанционного зондирования проблематики функционирования мелиоративных систем. Полевые работы могут быть включены в качестве промежуточного этапа перед стадией камерального дешифрирования в случае затруднений или слабого знакомства

специалистов с территориальными и отраслевыми особенностями, в случае значительного природного разнообразия, либо существенных изменений, произошедших с момента составления схем МС.

Визуальное и автоматизированное дешифрирование и векторизация объектов МС и ГТС, а также прочих объектов, взаимодействующих с ними, по ортофотопланам космических снимков должно проводиться с использованием подготовленной ГИСмодели на основе четко установленных дешифровочных признаков и с указанием заданного набора атрибутивных параметров (протяженность и ширина каналов, степень и тип зарастания, габариты мостовых переходов и т.п.).

В данном исследовании был очерчен круг уверенно выявляемых (дешифрируемых) объектов, в т.ч. автоматическими методами. На ряде примеров, в пределах модельных мелиоративных систем, показана возможность автоматического определения площади зарастания, уменьшения ширины русла каналов, образования заломов и завалов, установления фактов подтопления полей и т.д.

Оценка эффективности функционирования мелиоративных систем потенциально возможна через определение биопродуктивности посевов и мониторинг процессов переувлажнения и заболачивания сельхозугодий по спектральным индексам, рассчитываемым с использованием временных серий мультиспектральных снимков среднего разрешения. Данное направление в работе не рассматривалось, представляя предмет для будущих исследований.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты работ показали, что объекты МС и ГТС могут быть успешно выявлены путем дешифрирования современных космических снимков. При этом перечень идентифицируемых объектов можно значительно расширить, используя для дистанционного анализа единовременное покрытие съемкой всей исследуемой территории. К таким объектам можно отнести проявления природных и антропогенных процессов, которые оказывают неблагоприятное воздействие на функционирование, эффективность мелиоративной системы, а также агробиоценоза в целом (участки зарастания, эрозии, места складирования бытовых отходов и пр.).

Процесс дешифрирования объектов МС должен быть основан на использовании дополнительных справочных материалов (схем и паспортов МС), что обеспечит точную идентификацию объектов, а также заполнение атрибутивных баз данных. Для сбора эталонов дешифрирования, описания дешифровочных признаков и проверки отдельных характеристик, содержащихся в паспортах МС, рекомендуется проведение полевых обследований, особенно для территорий со специфическими природными условиями.

Использование автоматизированных и верифицируемых методик обработки космической съемки позволяют проводить регулярные наблюдения за состоянием как отдельных объектов, так и мелиоративных систем в целом. В частности, эффективность функционирования МС может быть оценена по сериям разновременных космических снимков, отражающих развитие процессов обводнения и заболачивания земель (в пределах осушительных систем), а также путем оценки биологической продуктивности посевов через динамику вегетационных индексов (в пределах оросительных и осушительно-оросительных систем).

Таким образом, проведенные на примере трех мелиоративных систем исследования показали высокую эффективность подходов

к дистанционному дешифрированию объектов МС и ГТС. Дальнейшее развитие описанных методов может быть выражено в виде информационного обеспечения и единой системы мониторинга мелиоративной деятельности на территории Российской Федерации.

Авторы выражают благодарность за информационную поддержку отделу эксплуатации МС и ГТС ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз» (руководитель — В. Н. Ульянов) и в частности главному мелиоратору Т. Н. Сысоевой за помощь в организации и проведении полевых работ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Водорезов А.В. Антропогенный морфогенез в пределах староосвоенных территорий центра Русской равнины и его роль в трансформации исходных ландшафтов: На примере Рязанской области: диссертация ... канд. геогр. наук: 25.00.23.- Ярославль, 2005. 253 с.
- 2. Голованов А.И., Айдаров И.П., Григоров М.С. и др. Мелиорация земель. М.: КолосС, 2011. 824 с.
- 3. Колпаков В.В., Сухарев И.П. Сельскохозяйственные мелиорации. — М.: Колос, 1981 г. — 328 с.
- 4. Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.mcx.ru/documents/file\_document/v7\_show/25439..htm, свободный.
- 5. Ведомственная целевая программа «Развитие мелиорации в Рязанской области на 2012-2014 годы» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.ryazagro.ru/upload/iblock/512/prog\_miliorac.pdf, свободный.
- 6.Колпаков В.В., Сухарев И.П. Сельскохозяйственные мелиорации. — М.: Колос, 1981 г. — 328 с.



### Т. Н. Чимитдоржиев (ИФМ СО РАН)

В 1994 г. окончил радиофизический факультет Томского государственного университета. В настоящее время — заместитель директора по науке Института физического материаловедения СО РАН (ИФМ СО РАН), доцент по специальности «Аэрокосмические исследования, фотограмметрия». Доктор технических наук.

### М. Е. Быков (ИФМ СО РАН)

В 2010 г. окончил Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (ВСГТУ, Улан-Удэ), инженер по специальности радиоэлектронные системы и телекоммуникации. В настоящее время — младший научный сотрудник в ИФМ СО РАН.

### Ю. И. Кантемиров (компания «Совзонд»)

В 2004 г. окончил РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. После окончания университета работал научным сотрудником лаборатории космической информации для целей газовой промышленности в ООО «Газпром ВНИИГАЗ». С 2010 г. — ведущий специалист по тематической обработке радарных данных ДЗЗ компании «Совзонд».

### Ф. Холец (F. Holecz; Sarmap SA, Швейцария)

Окончил Remote Sensing Laboratories университета Цюриха (Швейцария) по специальности «география». Работал научным сотрудником в NASA/Jet Propulsion Laboratories. Совладелец, учредитель и генеральный директор компании Sarmap SA (Швейцария), разрабатывающей программное обеспечение SARscape. Ph.D. по специальности «география».

### М. Барбиери (M. Barbieri; Sarmap SA, Швейцария)

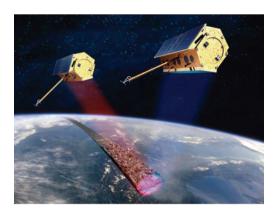
Окончил университет Рима «La Sapienza» (Италия) по специальности «геология». В течение 8 лет работал в Европейском космическом агентстве. В настоящее время инженер по приложениям дистанционного зондирования Земли компании Sarmap SA (Швейцария).

### Технология количественной оценки высоты леса

## по данным космических радарных тандемных интерферометрических съемок со спутников TerraSAR-X/TanDEM-X

Начиная с декабря 2010 г., тандем из двух немецких радарных спутников TerraSAR-X и TanDEM-X (оператор — Airbus Defence and Space) выполняет интерферометрическую съемку земной поверхности в бистатическом режиме съемки, при котором спутник TerraSAR-X излучает радарный сигнал X-диапазона, который, отразившись от земной поверхности, регистрируется обоими спутни-

ками тандема TerraSAR-X и TanDEM-X. Этот съемочный режим позволяет получать тандемные интерферометрические пары радарных снимков без временного промежутка между съемками, т.е. пары снимков, отснятые одновременно (рис. 1). По результатам централизованной интерферометрической обработки этих съемок оператором этих спутников планируется создание беспрецедентной по



Puc. 1. Схематичное изображение тандемной интерферометрической съемки со спутников TerraSAR-X/TanDEM-X

точности и глобальному охвату цифровой модели местности, которая должна заменить цифровую модель SRTM.

Не меньший интерес, чем глобальная цифровая модель рельефа, представляют сами тандемные снимки в комплексном формате. Последние позволяют получать различные тематические продукты, помимо ЦММ и ЦМР. В частности, разница цифровой модели местности и рельефа на участки леса (при условии отражения радарного луча от верхушек деревьев) дает карту высот деревьев. Пилотный проект по отработке этой технологии был выполнен совместно ИФМ СО РАН и компанией «СОВЗОНД» на примере залесенной территории в районе дельты реки Селенги (Бурятия).

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАЙОН ИНТЕРЕСА

Участки интереса в районе дельты реки Селенги (Бурятия) и контуры используемых тандемных интерферометрических снимков ТеггаSAR-X/TanDEM-X X-диапазона длин волн (3,1 см) показаны на рис. 2. Для выяснения степени влияния длины волны радара на проникновение сигнала в лес была дополнительно привлечена интерферометрическая пара снимков ALOS PALSAR L-диапазона длин волн

(23,5 см) с временным интервалом 46 дней (на участок зеленого контура, рис. 2).

На первый участок интереса (зеленый контур, рис. 2) было обработано две тандемных интерферометрических пары TerraSAR-X/ TanDEM-X от 18.02.2012 г. и 25.05.2013 г., а также одна пара снимков ALOS PALSAR от 20.08.2006 г. и 05.10.2006 г. На второй участок интереса — тандемная пара снимков TerraSAR-X/TanDEM-X от 29.05.2013 г. Характеристики вышеуказанных интерферометрических пар радарных снимков приведены в табл. 1.

Данные тандемных съемок TerraSAR-X/ TanDEM-X предоставлены Немецким аэрокосмическим агентством (DLR) в рамках грантов XTI\_HYDRO485 и XTI\_GEOLO334.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ

Интерферометрическая обработка радарных данных для задач картирования высот деревьев выполнялась в программном обеспечении ENVI/SARscape (Exelis VIS, США-Франция), эксклюзивным дистрибьютором которого на территории России и СНГ является компания «Совзонд».



Puc. 2. Контуры тандемных пар снимков TerraSAR-X/TanDEM-X (красные контуры) и двух участков интереса (зеленый и голубой контуры). На участок, отмеченный зеленым контуром, дополнительно анализировалась интерферометрическая пара снимков ALOS PALSAR с временной разницей 46 дней



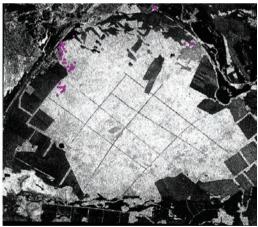
	TerraSAR-X/ TanDEM-X	TerraSAR-X/ TanDEM-X	TerraSAR-X/ TanDEM-X	ALOS PALSAR
Даты снимков пары	18.02.2012	25.05.2013	29.05.2013	20.08.2006, 05.10.2006
Пространственное разрешение, м	5	5	5	10
Перпендикулярная базовая линия, м	41	17	292	2 700
Перепад высот, соответствующий перепаду фазы в $2\pi$	125	285	26	25
Средняя когерентность леса	> 0,9	> 0,9	> 0,85	> 0,7

Табл. 1. Характеристики интерферометрических пар снимков

Тестовый участок №1 на оптическом и радарном амплитудном снимках показан на рис. 3. Там же показаны контрольные точки с известными значениями высот деревьев, измеренных высотомером.

Первый этап интерферометрической обработки — корегистрация комплексных радарных изображений в уровне обработки SLC был выполнен только для пары снимков ALOS PALSAR, поскольку тандемные пары снимков TerraSAR-X/TanDEM-X поставляются уже скорегистрированными. После этого было выполнено комплексное поэлементное перемножение фаз снимков каждой пары с получением на выходе интерферограмм. В общем случае, как известно, комплексные интерферограммы содержат в себе несколько компонентов: фазу рельефа, фаза смещений земной поверхности за время между съемками снимков пары (в случае тандемной интерферометрии — отсутствует, но присутствует в паре снимков ALOS PALSAR, сделанных с раз-





**Рис. 3.** Отображение участка интереса №1 на оптическом снимке (слева) и на радарном амплитудном снимке ТеггаSAR-X (справа). Розовые точки — наземные контрольные точки, с известными значениями высот деревьев

ницей в 46 дней), фазу атмосферы (также отсутствует в случае тандемной интерферометрии) и фазовый шум. Фрагменты интерферограмм двух тандемных пар снимков TerraSAR-X/TanDEM-X и одной пары снимков с повторных витков орбиты ALOS PALSAR на участок леса показаны на рис. 4.

На следующем этапе обработки общедоступная цифровая модель местности SRTM

Puc. 4. Фрагменты интерферограмм тандемных пар снимков TerraSAR-X/TanDEM-X от 25.05.2013 г. (снизу) и 18.02.2012 г. (по центру), а также одной пары снимков с повторных витков орбиты ALOS PALSAR (сверху)

была преобразована в синтезированные интерферограммы (ожидаемые фазы рельефа) для каждой из трех анализируемых интерферометрических пар снимков на тестовый участок 1. Затем из трех интерферограмм были вычтены соответствующие ожидаемые фазы рельефа SRTM. На выходе были получены дифференциальные интерферограммы, фрагменты которых приведены на рис. 5.



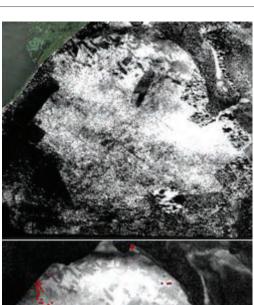
Рис. 5. Фрагменты дифференциальных интерферограмм тандемных пар снимков ТеггаSAR-X/ТапDEM-X от 25.05.2013 г. (снизу) и 18.02.2012 г. (по центру), а также одной пары снимков с повторных витков орбиты ALOS PALSAR (сверху)

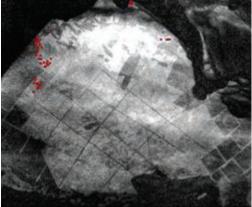


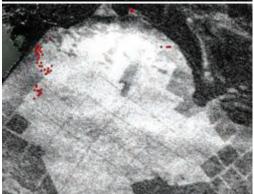
Далее к дифференциальным интерферограммам была применена процедура фильтрации фазового шума. По фильтрованным интерферограммам были рассчитаны файлы когерентности (корреляции фаз) радарных съемок, определяющие точность замера высоты в каждом конкретном пикселе (чем больше величина когерентности, тем выше точность замера высоты). Средняя когерентность леса составила для тандемных пар более 0,9, а для пары снимков ALOS PALSAR — более 0,7. Такие высокие значения когерентности позволили предположить достаточно высокую точность результирующих матриц высот местности.

завершении интерферометрической обработки была выполнена развертка фазы для трех фильтрованных дифференциальных интерферограмм. Затем, средствами ENVI/ SARscape развернутые фазы были пересчитаны в цифровые геокодированные матрицы абсолютных высот местности, приведенные на рис. 6. Как видно из рис. 6, цифровая модель местности, рассчитанная по интерферометрической паре снимков ALOS PALSAR с повторных витков, характеризуется гораздо большей степенью зашумленности, чем две тандемные пары. Это связано с эффектом временной декорреляции фаз, вызванным изменениями комплексной величины обратного радарного рассеяния. Вариации последней, как правило, связаны с изменениями диэлектрической проницаемости в данном случае лесной среды (например, влажности), произошедшими за период между съемками снимков интерферометрической пары с повторных витков орбиты. Естественно, этот эффект отсутствует при выполнении одновременной съемки интерферометрической пары снимков в тандемном режиме.

Для получения цифровых моделей высот деревьев по всем трем интерферометрическим парам снимков (при условии, что отражение радарного сигнала происходит от вер-







Puc. 6. Фрагменты ЦММ, построенных по тандемным парам снимков TerraSAR-X/TanDEM-X от 25.05.2013 г. (снизу) и 18.02.2012 г. (по центру), а также по паре снимков с повторных витков орбиты ALOS PALSAR (сверху)

хушек деревьев) теоретически необходимо вычесть из цифровых моделей местности (ЦММ) соответствующие им цифровые модели рельефа (ЦМР). ЦМР, в общем случае, может быть получена по топографическим картам, или в результате геодезических или GPS/ГЛОНАСС съемок. В данном случае, ЦМР были получены из радарных ЦММ следующим путем: на радарных ЦММ определялись участки без растительности (т.е. где ЦММ = ЦМР), а на участки с растительностью делалась интерполяция. В условиях сравнительно плоского рельефа в районе устья реки Селенги (локальные высотные вариации до 2-3 м) данный подход позволил получить достаточно точные ЦМР. Пример полученной ЦМР приведен на рис. 7.

В результате вычитания ЦМР из ЦММ по всем трем интерферометрическим парам на тестовый участок №1 были получены цифровые матрицы высот лесного полога с усреднением порядка 5–10 м. Трехмерное отображение матрицы средней высоты деревьев, рассчитанной по тандемной паре снимков ТеггаSAR-X/

TanDEM-X за 18.02.2012 г., с «наложением» на нее оптического снимка сверхвысокого разрешения приведено на рис. 8.

Далее, было выполнено сравнение средних высот деревьев, полученных по трем различным интерферометрическим парам радарных снимков, с высотами деревьев, измеренными на местности в 48 контрольных точках с помощью лазерного высотомера. Результаты сравнения приведены на рис. 9. Здесь видно, что, все три радарные интерферометрические оценки средней высоты деревьев в относительных величинах хорошо коррелируют между собой, однако отличаются друг от друга на некоторую среднюю абсолютную величину.

Так, самые низкие высоты деревьев получились в результате обработке снимков ALOS PALSAR. Это не удивительно, ведь у этого спутника большая длина волны — 23,5 см, что в 7,5 раз больше, чем у спутников TerraSAR-X и TanDEM-X. Это обуславливает большую степень проникновения радарного сигнала вглубь леса, на некоторых участках

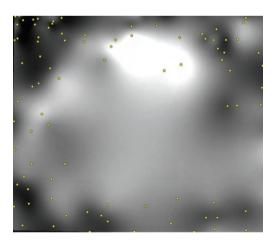
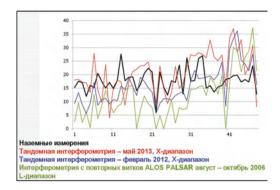


Рис. 7. Фрагмент ЦМР, полученной путем снятия высот с радарной тандемной ЦММ в точках без растительности (желтые точки) и интерполяции этих значений на участки с растительностью



Рис. 8. Псевдоцветовое трехмерное отображение фрагмента цифровой модели средней высоты деревьев, полученной по тандемной паре радарных снимков TerraSAR-X/TanDEM-X от 18.02.2012 г., с наложением на нее оптического снимка





Puc. 9. Результаты сравнения высот деревьев, определенных по трем радарным интерферометрическим парам снимков с различными характеристиками, с высотами в наземных контрольных точках

(где высота деревьев равна нулю) вплоть до земной поверхности.

Высоты, наиболее близкие к замеренным на местности в контрольных точках, дала тандемная пара ТеггаSAR-X/ТапDEM-X за 25.05.2013 г. Это, по мнению авторов, объясняется короткой длиной волны (3,1 см), которая не позволяет сигналу проникать в лес в условиях наличия лиственного покрова у лиственных деревьев (лес на рассматриваемом участке представлен примерно поровну березой и сосной).

Тандемная пара за 18.02.2012 г. дала высоты ниже, чем тандемная пара от 25.05.2013 г., но выше, чем пара снимков ALOS PALSAR с повторных витков. Вероятной причиной данного расхождения может быть тот факт, что в зимний период у лиственных деревьев отсутствуют листья, что позволяет сигналу с длиной волны 3,1 см несколько глубже проникать в лес. Естественно проникновение электромагнитной волны TerraSAR-X/TanDEM-X значительно меньше, чем у сигнала с длиной волны 23,5 см спутника ALOS PALSAR.

Выполненная работа показала принципиальную возможность дистанционных измерений высот деревьев по данным космической радарной интерферометрии (в первую очередь, тандемной). Пример успешно полученной трехмерной модели высот деревьев приведен на рис. 8. Однако точность замера высот деревьев, даже у летней тандемной пары от 25.05.2013 г., как видно из рис. 9, не слишком высока. Однако, опыт обработки трех интерферометрических пар снимков с различными характеристиками на один и тот же участок позволил сформулировать требования к идеальной интерферометрической паре, которая позволит получить точную (точность замера высот 1-2 м) и высокодетальную (с шагом матрицы 5 м) цифровую модель высот деревьев: это должна быть интерферометрическая пара снимков Х-диапазона длин волн, полученная в тандемном режиме съемки (два снимка делаются одновременно, чтобы избежать разности фаз, обусловленной разным состоянием атмосферы при съемках за разные даты) в летний период (когда у лиственных деревьев присутствует лиственный покров) с достаточно большой базовой линией (такой, чтобы средняя высота деревьев была сопоставима с перепадом фазы в  $2\pi$ на интерферограмме).

Для более достоверной валидации результатов интерферометрических измерений был выбран дополнительный тестовый участок (голубой контур на рис. 2). При этом характеристики интерферометрических данных на данный участок были близки к идеальным требованиям, сформулированным выше.

Тандемная пара снимков TerraSAR-X/ ТапDEM-X была интерферометрически обработана в программном комплексе ENVI/ SARscape аналогично обработке вышеописанных трех интерферометрических пар с получением на выходе цифровой модели высот деревьев (рис. 10). Сравнение высот деревьев, рассчитанных по тандемным радарным данным от 29.05.2013 г., с высотами, замеренными на местности в контрольных точках, приведено на рис. 11.

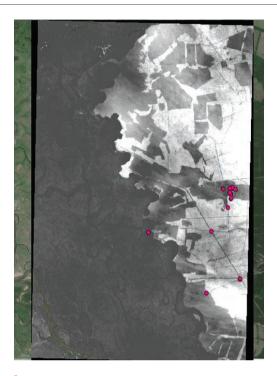
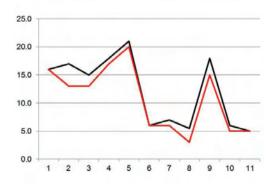


Рис. 10. Цифровая модель высот деревьев полученная по данным тандемной радарной съемки 29.05.2013 г. Розовые точки — наземные контрольные точки с известными высотами деревьев, использованные для валидации результатов обработки тандемных радарных данных



Puc. 11. Результаты сравнения высот деревьев, определенных по тандемной радарной интерферометрической паре снижнов TerraSAR-X/TanDEM-X от 29.05.2013 г. с идеальными характеристиками, с высотами в наземных контрольных точка

### выводы и заключение

- \*\* Впервые в России в рамках совместного пилотного проекта, выполненного совместно ИФМ СО РАН и компанией «Совзонд», была апробирована технология измерения высот деревьев методом тандемной радарной интерферометрии на примере территории дельты реки Селенги (Республика Бурятия).
- \* По результатам обработки разносезонных тандемных пар радарных снимков X-диапазона и пары радарных снимков L-диапазона, полученных с повторных витков орбиты, и сравнения результатов их обработки с данными наземных замеров высот деревев были сформулированы требования к характеристикам интерферометрических пар, пригодных для получения цифровых моделей высот деревьев с наибольшей точностью (в частности, к сезонности, базовым линиям (базисам съемки), к длинам волн, пространственному разрешению, одновременности съемки и т.д.).
- \* Точность получения цифровых моделей высот деревьев оценена по данным наземных контрольных точек и при соблюдении требований к характеристикам тандемных пар она составила 1–2 м.
- Пилотная территория характеризовалась плоским рельефом. При использовании предложенного подхода на практике в условиях более ярко выраженного рельефа желательно наличие цифровых моделей рельефа (которые будут вычитаться из цифровых моделей местности с получением на выходе моделей высот деревьев), полученных по топокартам или из других источников. В частности, представляется целесообразным использование для расчета ЦМР данных перспективного радарного спутника ВІОМАSS Р-диапазона длин волн (75 см), сигнал которого будет «просвечивать» лес целиком.



**О. Н. Воробьев** (Поволжский государственный технологический университет)

В 1989 г. окончил Марийский политехнический институт. В настоящее время — доцент кафедры лесоводства Поволжского государственного технологического университета (ПГТУ), специалист Международного центра устойчивого управления и дистанционного мониторинга лесов.

**Э. А. Курбанов** (Поволжский государственный технологический университет)

В 1989 г. окончил Марийский политехнический институт. В настоящее время — профессор кафедры лесоводства ПГТУ, руководитель Международного центра устойчивого управления и дистанционного мониторинга лесов.

## Опыт применения снимков RapidEye

### для оценки недропользования в Республике Марий Эл

Работа выполнена в рамках государственного контракта «Ведение мониторинга участков недр с использованием данных дистанционного зондирования» с Департаментом экологической безопасности, природопользования и защиты населения Республики Марий Эл в 2013 г.

В работе рассмотрена методика и результаты классификации мультиспектральных спутниковых снимков при проведении мониторинга и оценки недропользования на территории Республики Марий Эл. Для исследований использованы архивные снимки высокого разрешения RapidEye, данные полевых исследований и материалы официальных источников. Точность полученных данных подтверждается современными критериями геоинформационной статистики и результатами полевых исследований.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Мониторинг состояния и оценка масштаба работ по добыче полезных ископаемых могут быть эффективно выполнены с помощью современных технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационных

систем. Критериями использования той или иной методики мониторинга недропользования является постановка целей и задач, запланированный уровень точности классификации спутниковых данных и качество используемого картографического материала. Обычно для мониторинга карьеров используются разновременные спутниковые снимки Landsat [1, 2, 3]. Улучшение детальности дешифрирования карьерноотвальных комплексов возможно с применением изображений более высокого разрешения на основе радарной съемки. Использование стереопар и цифровых моделей рельефа (ЦМР) также повышает уровень оценки геоморфологической и пространственной структуры карьеров [4]. Важными данными при проведении работ по оценке и мониторингу недропользования являются спутниковые снимками высокого разрешения RapidEye (поставщик — компания «Совзонд»).

По заказу департамента экологической безопасности, природопользования и защиты населения Республики Марий Эл были выполнены следующие виды работ:

Разработана и апробирована методика идентификации объектов недропользования (в первую очередь открытых разработок полез-

- ных ископаемых) на территории Республики Марий Эл по мультиспектральным снимкам высокого разрешения RapidEve 2011 г.
- 2. Проведены полевые исследования по созданию тестовых участков для контроля объектов недропользования на спутниковых снимках.
- 3. Создана первичная база ГИС выявленных объектов нерудных полезных ископаемых для территории Республики Марий Эл.

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТЕ РАБОТ

Республика Марий Эл — субъект Российской Федерации в составе Приволжского федерального округа, расположена на востоке Восточно-Европейской (Русской) равнины, преимущественно на левобережье Волги.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Алгоритм работ состоял из следующих базовых шагов:

1. предварительная подготовка изображений на территорию республики;

- 2. выбор оптимального метода трансформации изображений;
- 3. классификация трансформированных изображений:
- 4. оценка точности полученных тематических изображений;
- 5. выделение классов наземного покрова категории «объект недропользования» для последующего анализа;
- 6. полевая проверка полученных данных;
- 7. вторичная оценка точности полученного тематического класса с учетом данных полевых исследований и других методов контроля;
- подготовка итогового отчета в виде ГИСпроекта.

**Техника эксперимента и методика исследований.** Работа со снимками велась в программных комплексах (ПК) ENVI 5.0, ENVI 5.0 Classic и ArcGis 10 (рис. 1).

**Характеристика экспериментальных данных.** Для работы использовались мультиспектральные спутниковые снимки высокого

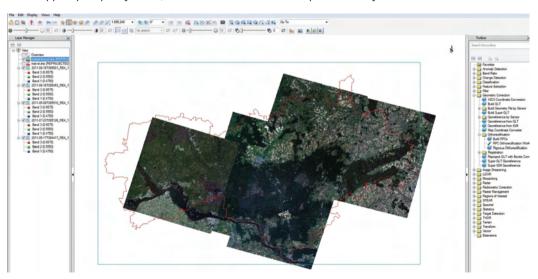


Рис. 1. Покрытие снимками RapidEye территории исследования в ПК ENVI 5.0



пространственного разрешения RapidEye 2011 г. (табл. 1).

Предварительная подготовка изображений. Все снимки прошли процедуру ортотрансформирования с использованием RPC-коэффициентов и опорных точек. В ПК ENVI 5.0 была проведена геометрическая и атмосферная коррекция снимков. Полученные изображения были приведены к единой системе координат.

Выбор оптимального метода трансформации изображений. При анализе спутниковых данных RapidEye было установлено, что объекты исследуемого тематического класса «объекты недропользования» (в первую очередь песчаные карьеры) имеют схожие спектральные характеристики с другими объектами наземного покрова (рис. 2). Особенно это касалось выходов песчаного грунта, дорог и отдельных участков ЛЭП.

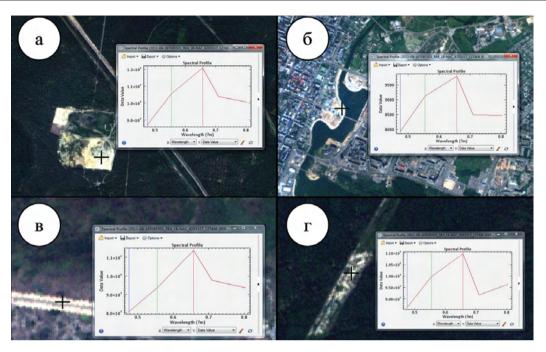
Обработка изображений с использованием алгоритма спектральной трансформации (минимизации) шумовых помех МNF. Применение стандартных методов управляемой и неуправляемой классификации для выделения тематического класса «объекты недропользования» на основе мультиспектрального (четырехканального) изображения RapidEye не позволили выполнить эту задачу на качественном уровне. После классификации наблю-

далось значительное перемешивание близких по своим спектральным характеристикам классов. В связи с этим в работе был использован дополнительный модуль ПК ENVI 5.0 «MNF rotation» (MNF — Minimum noise fraction), представляющий собой алгоритм спектральной трансформации (минимизации) шумовых помех [5]. Процедура MNF трансформации предшествует классификации изображений и представляет собой линейное регрессионное выравнивание (нормализацию) спектральных каналов спутникового снимка. На основании трансформированного изображения были проведены два вида классификации: неуправляемая классификация методом «Isodata» и использован метод попиксельной классификации изображений «объектно-ориентированная классификация» с извлечением тематических параметров объектов исследования при помощи специализированного модуля ENVI EX (Extract features), который позволяет получать не только спектральные характеристики разных типов наземного покрова, но и их текстурные параметры форму, размер и местоположение.

Сравнительный анализ фрагментов сцены RapidEye. В работе проведено выборочное сравнение нескольких фрагментов тематических карт с объектами недропользования, полученных методом «Isodata» и «объектноориентированной классификации». Анализ

Территория покрытия	Номер снимка	Время съемки
Rus	2011-05-08T085510_RE4_1B-NAC_8203307_127405	08.05.2011
Rus	2011-05-17T084417_RE4_1B-NAC_8203312_127407	17.05.2011
Rus	2011-07-23T085126_RE4_1B-NAC_8203308_127406	23.07.2011
Rus	2011-08-16T085453_RE4_1B-NAC_8203313_127407	16.08.2011
Rus	2011-08-16T085501_RE4_1B-NAC_8203317_127406	16.08.2011

**Табл. 1.** Характеристика используемых снимков RapidEye



**Рис. 2.** Сравнительный анализ сходных по спектральным характеристикам объектов наземного покрова по снимкам RapidEye в ПК ENVI 5.0: а) песчаный карьер, 6) выход песчаного грунта в пределах населенного пункта, в) дорожное покрытие, г) выход песчаного грунта вдоль ЛЭП

проводился на основе статистической оценки разделимости классов наземного покрова изучаемой территории и в n-D визуализаторе (n-D Visualization) ПК ENVI 5.0 (рис. 3).

По результатам полевой проверки и экспертного анализа было установлено, что наиболее точной является тематическая карта, полученная методом Isodata.

Оценка точности полученных тематических изображений. Классическая оценка точности была проведена для тематической карты, полученной методом Isodata, на основе матрицы различий (Confusion Matrix) и коэффициента Каппа (Карра Index). На основании оценки спектральной разделимости классов и проведенных ранее полевых исследований, а так же использования методов экспертного дешифрирования были выделены шесть основных доми-

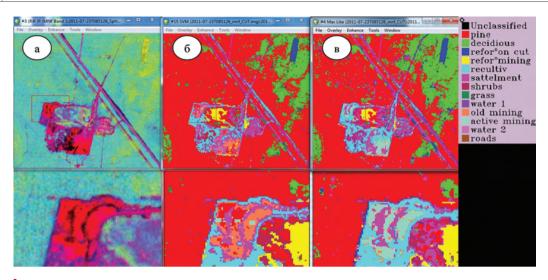
нирующих классов наземного покрова, в которые вошли все 20 исходных тематических классов полученных методом Isodata:

- 1. лесные земли.
- 2. кустарниковая растительность,
- 3. травяной покров,
- 4. не лесные и не покрытые растительностью земли,
- 5. водные объекты,
- 6. населенные пункты.

Объединение исходных тематических классов было проведено в ПК ENVI 5.0 алгоритмом «Merge class».

Выделение тематических слоев для последующей векторизации. Для дальнейшего анализа, после экспертной оценки были выбраны два класса наземного покрова: «Не лесные и не





Puc. 3. Сравнение результатов классификации участка разработки песчаного карьера: а) фрагмент MNF трансформированного изображения RapidEye; б) тематическая карта, полученная методом «объектно-ориентированной классификации»

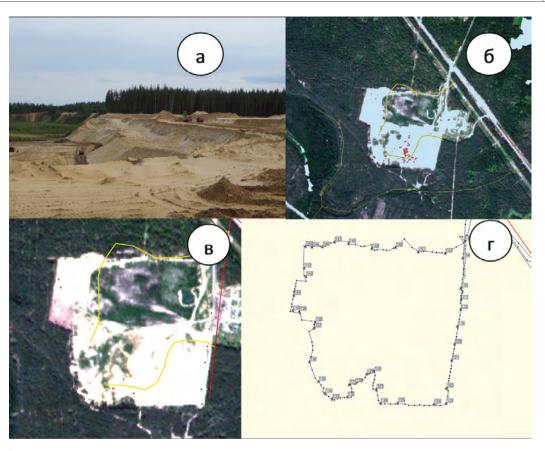
покрытые растительностью земли» и класс «Населенные пункты». В ПК ENVI 5.0. была проведена векторизация полученных тематических слоев. Этот алгоритм был использован для классификации всех пяти снимков RapidEye на территорию РМЭ. В результате был получен предварительный бесшовный тематический слой «объекты недропользования» на всю территорию исследования, который впоследствии уточнялся при проведении полевых исследований.

Полевая оценка данных. Полевые исследования были направлены на верификацию данных тематического слоя «объекты недропользования» — уточнение местоположения основных объектов (лицензионное недропользование) на местности, привязка их при помощи GPS координат, оценка основных геоморфологических и биотических параметров, а также анализ формы и текстуры объектов исследования. Эти исследования позволили выделить в тематическом слое только те объекты, которые с высокой степенью достоверности можно отнести к классу «объекты недропользования»

(песчаным или глиняным карьерам) (рис. 4).

В точках наблюдения и непосредственной близости от карьеров проводились: осмотр, замеры, запись данных в полевой журнал, фотосъемка, нанесение результатов обследования на карту (полевой абрис местности), плановая привязка GPS-приемником. Особое внимание уделялось участкам незаконного недропользования на территории исследований (рис. 5).

Вторичная оценка точности полученного тематического класса с учетом данных полевых исследований и других методов контроля. По результатам полевых исследований за летне-осенний период 2013 г. были подобраны и уточнены характеристики класса «объекты недропользования». Из созданного тематического слоя была удалена часть объектов, характеристики которых не подтвердились в процессе полевых работ. В результате были выделены ключевые дешифровочные показатели карьеров, позволяющие в дальнейшем избежать возможных ошибок при их идентификации и классификации.



**Рис. 4.** Изображения песчаного карьера: а) фото на местности, б) векторный полигон на снимке RapidEye; в) контуры на снимке RapidEye; г) GPS трек контура



**Рис. 5.** Участок незаконного землепользования в Волжском районе РМЭ: a) RGB снимок RapidEye в виде полигона и GPS трека, 6) Натурное обследование объекта



Подготовка итогового отчета в виде ГИС-проекта. Разработанный бесшовный векторный слой с объектами недропользования использовался для получения итогового картографического материала в среде ArcGis 10. Все полученные полигоны векторного слоя «объекты недропользования» на Республику Марий Эл представлены в виде базы данных и обладают атрибутивной информацией, имеющей различную степень достоверности:

- \* 100% выезд на место (фотоматериал и данные GPS привязки),
- 70% без полевых выездов (высокая вероятность, определенная по снимкам высокого разрешения),
- 50% определена по снимкам высокого разрешения;
- 10% определена по снимкам среднего разрешения.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

В процессе выполнения работ по мониторингу объектов недропользования на территории Республики Марий Эл по спутниковым данным были систематизированы существующие данные недропользования. Разработана методика по выявлению и оценке объектов недропользования с использованием снимков RapidEye в пакете ENVI 5.0 Classic. На основе обработки полевых и камеральных данных, а также спутниковых снимков высокого разрешения был составлен ГИС-проект с выделением на нем полигонального слоя карьеров на всю территорию РМЭ и максимальным наполнением атрибутивной информацией.

### выводы

1. Использование MNF трансформированных изображений для последующей автоматической классификации позволяет значительно улучшить степень разделимости полученных тематических классов, что в

- свою очередь повышает уровень точности тематических карт.
- Комплексное использование снимков разного пространственного разрешения, а также прямых и косвенных (вспомогательных) признаков дешифрирования позволяет повысить точность дешифрирования объектов недропользования.
- Дальнейшая работа по оценке динамики структурных и морфологических изменений сети объектов недропользования будет проводиться с использованием спутниковых снимков разного пространственного разрешения (Landsat, RapidEve и Canopus).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Schmidt, H. Multitemporal analysis of satellite data and their use in the monitoring of the environmental impacts of open cast lignite mining areas in Eastern Germany/ H. Schmidt, C. Glaesser // International Journal of Remote Sensing. 1998. № 12 (9). P. 2245-2260.
- 2. Matejicek, L. Changes in Croplands as a Result of Large Scale Mining and the Associated Impact on Food Security Studied Using Time-Series Landsat Images / L. Matejicek, V. Kopackova // Remote Sensing. 2010. № 2. P. 1463–1480
- 3. Petropoulos, G.P. Change detection of surface mining activity and reclamation based on a machine learning approach of multi-temporal Landsat TM imagery/ G.P.Petropoulos, P. Partsinevelos, Z. Mitraka // Geocarto International. 2012. P. 1–20.
- 4. Pandey, A.C. Analysing topographical changes in open cast coal-mining region of Patratu Jharkhand using CARTOSAT-I Stereopair satellite images/ A.C. Pandey, A. Kumar// Geocarto International. 2013. P. 1–14.
- 5. Курбанов, Э.А. Сравнительный анализ спутниковых снимков высокого разрешения при дешифрировании древостоев, загрязненных отходами силикатного производства/ Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, Ю.А. Полевщикова, С.А. Незамаев, Е.Н. Демишева // Вестник ПГТУ. — Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет. – № 2. – 2013. – С. 74-90.



### BLACKBRIDGE ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА:

### СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО



Для получения дополнительной информации, пишите нам на support@blackbridge.com

- + Съёмка крупных территорий
- + Многократные сезонные покрытия
- + Пространственное разрешение: 5 метров
- + Быстрая поставка данных & простой доступ
- + Программы на заказ



### В. В. Асмус (ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 1976 г. окончил Московский институт электронного машиностроения по специальности «прикладная математика». После окончания института работает в ФГБУ «НИЦ «Планета». В настоящее время — директор ФГБУ «НИЦ «Планета». Доктор физико-математических наук, профессор.

### В. В. Затягалова (ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 2003 г. окончила Московский государственный университет геодезии и картографии по специальности «геоинформационные системы». В ФГБУ «НИЦ «Планета» работает с 2010 г. В настоящее время — старший научный сотрудник. Нандидат технических наук.

### В. А. Кровотынцев (ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 1970 г. окончил Севастопольский приборостроительный институт по специальности «радиоинженер». До 1988 г. работал в Морском гидрофизическом институте Академии наук Украины. В настоящее время — заведующий отделом ФГБУ «НИЦ «Планета». Кандидат физикоматематических наук.

### И. С. Тренина (ФГБУ «НИЦ «Планета»)

В 1978 г. окончила Московский педагогический институт им. В. И. Ленина. В ФГБУ «НИЦ «Планета» работает с 1982 г. В настоящее время— заведующая лабораторией.

# Картографический веб-сервис мультимасштабной спутниковой информационной продукции ледовой обстановки северной части Каспийского моря в период 2012–2014 гг.

В последнее десятилетие технологии построения карт морского ледяного покрова достигли существенного прогресса. Еще недавно считалось, что карты морского ледяного покрова, построенные на основе спутниковой информации, вследствие их специфических особенностей, не подлежат дальнейшей формализации. Причина заключается в том, что каждая оконтуренная область ледовой карты описывается тремя основными характеристиками (сплоченность, возраст и формы), каждая из которых также состоит из нескольких параметров, представленных в процентном соотношении. Таким образом, каждая оконтуренная область ледовой карты являет-

ся неоднородным образованием, в состав которой входят разнородные по сплоченности, возрасту и формам ледяные объекты.

Широкое внедрение в практику геоинформационных систем и картографических веб-сервисов открыло огромные возможности для дальнейшего развития технологий построения по спутниковым данным карт морского ледяного покрова. При этом развитие технологий построения карт морского ледяного покрова происходит по следующим направлениям:

Представление ледовых карт (помимо растровых форматов) производится в векторном формате SIGRID-3 (в соответствии с требованиями Всемирной метеорологической орга-

- низации). Ледовые карты в формате SIGRID-3 занимают существенно меньший объем оперативной памяти и имеют большую скорость воспроизведения карты при визуализации на мониторах.
- 2. Создание ледовых карт на разных уровнях масштаба с необходимой детализацией. При этом используется спутниковая информация, существенно отличающаяся по ширине обзора и пространственному разрешению. Другими словами, ледовая карта представляется в виде мультимасштабной информационной продукции.
- 3. Представление ледовых карт в среде геосервисов. Это делает возможным преобразование карты ледовой обстановки в динамическую мультимасштабную информационную продукцию, доступную для широкого круга пользователей (в т. ч. непосредственно на судах), позволяющую в режиме реального времени получать всю полноту данных о состоянии (и изменении за предшествующий период) ледяного покрова в любой точке моря.
- Оперативное дополнение в среде геосервисов ледовых карт другими видами информации (данные береговых и судовых измерений, синоптические карты, режимная информация, батиметрические карты и др.), при сопоставлении с которыми повышается достоверность и качество интерпретации ледовой обстановки.

Спутниковый мониторинг морских акваторий проводится в ФГБУ «НИЦ «Планета» с момента запуска в 1983 г. первого отечественного океанографического спутника серии «Океан» с радиолокационной станцией бокового обзора X-диапазона. В настоящее время для построения карт ледовой обстановки в основном используются спутниковые данные видимого, инфракрасного или микроволнового диапазонов (космические аппараты NOAA, Terra, Aqua, Suomi NPP, MetOp, «Метеор-М»

 $N^{\circ}1$ , «Канопус-В»). Прием, обработка и распространение информации с упомянутых спутников осуществляется в Европейском (Москва, Обнинск, Долгопрудный), Сибирском (Новосибирск) и Дальневосточном (Хабаровск) центрах ФГБУ «НИЦ «Планета».

Технология построения карт ледовой обстановки сочетает в себе автоматизированные и интерактивные процессы, реализация которых осуществляется в собственной программной системе «PlanetaMeteo». Кроме того, на некоторых этапах обработки данных зарубежных спутников использовался программный комплекс ENVI (поставщиком которого в нашу организацию является компания «Совзонд»). В автоматизированном режиме выполняется предварительная обработка спутниковых изображений (географическая привязка, трансформирование космических изображений, сформированные заранее, картографические основы, составление обзорных монтажей). В интерактивном режиме выполняется дешифрирование на космических снимках ледовых параметров (возраст, сплоченность, формы льда, обобщенные характеристики и др.). При этом в условиях закрытия облачностью и отсутствия полного покрытия района информацией построение ледовых карт проводится на основе комплексирования данных с разных спутников, различного пространственного разрешения и спектральных диапазонов. Это позволяет по отдельным свободным от облачности районам составить более полную картину ледовой обстановки, тем самым повысив надежность картирования. В результате выполнения этих процедур формируются растровые карты ледовой обстановки, а далее с использованием программного обеспечения (ΠΟ) ArcGIS for Desktop Standard (ArcEditor) 10.2 (Esri, США) создается векторный файл в формате SIGRID 3.

Для представления данных удаленным потребителям в ФГБУ «НИЦ «Планета» был разработан картографический веб-сервис,



созданный по ГИС-веб-технологиям компании ESRI. Непосредственно само размещение геоданных в сервисе происходит с использованием ПО ArcGIS for Server, а их визуализация в веб-приложении настраивается с помощью ArcGIS Viewer for Flex. Картографической основой для представления данных в веб-сервисе служат топографические карты и мозаики спутниковых изображений (полученные по данным спутников Landsat; для отдельных районов с высоким разрешением (лучше 2 м) по данным спутников WorldView-1,2, QuickBird, GeoEye-1, IKONOS и др.), находящиеся в открытом доступе в облачной ГИС-инфраструктуре www.arcgis.com.

Аналогичные технологии используются во всем мире. Картографические веб-сервисы функционируют в США (National Snow and Ice Data Center, NSIDC NASA, http://nsidc.org), в Европе (GMES SERVICES and Norvegian Meteorological Institute, http://polarview.met. no), в России (ФГБУ ААНИИ, http://www.aari.ru).

Отличительной особенностью картографического веб-сервиса, разработанного ФГБУ «НИЦ «Планета», является представление данных о ледовой обстановке северной части Каспийского моря в виде мультимасштабного продукта (рис.). Это означает, что в одном продукте на разных масштабах мы можем получить разные виды информации: на мелком масштабе отображается кромка льда, на среднем — карта распределения припая и плавучего льда, на среднем и крупном — карта ледовой обстановки с информацией о типе, сплоченности, возрасте и форме льда.

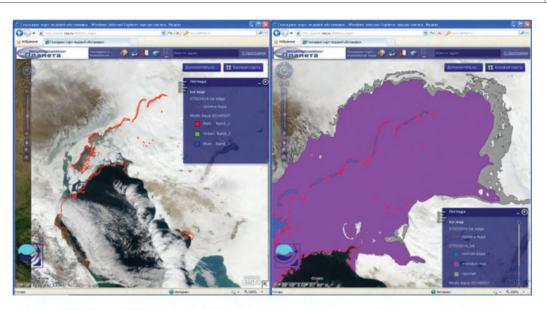
Мультимасштабный продукт, отвечая требованиям Всемирной метеорологической организации (ВМО), описывается международной символикой в формате SIGRID3. По сути, это специализированный шейп-файл, но с закодированной атрибутивной информацией. При этом атрибутивная информация для каждого оконтуренного участка льда содержит сведения о его характеристиках. В формате SIGRID3

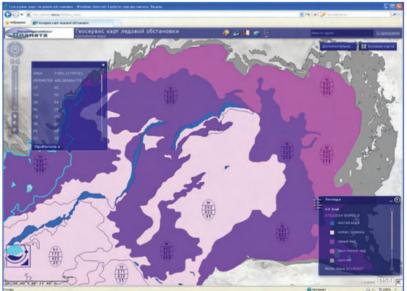
наибольшую сложность представляет символьная визуализация на карте. Каждый тип льда, помимо своего полигонального отображения, должен обозначаться овальным символом, определенные позиции которого заполняются значениями, пересчитанными из атрибутивной таблицы. При этом символика должна быть информативной и читаемой на карте. Отобразить такую сложную символику с ее динамической расстановкой внутри ледовых областей стало возможным на картографическом вебсервисе с помощью разработанного авторами скрипта, написанного на Visual basic.

В конечном итоге картографический вебсервис сделал возможным получить в окне обычного браузера в удобной для визуального восприятия форме текущую информацию о состоянии морского ледяного покрова в период 2013–2014 гг., а также отследить ретроспективу развития ледовой обстановки в периоды 2012–2013 гг.

Тестовая версия картографического вебсервиса реализована на район, охватывающий северную часть Каспийского моря, но в дальнейшем планируется расширить район представления результатов спутникового мониторинга на арктические и замерзающие моря России. При этом картографический веб-сервис станет единой точкой доступа к пространственной распределенной информации от трех центров ФГБУ «НИЦ «Планета», территориально удаленных друг от друга, позволяя в едином экстенте электронной карты составить наиболее полную картину о ледовой обстановке.

В заключении следует отметить, что только с помощью стандартных программных средств существующих ГИС-веб-технологий, без дополнительных серьезных разработок, можно создавать любые приложения или сервисы, обеспечивающие решение задач спутникового мониторинга окружающей среды, объединяя при этом информационные ресурсы различных организаций.





**Рис.** Интерфейс картографического веб-сервиса в разных масштабах представления мультимасштабного продукта спутникового мониторинга ледовой обстановки северной части Каспийского моря в период 2012–2013 гг., 2013–2014 гг.

Ознакомиться с тестовой версией картографического веб-сервиса можно по ссылке

http://planet.rssi.ru:8080/ice\_maps/ (пароль: demo; логин: demo).



**А. В. Долгих** (Криворожский национальный университет, Украина)

В 2002 г.окончил Криворожский технический университет по специальности «маркшейдерское дело» и получил квалификацию магистра погорному делу. В настоящее время— доцент кафедры маркшейдерии Криворожского национального университета. Кандидат технических наук.

# Использование нейронных сетей при исследовании земной поверхности, подработанной подземными горными работами

При добыче полезных ископаемых подземным способом применяются различные системы разработки, а главными факторами выбора той или иной системы служат геологические, геофизические и экономические факторы. В середине XX в. на Криворожской шахте им. Орджоникидзе была принята система разработки, в которой предусматривается выход воронок на дневную поверхность. 18 марта 2010 г. в горном отводе шахты им. Орджоникидзе, при выполнении плановых взрывных работ, на поверхность вышла одна из таких воронок. Событие произвело огромный резонанс, так как это случилось в непосредственной близости от жилых построек, а подземные толчки были слышны почти на всей территории города. В результате этого, равнинная территория площадью 12 га в течении 10 минут превратилась в воронку с минимальной и максимальной отметками +45 м и +125 м соответственно (рис. 1). Согласно выполненным расчетам, объем образовавшейся пустоты составил приблизительно 1,8 млн куб. м.

Нужно отметить, что для Криворожского региона, выход воронок на дневную поверхность не является необычным явлением. Например, площадь, занятая уже образовав-

шимися воронками от влияния горных работ шахт им. Орджоникидзе и им. Ленина, составляет более 170 га. Однако, этой воронке, образовавшейся в небезопасной близости от жилых зданий и районов подземных горных работ, уделяется особое внимание (рис. 2). Поэтому, для постоянного мониторинга процесса влияния горных работ на жилые и промышленные здания и сооружения, с момента выхода воронки, на данном объекте ведутся систематические наблюдения деформаций заложенной сети реперов профильных линий.



Рис. 1. Образование воронки



Рис. 2. Границы воронки в непосредственной близости от поселка

Так как в результате выхода воронки «погашена» только часть подземных пустот, то для эффективного мониторинга необходима съемка непосредственно поверхности воронки. Нахождение человека внутри воронки исключено, так как в любой момент может произойти дальнейшее обрушение, а в местах террас и трещин наблюдаются углубления до 3 м и с раскрытием от 0,3 м до 2 м (рис. 3).

В данном случае речь может идти только о дистанционных методах съемки. Выполнение съемочных работ дистанционными методами на объекте усложняется большим количеством специфических факторов, которые несвойственны другим объектам.

Например, лазерное сканирование на объекте неэффективно из-за наличия большого количества «мертвых зон». При попытке выпол-



Рис. 3. Прилегающие территории покрыты трещинами





Рис. 4. Нестойкие козырьки на краях воронки

нения работ оказалось, что зона покрытия съемкой, даже при максимально большом количестве станций, не превысила 30% поверхности, а качество созданной цифровой модели низкое, из-за наличия на объекте растительности, других препятствий. Кроме того, в местах, удобных для съемки (на возвышенностях вдоль контура воронки), нахождение человека небезопасно (рис. 1, 4), что также приводит к существенному снижению качества съемки.

Выполнение аэрофотосъемки с применением мультиспектральных камер дало бы наилучший результат, но для небольших площадей, в данном случае 25 га, неэффективно. Однако, такая съемка с некоторой периодичностью должна выполняться, так как ее данные позволяют получить наиболее полную характеристику объекта (рис. 5, 6).

Сочетание метода наземной стереофотограмметрической съемки и безотражательной тахеометрии дает хорошие результаты с точки зрения оперативности и точности, но при построении цифровой модели рельефа необходимо решать задачу при отсутствии некоторых исходных данных.

Исследование поверхности воронки предложено выполнять после каждого взрыва с применением нейронных сетей. Технологическая схема выполнения работ выглядит следующим образом.

- 1. Исходными данными являются результаты аэрофотосъемки, которые используются для создания нейронной модели.
- 2. Вся поверхность воронки разбивается на множество участков, в пределах которых выполняется моделирование. Разбивка поверхности на множество участков необходима, так как на данный момент, современное состояние компьютерной техники не позволяет создать качественную модель на всю поверхность. Эта задача требует огромного количества времени и ресурсов. Именно поэтому, важной задачей является оптимизации количества анализируемых элементов цифровой модели методами генерализации. В данной задаче главным критерием генерализа-



тахожовнае человека категораческа запрещено

Рис. 5. Цифровой план

ции является точность объема, который определяется от условной поверхности. Создание модели на всю поверхность, под силу только специализированным компьютерам.

- 3. Для каждого участка набирается минимально необходимое количество пикетов методом безотражательной тахеометрии или цифровой стереофотограмметрической съемки.
- 4. Для каждого участка генерируется модель с учетом данных, полученных с помощью новой съемки, выполненной способами безотражательной тахеометрии или цифровой стереофотограмметрической съемки. За базовую программу для работы с нейронными сетями принят программный продукт StatSoft STATISTICA, но анализируется возможность применения и других программ.
- 5. Для каждого участка рассчитывается объем от условной поверхности, учитывая изменения которых, можно судить о состоянии поверхности воронки. Эти данные и данные определений планового и высотного положения реперов профильных линий позволяют строить гипотезы о процессах, происходящих в недрах.



Рис. 6. План воронки

Данная методика в настоящее время исследуется и совершенствуется. Поэтому, еще не получены окончательные данные о состоянии массива, но с достаточной точностью решена задача выбора места съемки и участка, необходимого для проведения дополнительных исследований.

Результаты исследований показали, что на данный момент, поверхность воронки находится в стадии динамических изменений. На рис. 7 приведены изолинии величин осадок поверхности, проведенные с сечением через 1 м. На некоторых участках произошли оседания величиной не более 20 м, что позволяет сделать вывод о том, что большая часть пустот еще не погашена. На объекте необходимо выполнять дальнейшие исследования для обеспечения безопасной эксплуатации зданий и сооружений, находящихся в непосредственной близости к зоне обрушения, а также для обеспечения безопасного ведения горных работ.

Для решения данной задачи, способ нейронных сетей выбран не случайно. Исследования показали, что при условии, когда имеется полная информация об объекте, не следует





Рис. 7. Изолинии осадок

применять нейронные сети, так как классические методы показывают более стабильные и точные результаты. Но большинство классических методов оказываются бессильными при наличии «пропущенных данных».

В классической теории нейронных сетей есть несколько классов задач, традиционно решаемых этим методом, таких как регрессия, классификация, понижение размерности, кластеризация. Эти задачи, в том или ином виде, решаются маркшейдером. Но структура маркшейдерских данных далека от той классической формы, для которой разрабатывались нейронные сети. Классическими примерами могут служить задачи с курсом валюты или котировкой акций, размеры пятен на солнце, предсказание температуры по результатам многолетних наблюдений и т.д.

Метод нейронных сетей с самого начала накладывает серьезные ограничения, резко уменьшающие область их применения в маркшейдерии:

\* во-первых, нужно владеть данными о том, есть ли между известными исходными (начальными) значениями и неизвестными выходными (конечными) данными связь;

- \* во-вторых, как правило, нейронные сети используется тогда, когда неизвестен точный вид связи между исходными и конечными данными, если бы он был известен, то можно было бы применять непосредственное моделирование;
- в-третьих, для обучения сети необходимы исходные данные в достаточном количестве (так называемая предыстория), и таких данных должно быть от нескольких десятков до нескольких сотен.

Можно констатировать, что большинство задач маркшейдерского обеспечения подходят по этим критериям лишь частично. Это связано с особенностями представления маркшейдерских данных, которые нужно преобразовать и структурировать таким образом, чтобы их обработка была бы возможна нейросетевыми методами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Аксенов С. В., Новосельцев В. Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии) / Под общ. ред. В. Б. Новосельцева. Томск: Изд-во НТЛ, 2006. 128 с
- 2. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. М.: Горячая линия Телеком, 2007. 284с.
- 3. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. (+CD) СПб. Питер, 2003. 688c
- 4. Нейронные сети. STATISTJCA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных / Под редакцией В.П. Боровикова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Горячая линия Телеком, 2008. 392 с., ил.
- 5. Долгих А.В. Преобразование маркшейдерских данных для моделирования нейросетевыми методами. / Прничий вісник. Кривий Ріг: КНУ. 96, 2013. С. 85-89.





### 14-я Международная научнотехническая конференция «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии»

Даты: 18-24 октября 2014 г.

Место проведения конференции: о. Хайнань, Китай.

Организаторы: ЗАО «Ракурс» (г. Москва, Россия), Smartspatio Technologies (г. Пекин, Китай).

Роль дистанционного зондирования Земли и фотограмметрических технологий постоянно возрастает. Поэтому далеко не случайно каждая новая конференция, посвященная этой тематике, становится знаковым событием.

Ежегодно конференция «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии» объединяет лучших специалистов отрасли из десятков стран мира, открывает перед ними великолепные возможности для профессионального общения, обсуждения самых актуальных тем. Среди постоянных участников конференции такие ведущие компании в области дистанционного зондирования Земли, как DigitalGlobe (США), Airbus Defence and Space (Франция), предприятия Роскосмоса (Россия), Hexagon (Швеция), Microsoft/Vexcel (Австрия), VisionMap (Израиль). Пользователи космической и аэрофотосъемки представлены отраслевыми лидерами среди которых: ФГУП «Рослесинфорг», ОАО «Роскартография», «Газпром ВНИИГАЗ», ГУП «Мосгоргеотрест», «АГП "Меридиан+"» и многими другими.

Одной из особенностей конференции является ежегодная смена места ее проведения. Это не только вносит разнообразие в ее работу, но и открывает целый ряд новых возможностей. В этом году местом проведения выбран Китай, что неудивительно, учитывая возрастающую роль этого государства на мировом рынке дистанци-

онного зондирования и геоинформатики.

На сегодняшний день Китай является одним из самых перспективных потребителей и поставщиков геопространственной информации. Большая территория, уверенный экономический рост, успехи в области космических технологий — работать с Китаем стремятся ведущие мировые компании. Решение провести очередную конференцию в этой стране стало еще одним подтверждением высокого значения всего азиатского рынка для развития методов дистанционного зондирования Земли и фотограмметрических технологий.

Что дает участие в конференции? Прежде всего, это уникальная возможность поделиться собственными технологиями и познакомиться с достижениями коллег, получить большой объем интересной и очень полезной информации. Следует учесть и то, что конференция широко освещается в отраслевых зарубежных и российских СМИ. Это поможет заявить о себе как участникам конференции, так и особенно ее спонсорам.

Участие в конференции открывает прекрасные возможности для налаживания новых деловых связей. Пропустить такое важное мероприятие — значит упустить великолепный шанс заключить выгодные контракты. Предложить свои разработки, получить доступ к технологиям коллег — конференция предоставляет отличные перспективы для развития вашего бизнеса!



### МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

29-31 ОКТЯБРЯ 2014 Москва, Экспоцентр павильон 2



АУДИОВИЗУАЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

www.isrussia.ru

Организаторы:

При поддержке:











### 11-я Международная выставка геодезии, картографии, геоинформатики

14-16 октября 2014 Москва, ВВЦ, пав. 75

### объединяя опыт

### помогаем найти решение



- забронируйте стенд на
- Оборудование и технологии • Исследование и моделирование для геодезии и геофизики
- Геоинформационные системы
- местности, взаимосвязи объектов
- Навигация и мониторинг транспорта

Организатор:



Тел.: +7 (495) 935 81 00 E-mail: geoformexpo@ite-expo.ru









Генеральный информационный спонсор:

www.geoexpo.ru



### В РОССИИ НАСТУПАЕТ «ЭРА-ГЛОНАСС»

В нашей стране завершились комплексные испытания самого крупного навигационного проекта «ЭРА-ГЛОНАСС», в рамках которого были отработаны вопросы взаимодействия с «Системой-112». Об участии ОАО «Ростелеком» в этом проекте рассказывают вице-президент по работе с операторами связи Евгений Секерин и исполнительный директор — директор Инновационного центра Павел Ройтберг.



Евгений СЕКЕРИН вице-президент по работе с операторами связи

Проект «ЭРА-ГЛОНАСС» считается самым масштабным не только в России, но и в мире. Почему?

П. РОЙТБЕРГ: Начнём с того, что только две страны в мире – Россия с «ГЛОНАСС» и США с GPS – имеют глобальные системы позиционирования. Европейцы со своей системой Galileo в этом плане значительно и надолго отстают. Китайская система Compass/BeiDou находится на региональном уровне, судя по всему, у них на подходе глобальный сегмент, но реально по срокам внедрения они соревнуются с европейцами, а не с нами и США. Что-то пытается внедрить Бразилия. О других странах говорить не приходится. Это касается комплексной системы «ЭРА-ГЛОНАСС». А в сопряжении «ЭРА-ГЛОНАСС» с «Системой-112» у нас вообще нет



Павел РОЙТБЕРГ исполнительный директор, директор Инновационного центра

равных. Во всяком случае, Европу мы опережаем на 3 года.

Без сопряжения с «112» «ГЛОНАСС» становится однобоким и во многом теряет смысл. Наш общий проект создаётся в целях сохранения жизни и здоровья пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях и иных ЧС на автомобильных дорогах страны. Это достигается сокращением, в среднем, на 30 % времени реагирования на происшествие экстренных оперативных служб: МВД, МЧС, скорой помощи, за счёт использования современных возможностей навигационных, телекоммуникационных и информационных технологий.

**Е. СЕКЕРИН:** Проект действительно очень масштабный и единственный крупный телекоммуникационный проект, в котором участвуют



все крупнейшие операторы связи страны. За одним столом собрались лучшие телекоммуникационные «умы» и разработали общую технологическую схему решения. Совместными усилиями за короткий срок удалось построить сетевую инфраструктуру на всю Россию.

### Как складывались отношения между операторами?

Е. СЕКЕРИН: В рамках реализации проекта операторы связи выступали и как партнёры, и как конкуренты. Реализация первого этапа проходила на площадках «Ростелекома» наши конкуренты посчитали, что проект имеет небольшую финансовую отдачу. А когда поняли, сколько мы зарабатываем уже на первом этапе, захотели получить свой «кусок пирога» и в рамках реализации второго этапа «ЭРА-ГЛОНАСС» было принято единственно верное решение – вся «большая четвёрка», обладающая инфраструктурой, участвует в проекте. «Ростелеком» размещает оборудование и строит основные каналы до Урала, «Мегафон» — за Уралом плюс Юг. резервные каналы предоставляют «ВымпелКом» и «МТС».

Необходимо отметить, что «Ростелеком» имеет большой опыт работы с международными операторами по строительству сетей, с ними мы умеем договариваться, умеем строить, умеем продавать услуги. Но с российскими операторами такого опыта у нас до сих пор не было. При разделении сфер реализации проекта были спорные ситуации, но в результате мы решили, что лучше договариваться и выступать не как конкуренты, а как партнёры. Это во многом снизило финансовую нагрузку, ведь только на дооборудование площадок требовалось инвестировать более 300 млн. рублей. Когда мы поделили участки и работы, просчитали экономику, поняли, что поступили правильно. Мы стали партнёрами, искали и находили компромиссы, совместно реализовывали технические решения.

П. РОЙТБЕРГ: Получилось так, что нам досталась самая значительная часть создания инфраструктуры и можно однозначно сказать, что без «Ростелекома» система за такие сроки не была бы создана.

### В чём состояло наше участие?

П. РОЙТБЕРГ: Сети операторов связи - основа инфраструктуры системы «ЭРА-ГЛОНАСС», состоящей из навигационно-информационных центров. Большинство площадок — наши, большинство основных каналов — наши. По сути, «ЭРА-ГЛОНАСС» — проект инфраструктурный и существенная его часть была предоставлена «Ростелекому». А наш Инновационный центр стал своеобразным проектным офисом, который координировал работу всех остальных участников проекта.

Мы предоставили свою инфраструктуру: площадки размещения оборудования и региональных сегментов в 48 субъектах России, внутригородские, внутризоновые, магистральные каналы связи, а также услуги IP VPN. В реализации этой части нам помогали подразделения Департамента по работе с операторами.

**Е. СЕКЕРИН:** «ГЛОНАСС» нужно было разместить оборудование и соединить его каналами связи. На первом этапе мы предоставили основных 15 площадок, подвели к ним каналы связи, которые в итоге сходятся в Москве. На втором этапе размещение оборудования «ГЛОНАСС» проведено на 33 площадках на территории МРФ «Центр», «Северо-Запад», «Волга», «Урал» и также соединили его каналами связи, которые в итоге сходятся в Москве. На наши площадки также приходят операторы, обеспечивающие «ГЛОНАСС» резервными каналами. Мы поделили регионы и смогли добиться существенных результатов, сосредоточив, а не распылив свои силы. При этом вся основная инфраструктура собирается на нашей сети, сходится в наших точках в связи с тем, потому что именно на площадках «Ростелекома» был реализован первый этап.

Кроме того, участие в проекте позволило «Ростелекому» модернизировать и дооборудовать площадки, выполнить самые жёсткие требования к помещениям, где размещено оборудование «ГЛОНАСС». Таким образом, мы существенно улучшили условия для реализации других проектов.

П. РОЙТБЕРГ: Вторая часть проекта уже непосредственно касалась Блока инновационного развития. Это связано с нашими облачными решениями. Так. мы обладаем наибольшей компетенцией в «Системе-112», имеем «пилотные» зоны внедрения, и совершенно справедливо были назначены единственным исполни-«ЭРА-ГЛОНАСС» телем интеграции «Системой-112». Техническое решение для сопряжения данных было разработано в «Ростелекоме» на базе национальной платформы 07. Наше участие состояло как в проведении непосредственных работ по интеграции, так и в документальном сопровождении. В рамках проекта было важно не только синтегрировать, но и документально зафиксировать взаимодействие двух систем.

Для поддержки принятия решений в «облачной» системе «Ростелекома» используется единая картографическая база «ГЛОНАСС», а также подсистема мониторинга авто, позволяющая отслеживать местонахождение транспортных средств с помощью навигационного оборудования «ГЛОНАСС». При этом наша облачная платформа 07.112 значительно оптимизирует организационные, технологические и финансовые аспекты создания «Системы-112» за счёт эластичной архитектуры сервиса.

Для обеспечения работоспособности системы зарезервированы специальные телефонные DEF-коды 941-949, которые будут использоваться для связи «чёрных ящиков» с экстренными центрами при аварии. Разработанные технические решения системы «ЭРА-ГЛОНАСС» позволяют интегрироваться не только с «Системой-112», но и с информационными системами МЧС и МВД.

Это продемонстрировали и прошедшие испытания? Как вы оцениваете их результаты?

П. РОЙТБЕРГ: В ноябре прошлого года совместно с НП «ГЛОНАСС» мы успешно провели испытания сопряжения «ЭРА-ГЛОНАСС» с системой вызова экстренных оперативных служб «112» в Астраханской, Костромской, Курской, Тульской областях и Краснодарском крае. В их ходе было налажено взаимодействие систем с момента передачи экстренного вызова из автомобиля, оснащённого терминалом «ЭРА-ГЛОНАСС», до момента отработки происшествия операторами «Системы-112». Для доставки информации о ДТП из одной системы в другую понадобилось менее 10 секунд с момента аварии. Я считаю, это отличный результат!

Тестирование показало, что использование данного технического решения не потребует доработки существующей инфраструктуры «Ростелекома» и системы «ЭРА-ГЛОНАСС», а это значительно упрощает его внедрение.

По подсчётам экспертов, время прибытия неотложки может сократиться при этом на 30%, что, в свою очередь, позволит спасать до 4 тыс. жизней в год и сохранять здоровье десяткам тысяч наших граждан. А предполагаемый ежегодный экономический эффект от использования системы может составить к 2020 году порядка 25 млрд рублей.

Иными словами, это чисто коммерческий проект...

**Е. СЕКЕРИН:** Да, «Ростелеком» зарабатывает на этом проекте. Вложены большие деньги на ремонт и дооборудование площадок и теперь компания получает доход от предоставления услуг по размещению оборудования и от предоставления каналов связи в пользование. И мы рассчитываем за четыре года окупить наши вложения.

**П. РОЙТБЕРГ:** Да, это коммерческий проект. Мы инвестировали существенные средства в создание системы, и уже в следующем году мы начнём зарабатывать на её эксплуатации.



### ПОДПИСКА на журнал «Геоматика» 2014

### 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.

6) Отправьте копию квитанции об оплате:

**по факсу:** +7 (495) 988-7533; **по e-mail:** geomatics@sovzond.ru;

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

Подписка оформляется с ближайшего номера после поступления оплаты. В стоимость подписки включена доставка журналов.

извещение	ООО «Компания СОВЗОНД» ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 Московский банк ОАО «Сбербанк России» г. Москва БИК 044525225 К/с № 3010181040000000225 Ф.И.О. Почтовый адрес				
	Название журнала	Количество номеров	Сумма		
	Геоматика				
	Плательщик	Дата	+		
Кассир					
КВИТАНЦИЯ	ООО «Компания СОВЗОНД» ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 Московский банк ОАО «Сбербанк России» г. Москва БИК 044525225 К/с № 3010181040000000225  Ф.И.О Почтовый адрес				
	Название журнала	Количество номеров	Сумма		
	Геоматика				
	Плательщик	Дата			
Кассир					



## ЗАДАЧИ ВАШЕГО БИЗНЕСА В **ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ**



### "У меня свой бизнес.

Он научил меня ценить время и оператора связи. Для своей компании я выбрал оператора Ростелеком, и задачи моего бизнеса оказались в центре его внимания. Ростелеком всегда предлагает эффективные и оптимальные решения. Рекомендую!

### **УСЛУГИ**

- Новая телефония
- Web-видеоконференции
- Приложения 1С
- Управление складом мой склад
- Виртуальный офис
- Управление взаимостношениями с клиентами (CRM)

### ПРЕИМУЩЕСТВА

- Отсутствие крупных затрат на организацию, поддержку и администрирование услуг
- Услуги доступны везде, где есть Интернет
- Безопасная передача данных и высокая степень защиты ресурсов Ростелеком
- Быстрая организация и бесплатный тестовый период\*



8 (800) 200 3 000 www.rt.ru| www.o7.com



### НАБОРЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ (РПД)



Образцы наборов РПД10. Готовы наборы РПД на Забайнальский край, Москсвскую, Свердловскую, Курганскую, Кемеровскую, Иркутскую, Ростовскую, Новосибирскую, Омскую, Лекинградскую области, Ханты-Мансийский АО – Югра, Ненецкий АО

	Наборы РПД				
Характеристика	РПД10	РПД25	РПД50		
Исходные данные	WorldView-1/2, Geo€ye	ALOS PRISM (до 2010 г.), RapidEye (привизна по высокоточной опоре М 1:10000)	RapidEye (привязка по опоре M 1:25 000)		
Пространственное разрешение, м	0,5	2,5 KOA 5	5		
Точность (соответствие масштабу)	1:10 000	1:25 000	1:50 000		
Минимальный заказ, кв. км	10 000				
Формат поставки	JPEG (ECW)				
Мультиперекрытие	Да				
Стоимость	В 2-3 раза ниже стандартной стоимости				