

II Совместная
международная научно-
техническая конференция

ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ:

КОСМИЧЕСКИЕ
И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ,
ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

**МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ**



Уважаемые коллеги!

В 2021 г. в Иркутске была проведена 1-я Совместная Международная научно-техническая конференция «ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные, технологии обработки». Совместная конференция была хорошо принята профессиональным сообществом, вызвала большой интерес как у профильных частных компаний, так и у государственных структур. Учитывая полученный положительный опыт и пожелания предприятий отрасли, АО «Ракурс», АО «Роскартография» и Госкорпорация «Роскосмос» приняли решение о проведении 2-й Совместной конференции «ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные, технологии обработки». Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) поддержала проведение конференции и стала ее партнером.

Задачи, поставленные сегодня отрасли картографии и дистанционного зондирования Земли, как никогда амбициозны. Обеспечение потребностей инфраструктурных проектов и реализация программы импортонезависимости экономики требуют партнёрства между государственными и частными компаниями, профессиональными сообществами, наукой и образованием.

Развитие любой отрасли невозможно без установления и поддержания деловых, а иногда и дружеских отношений между компаниями и специалистами. Обмен знаниями, опытом, достижениями приводит к возникновению идей, выработке новых решений, разработке и внедрению производительных технологий, и, в целом, движению вперед.

Ключевой целью совместной конференции является выстраивание профессиональных мостов между всеми игроками рынка, обмен региональными практиками и лучшими решениями.

До встречи в Санкт-Петербурге!

*С уважением,
оргкомитет 2-й Совместной Международной научно-технической конференции
«ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные,
технологии обработки»*

Материалы конференции
12-15 сентября, 2022, Санкт-Петербург, Россия

СОДЕРЖАНИЕ

<u>А.В. Павлов, А.В. Гронь. Федеральный фонд данных ДЗЗ. Доступность отечественной космической информации.....</u>	3
Н.Н. Филин. Сравнение дистанционных технологий сбора геопространственной информации и аспекты применения разномасштабных материалов аэрофотосъемки для решения задач нефтегазовой отрасли.....	6
А.Н. Погородний. Перспективы использования данных воздушного лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки с БВС при таксации лесосек.....	8
<u>Г. Г. Побединский, С.А. Сарсков и др. Технологии ГИС и ДЗЗ в системе эпидемиологического надзора.....</u>	10
Ю.С. Ядрихинская. Обзор отечественных и зарубежных требований к выполнению ВЛС для решения геопространственных задач. Предложения для разработки проекта национального стандарта, устанавливающего требования к ВЛС.....	19
Р.С. Османов. Применение методов InSAR при определении параметров источников деформаций.....	20
Р.В. Киселев. Геоинформационная платформа NextGIS — готовое решение для создания ГИС Предприятия в рамках импортозамещения.....	27
<u>А.А. Золотой, К.Э. Верчак. Автоматизация нахождения автомобильных дорог на аэрофотоснимках Leica ADS 100.....</u>	28
<u>А.А. Золотой, Е.А. Войтович. Построение классификаторов для лесных и обрабатываемых земель по данным космических снимков БКА.....</u>	30
Е.В. Петрова, <u>А.А. Копытов</u> , С.В. Птушкин. Создание фотограмметрической модели города Москвы по материалам беспилотных летательных аппаратов.....	32
Р.Н. Ахметов, А.В. Филатов, <u>А.А. Федосеев</u> , А.А. Юдаков. Мероприятия по обеспечению достижения заданных основных тактико-технических характеристик малых космических аппаратов серии «Аист».....	35
И.П. Попов. Современное использование данных дистанционного зондирования Земли при создании цифровой топографической карты горной местности.....	36
И.В. Островский. Использование материалов воздушного лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки для целей лесоустройства.....	37
А.У. Сечин. Технологии автоматического формирования базы данных опорных точек для повышения точности геодезической привязки космических снимков – результаты работы ЭО ПК.....	38
Е.А. Бровка. Нормативно-техническое и методическое обеспечение оперативного обновления цифровых и электронных карт Национальной системы пространственных данных.....	42
П.А. Анашкин. Цифровая трансформация информационного обеспечения задач управления территориями.....	47
В.В. Беленко. Создание геоинформационной модели и интерактивной карты экологических рисков бассейна реки Оки.....	50
В.Ю. Малков. Современное состояние Государственной геодезической сети, Государственной нивелирной сети. Роскартография – выполнение работ по развитию высокоточных сетей 2021-2022 гг.....	52
С.С. Карпухин. Космическая география России: прошлое, настоящее, будущее.....	53
С.Ю. Толстых. Создание учебных картографических пособий.....	61
Д.А. Кукушкин. Опыт применения носимых ручных лазерных сканеров на объектах гражданского строительства и предприятиях горно-обогатительной промышленности.....	66
Н.К. Малявина. Развитие системы управления производственными процессами АО «Роскартография».....	67
<u>А.И. Игонин, Д.А. Чебышева. Современные тематические карты: от разработки до реализации.....</u>	68
А.А. Пешкун. Перспективные российские космические системы радиолокационного наблюдения.....	72
Д.В. Кочергин. Платформа PHOTOMOD. Версия 7.3. Новые функциональные возможности.....	74
<u>Б.С. Савченко, Н.А. Вьюков и др. Комплексный подход к решению задачи обнаружения и идентификации объектов на радиолокационных изображениях нейросетевым методом, адаптивным к мультичастотным и поляриметрическим данным.....</u>	75
Е.В. Бровка. Модернизация и развитие ГГС и ГВО в Арктической зоне. Проблемы и опыт.....	82

Федеральный фонд данных ДЗЗ. Доступность отечественной космической информации.

А.В. Павлов, А.В. Гронь

Научный центр оперативного мониторинга Земли, Москва

Аннотация. Определение федерального фонда данных ДЗЗ. Новый геопортал Госкорпорации «Роскосмос» и его возможности. Оказание услуг для физических лиц. Основные преимущества заказа данных ДЗЗ из федерального фонда данных ДЗЗ. Интеграция федерального фонда данных ДЗЗ с другими информационными системами.

Ключевые слова: Федеральный фонд данных ДЗЗ, данные ДЗЗ, геопортал Госкорпорации «Роскосмос».

Оператор Федерального фонда ДЗЗ

В 2018 году в Закон о космической деятельности Российской Федерации были внесены изменения

в части определения федерального фонда данных ДЗЗ (далее – Фонд), его назначения и предоставления данных за плату. Оператором федерального фонда данных ДЗЗ является Госкорпорация «Роскосмос». На сегодняшний день в Фонде хранится более 4 Пб данных ДЗЗ с различных космических аппаратов ДЗЗ, доступных для заказа потребителям космической информации.

Новый геопортал Госкорпорации «Роскосмос»

Заказ данных ДЗЗ производится с использованием нового геопортала Госкорпорации «Роскосмос» - <https://next.gptl.ru>. (Рис. 1)

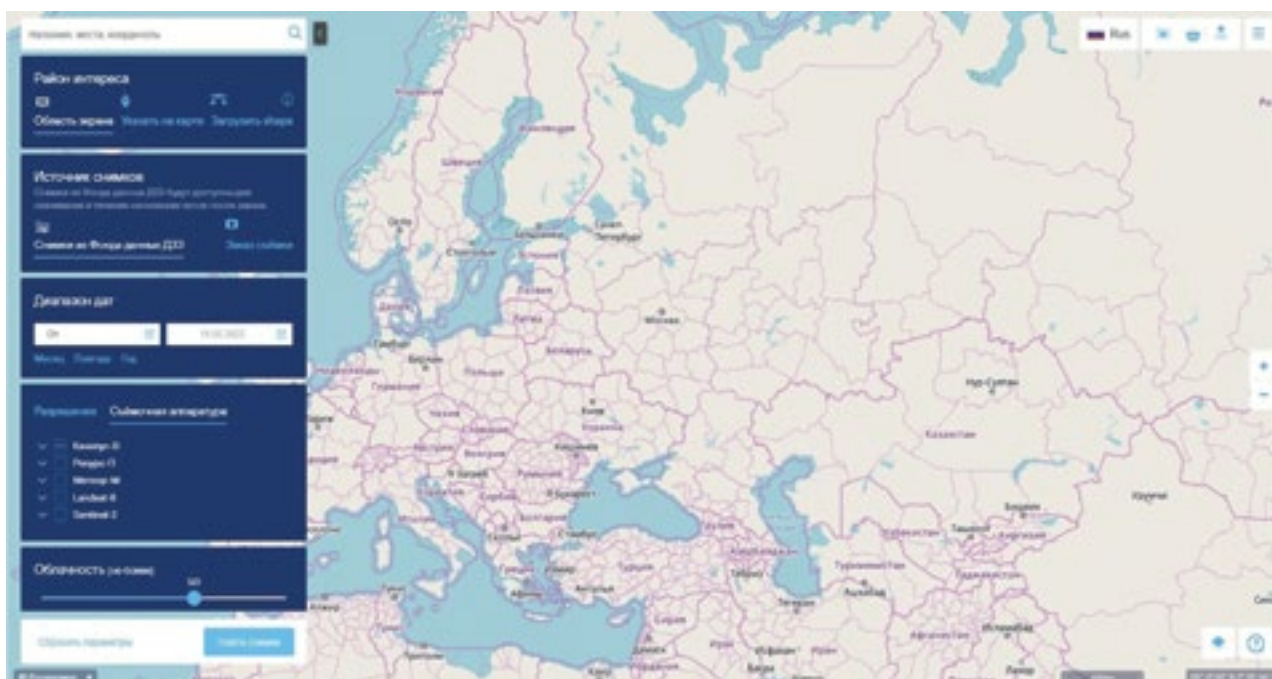


Рис. 1 Интерфейс Геопортала

Геопортал Роскосмоса - ресурс, который сочетает в себе средство просмотра космических снимков земной поверхности, поиска/заказа данных из Фонда.

Обновленный геопортал стал интуитивно понятен пользователям, поиск и заказ данных ДЗЗ выполняются значительно быстрее, появилась возможность «вырезки» необходимого района интереса и, наконец, данные ДЗЗ теперь доступны для физических лиц с возможностью проведения онлайн оплаты.

Хранение данных в облачном объектном храни-

лище S3 дает возможность потребителям просматривать готовую продукцию в полном разрешении онлайн, непосредственно в геопортале.

Особенности заказа данных ДЗЗ из Фонда

Особенностями заказа данных из Фонда являются:

- Удобство поиска, просмотра и заказа архивных данных ДЗЗ.
- Полностью автоматическая обработка данных ДЗЗ новым программным комплексом и возможность получения готовой продукции в личном ка-

бинете.

- Полностью автоматический технологический цикл исполнения заказов.
- Высокая скорость исполнения заказа (от нескольких минут до 10 рабочих дней с момента оформления заявки).
- Возможность заказа данных физическими лицами и оплата онлайн. Оперативное оформление заказа данных юридическими лицами по договору-оферте.

Предоставление данных ДЗЗ физическим и юридическим лицам

Физическим и юридическим лицам обеспечен доступ в Фонд для заказа данных ДЗЗ по ценам, определенным правилами определения размера платы за предоставление данных дистанционного зондирования Земли из космоса и копий данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Физические лица оплачивают данные онлайн с использованием эквайринговых услуг Сбера. Юридические лица могут заказать данные, оплатив выставленный счет. В данном случае заключается договор-оферта, который также опубликован на геопортале.

Учитывая, что ограничения по объему заказа отсутствуют, можно сделать заказ именно на свой район интереса без дополнительных трат. Этим активно пользуются пользователи, например, для дальнейшего представления данных ДЗЗ в качестве доказательной базы в судебные органы. Средняя сумма заказа обычно не превышает 300 рублей! При этом на сегодняшний день сделано уже более 200 заказов на сумму ~ 100 тыс. руб.

Кроме того, пользователям можно не бояться, что они останутся без консультационной поддержки. В случае возникновения сложностей с заказом данных, либо претензий к полученной продукции ДЗЗ можно всегда обратиться в отдел взаимодействия с потребителями космической информации, где всё подробно объяснят и смогут заменить некачественную продукцию.

Телефоны поддержки: 8-495-229-43-89, 8-495-280-72-25

Интеграция Фонда с другими информационными системами

На сегодняшний день одним из оптимальных способов использования данных ДЗЗ является интеграция региональных и ведомственных информационных систем с Фондом посредством API.

Уже сегодня Фонд взаимодействует с:

- Банком базовых продуктов межведомственного

использования;

- Уникальными отраслевыми сервисами на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса;
- Единым информационным ресурсом (ЕИР) о земле и недвижимости с участием Росреестра и Министерства цифрового развития;
- Единой системой мониторинга реализации нацпроектов с участием федерального казначейства Российской Федерации;
- Геоинформационной системой Владимирской области;
- Геопорталом Республики Коми;
- Югорским НИИ информационных технологий.

Открытые данные ДЗЗ

АО «Российские космические системы» совместно с АО «НИИ ТП» запустило в тестовом режиме новый сервис открытых данных, поступающих в федеральный фонд данных дистанционного зондирования Земли из космоса.

Новый сервис предоставляет открытый оперативный онлайн-доступ к снимкам Земли с уникального высокоэллиптического спутника Арктика М и геостационарных спутников Электро-Л, осуществляющих съёмку с частотой до 15 минут. Снимки становятся доступны пользователям спустя всего лишь 30-40 минут (Рис. 2).

Неискушённым пользователям прежде всего будет интересен графический интерфейс просмотра и скачивания снимков в Геопортале Роскосмоса.

Для профессионалов особый интерес представляет программный интерфейс сервиса, позволяющий осуществлять поиск по спецификации STAC-API и доступ к данным по протоколу AWS S3. Это даёт возможности автоматического (машинного) анализа множества разновременных снимков (благодаря хранению данных по спецификации Spatio-Temporal Asset Catalog и возможности работы с ними через STACIT-драйвер популярной библиотеки GDAL), оперирования ими в приложении QGIS (с помощью STAC plugin) без скачивания файлов на свой компьютер.

Геопортал Роскосмоса является элементом банка геоданных, который функционирует в частном облаке Роскосмоса, реализованном на программном комплексе управления ИТ инфраструктурой собственной разработки.

АО «НИИ ТП» является разработчиком Единой территориально-распределённой информационной системы дистанционного зондирования Земли, в том числе банка геоданных, Геопортала Роскосмоса и комплекса вычислительных ресурсов.

АО «Российские космические системы» является разработчиком съёмочного устройства МСУ-ГС (установлено на спутниках Арктика-М и Электро-Л)

и программного комплекса обработки данных съёмки, получаемых с него.



Рис. 2 Данные ДЗЗ с КА Арктика-М, Электро-Л

Эксплуатация федерального фонда данных ДЗЗ осуществляется в рамках государственного контракта между Госкорпорации «Роскосмос» и АО «Российские космические системы». По вопросам

получения данных из федерального фонда данных ДЗЗ Вы можете обратиться в отдел взаимодействия с потребителями космической информации по телефонам: 8-495-229-43-89, 8-495-280-72-25.

Сравнение дистанционных технологий сбора геопространственной информации и аспекты применения разномасштабных материалов аэросъемки для решения задач нефтегазовой отрасли

Н.Н. Филин

«НК «Роснефть-НТЦ», Краснодар

В настоящее время, современные технологические средства выполнения инженерно-геодезических изысканий и картографирования активно испытываются, внедряются и используются в интересах нефтегазовых компаний. Прежде всего, речь идет о цифровой аэрофотосъемке и воздушном лазерном сканировании (ЦАФС и ВЛС). Широкий выбор данных инструментов сбора геопространственной информации позволяет применять их как с пилотируемых, так и с беспилотных воздушных платформ. При этом, каждый из них обладает своими особенностями, возможностями и ограничениями.

Среди основных достоинств пилотируемой авиации – высокая производительность работ и возможность съемки труднодоступных районов. Большая авиация представлена двумя основными типами воздушных судов – вертолеты и самолеты, первые имеют широкое распространение на территориях месторождений ПАО «НК «Роснефть» и обладают вертикальным взлетом и посадкой, а также возможностью зависания в воздухе, что дает им конкурентное преимущество при выполнении работ в сравнении с самолетами. Вместе с тем, арендная стоимость легкой авиации класса «самолет» ниже, а их технические возможности, в части скорости полета и потолка высот, чаще всего, выше.

Беспилотные летательные аппараты (БВС), которые за счет своих конструктивных особенностей в подавляющем большинстве разделяются на БВС самолетного, мультикоптерного и гибридного типов, в сравнении с пилотируемой авиацией имеют ряд преимуществ в плане мобильности, цены, а также высокой информативности и детализации данных. Однако, применение беспилотников ограничивается высотой и временем полета. При этом, использование БВС мультикоптерного типа требует существенных затрат энергии на протяжении всего полета, таким образом, сокращается продолжительность нахождения в воздухе в сравнении с самолетным типом. Вместе с этим, коптеры отличаются от «крыльев», высокой маневренностью и наиболее безопасным способом взлета/посадки. Гибридный тип БВС обладает достоинствами обоих типов, однако, их стоимость и доступность на отечественном рынке ограничивает возможности их применения в

настоящее время.

Таким образом, охваченные технологии сбора геопространственной информации позволяют сформировать матрицу их эффективной применимости, в зависимости от основных типов и площадей объектов изысканий, присущих месторождениям ПАО «НК «Роснефть». Так, для съемки отдельных кустовых площадок (1 км²) оптимальным являются традиционная наземная съемка и производство ЦАФС и ВЛС с БВС коптерного типа, при условии группировки нескольких кустовых площадок в общий объем (пул) работ, локализованных недалеко друг от друга. Линейные объекты, в зависимости от протяженности и изыскиваемой площади, могут быть сняты любой из представленных беспилотных технологий, при этом эффективность самолетных и гибридных платформ возрастает при съемке от 50 км². Для съемки объектов экстремальных площадей и протяженности, месторождений и лицензионных участков (более 100 км²), оптимально применять ВЛС и ЦАФС на базе пилотируемых воздушных судов (ПВС).

Принимая во внимание особенности каждой технологии и запрос на повышение производительности полевых работ, результатом проведенного анализа технологий и объектов изысканий стала разработка комплексной концепции эффективного применения технологии ВЛС и ЦАФС («Концепция 4-х этапов»), согласно которой, возможно совместное эффективное применение технологий в зависимости от этапов реализации освоения территории. Так, согласно данной концепции, на первом этапе производится сплошная съемка ВЛС и ЦАФС всей площади лицензионного участка с применением пилотируемой авиации; на втором этапе осуществляется концептуальное проектирование и выбор местоположения проектируемых объектов по собранным данным на первом этапе; третий этап включает в себя работы по уточнению схем размещения объектов и создание картографической продукции в виде топографических планов в пределах локализованных участков и коридоров; на четвертом этапе, в свою очередь, выполняются инженерные изыскания при строительстве и реконструкции объектов нефтедобычи, при этом, возможно, использование собранных на первом этапе матери-

алов, а для повышения детализации, и, в случае изменения фактической ситуации, производится повторное выполнение ЦАФС и ВЛС, но уже с применением БВС на локальных участках и производственных площадках.

Подтверждение предложенной концепции было реализовано в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по «Унификации подходов к выполнению работ с применением ЦАФС и ВЛС. Апробация результатов разработанных методик аэросъемки и определения таксационных характеристик», проведенных специалистами ООО «НК «Роснефть-НТЦ» в интересах ООО «РН-Юганскнефтегаз». Были проанализированы и сопоставлены материалы сплошной съемки ЦАФС и ВЛС, полученные с пилотируемой авиации с высот от 1500 до 3000 м и крупномасштабной съемки с гексакоптера с высоты 60 м, в пределах одной и той же территории интереса.

Основными выводами, исходя из точности и детализации двух наборов данных, стали: материалы ЦАФС и ВЛС с ПВС могут быть использованы для создания инженерно-топографических планов

масштабов 1:5000 и мельче, а материалы ЦАФС и ВЛС с ПВС пригодны для создания инженерно-топографических планов масштабов 1:500 и мельче. При этом, производительность коптера уступает пилотируемой авиации, по меньшей мере, на два порядка. Но превосходит в плотности получаемых данных. Вместе с тем, отмечено, что при организации аэросъемочных работ под масштабы М1:2000 и М1:5000 имеет смысл рассматривать возможность выполнения сплошной аэросъемки с точностью и детализацией, удовлетворяющей требованиям к более крупным масштабам (соответственно 1:1000 и 1:2000), но, следует принимать во внимание, что повышение требований к итоговым материалам может повлечь за собой снижение производительности пилотируемой авиации.

Таким образом, можно заключить, что сочетание сплошной съемки (ПВС) с детальной локальной (БВС) гармонично соответствуют принципам и подходам к реализации работ, изложенным в матрице эффективной применимости и «Концепции 4-х этапов».

Перспективы использования данных воздушного лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки с БВС при таксации лесосек

А.Н. Погородний

«НК «Роснефть-НТЦ», Краснодар

Одной из самых значимых проблем, возникающих в процессе подготовки лесосечных работ, является несоответствие информации о состоянии того или иного участка леса их фактическому состоянию. Такое несоответствие вызывает множество других проблем на всех этапах: от подготовки проекта освоения лесов до непосредственно процесса рубки леса.

Стремительное развитие инструментов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), наряду с беспилотными платформами для их размещения, обуславливает возможность решения широкого спектра задач, стоящих перед компаниями нефтегазового сектора. Эффект от их применения повышается с увеличением вариативности алгоритмов для анализа, обработки и интерпретации материалов аэросъемки. Так, одной из актуальных задач для Обществ Группы ПАО «НК «Роснефть» является своевременное проведение лесосечных работ в пределах площадей, запланированных под размещение и обустройство новых производственных мощностей. Одной из самых значимых проблем, возникающих в процессе подготовки лесосечных работ, является то, что при использовании классического подхода точность описания пробных площадок весьма высока, но она снижается при экстраполяции результатов обследования на весь массив. В результате снижается точность данных о ключевых характеристиках лесных насаждений, определяемых классическими методами, в локальных участках проектируемой лесосеки. Недостоверность информации о состоянии того или иного участка леса может вызывать проблемы на различных этапах, связанных как с проектными работами, так и определению стоимости конечной рубки.

Существующие дистанционные методы таксации леса (аэрофотосъемка), призванные сократить объём проводимых работ и удешевить процесс таксации, не позволяют получать все количественные и качественные характеристики, необходимые для таксации лесов и лесосек согласно требований Лесоустроительной инструкции. Поэтому в настоящее время предпочтение отдается наземным методикам таксации.

Одним из решений указанных проблем может стать использование данных воздушного лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки, полученных с применением беспилотными воздушных

судов в качестве платформы для полезной нагрузки.

В целях изучения возможностей такого решения специалистами ООО «НК «Роснефть-НТЦ» и ЦСБС СО РАН в интересах ООО «РН-Юганскнефтегаз» с 2019 года выполняются исследования по изучению существующих доступных технических решений по сбору данных, разработке эффективной методики обработки полученного материала, а также комплексной технологии автоматизации процессов при таксации лесосек.

Одним из результатов исследований стала методика таксации лесосек по данным воздушного лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки, описывающая порядок определения количества, высоты и диаметра стволов деревьев, классификации породного состава, построения таксационных выделов. Данная методика апробирована и доработана на тестовых участках ООО «РН-Юганскнефтегаз» в 2021 году.

Результаты апробации указывают, что показатели численности и средней высоты деревьев первого яруса не превышают погрешности более 10% в сравнении данных сплошного перечёта и данных, полученных автоматизированными методами по материалам воздушного лазерного сканирования. Следует отметить, что средняя высота, определённая по данным дистанционного зондирования практически всегда выше данных, полученных при полевых исследованиях. Показатели среднего диаметра, рассчитанные по данным дистанционного зондирования практически всегда меньше диаметра, определённого по результатам полевых исследований. Ошибка измерений может содержаться при определении высоты древостоя в полевых исследованиях, а при определении диаметра – в расчётах, полученных по данным ДЗЗ. Автоматические методы поиска вершин второго яруса при сомкнутости древостоя выше 0,6 не в полной мере выявляют численность деревьев под пологом первого яруса.

В части классификации породного состава хорошие показатели получены с использованием мультиспектральной камеры, что позволило выполнить достаточно надежное распознавание породного состава лесных массивов с использованием объектно-ориентированной (OBIA) классификации. Вместе с этим, как показало исследование, на качество мультиспектральных данных может оказывать существенное влияние условия съемки. В первую

очередь – это изменение освещенности во время проведения аэросъемочных работ, что требует дополнительных контрольных процедур по соблюдению технологии при их выполнении. Выявленные особенности позволяют говорить о необходимости проработки вопросов получения и обработки мультиспектральных данных, а также о целесообразности проведения исследований по тематике использования мультиспектральных изображений, полученных в результате спутниковой съемки для больших территорий, сопоставимых с лицензионными участками. При этом предлагается рассматривать возможность использования космоснимков с определенной периодичностью на заданную площадь.

Координаты отдельных деревьев совместно с результатом автоматизированного дешифрирования позволяют с высокой точностью описывать характеристики древостоя. Ошибки методики будут связаны с качеством мультиспектрального ортофотоплана, качеством формирования обучающей выборки, что влияет на достоверность классификации и с тем, что при распознавании деревьев по ВЛС учитываются только деревья, которые видны сверху, при этом деревья, которые скрыты под кронами первого яруса не распознаются (как и при камеральном дешифрировании материалов аэрофото-съемки).

Основой для расчёта диаметра деревьев послужило представление о закономерностях взаимосвя-

зи между таксационными признаками древостоев (высота/диаметр) для различных пород. Для расчёта диаметра деревьев строится регрессионная модель зависимостей расчётных таксационных показателей и показателей, полученных при полевых исследованиях.

Также, при выполнении апробации была выявлена проблема, связанная с невозможностью извлечения таксационных параметров деревьев второго яруса с помощью данных дистанционного зондирования. В качестве решения было предложено использовать комплексный подход с применением данных ВЛС и ЦАФС для первого яруса и применения «классического» метода с закладкой КППР для второго яруса. Причем, данный подход вариативен и его применение зависит от сомкнутости леса.

Таким образом, преимуществом разрабатываемой методики является снижение человеческого фактора и повышение точности при распознавании деревьев, определении их высот. Применение описанной методики позволяет с достаточной степенью точности проводить дистанционную таксацию лесов при минимизации полевых работ, значительной экономии времени и материальных средств. Экономическая эффективность предлагаемого метода обеспечивается достаточной точностью измерений и возможностью их проверки. Объем полевых работ при этом значительно сокращается и необходим лишь для калибровки результатов полученных данных с беспилотного летательного аппарата.

Технологии ГИС и ДЗЗ в системе эпидемиологического надзора

Г. Г. Побединский^{2,1}, С.А. Сарсков¹, М.В. Вьюшков¹

¹Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. академика И. Н. Блохиной» Роспотребнадзора, Нижний Новгород

²Российское общество геодезии, картографии и землеустройства, Москва

Введение

Геоинформационное обеспечение мониторинга за инфекционными болезнями является одним из приоритетных научных направлений Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор), о чем свидетельствует включение этой тематики в Отраслевые научно-исследовательские программы Роспотребнадзора на 2011-2015 гг., на 2016–2020 гг., на 2021-2025 гг. Опыт создания и эксплуатации электронного эпидемиологического атласа Приволжского федерального округа (ПФО) подтвердил актуальность этого направления для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и востребованность результатов практическим звеном санэпидслужбы. В целях эффективного использования имеющегося опыта разработки и применения ГИС «Эпидемиологический атлас ПФО», дальнейшего ее совершенствования, расширения функций для применения в других федеральных округах в настоящее время ведется разработка территориально распределённого геоинформационного программного комплекса «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации».

В настоящем докладе кратко рассмотрены работы лаборатории ГИС-технологий и биоинформатики ФБУН ННИИЭМ им. академика И. Н. Блохиной Роспотребнадзора [1] и более подробно рассмотрено перспективное направление использования технологий ДЗЗ в системе эпидемиологического надзора.

ГИС-технологии в системе эпидемиологического надзора

По территориальному охвату медико-географические атласы, ГИС и геопорталы принято разделять на атласы мира, материков и отдельных крупных географических районов, отдельных государств, региональные [18].

Классическим примером медико-географического атласа мира является World Atlas of Epidemic Diseases (Всемирный атлас эпидемических заболеваний) [25], представляющий собой своевременный научный обзор более пятидесяти наиболее важных эпидемических заболеваний в начале XXI века. Примером аналогичного геопортала является сайт Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) - World Health Organization (WHO), на котором реализована страница «WHO Coronavirus (COVID-19)

Dashboard (Панель мониторинга коронавируса ВОЗ (COVID-19))» [24] и представлена обзорная тематическая карта мира отображения заболеваемости COVID-19, а также эпидемические кривые по регионам мира.

Примером геопорталов крупных географических районов могут служить страница сайта ВОЗ «COVID-19 situation in the WHO European Region (Ситуация с COVID-19 в Европейском регионе ВОЗ), которая позволяет представить в табличном и картографическом виде ситуацию по заболеваемости по всему Европейскому региону ВОЗ или по отдельным странам [21].

Примером медико-географических атласов, охватывающих всю территорию Российской Федерации, является Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни» [6]. Одной из первых карт атласа является «Картографическая изученность природноочаговых болезней», где показаны территории охвата региональных атласов, таких как, «Медико-географический атлас Красноярского края», «Ландшафтно-эпидемиологический атлас Европейской части РСФСР, Урала и Крымской области УССР» и другие, а также перечислены атласы, охватывающие всю территорию Российской Федерации: Атлас «Окружающая среда и здоровье населения России», Атлас распространения возбудителей природно-очаговых вирусных инфекций на территории Российской Федерации, Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации, Национальный атлас России.

Примером аналогичного геопортала является сайт Научно-исследовательского института гриппа имени А. А. Смородинцева Минздрава России. На странице сайта «Ситуация по гриппу в России и мире» еженедельно обновляемая эпидемиологическая ситуация по гриппу представлена на тематической карте и дополнена аналитической справкой. Ситуация в мире представлена только аналитическими справками по укрупненным регионам [16].

В последнее время наметилась явная тенденция пространственной и тематической детализации медико-географических исследований. Это подтверждается значительным количеством работ, посвященных результатам медико-географических исследований отдельных нозологий в конкретных регионах [18].

ПРОФЕССИОНАЛЬНО ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ!


НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ


ГЕОПРОФИ



Новости и статьи на

 www.GEOPROFI.RU

 [geoprofi_2020](https://www.instagram.com/geoprofi_2020)

 [geoprofi2020](https://www.facebook.com/geoprofi2020)

- геодезическое оборудование: ГНСС, электронные тахеометры, цифровые нивелиры, лазерные нивелиры и построители плоскостей

- спутниковые технологии геопозиционирования

- наземное лазерное сканирование – оборудование и методы

- беспилотные и пилотируемые воздушные системы для топографической съемки

- геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации зданий и сооружений

- топографо-геодезические работы при инженерных изысканиях

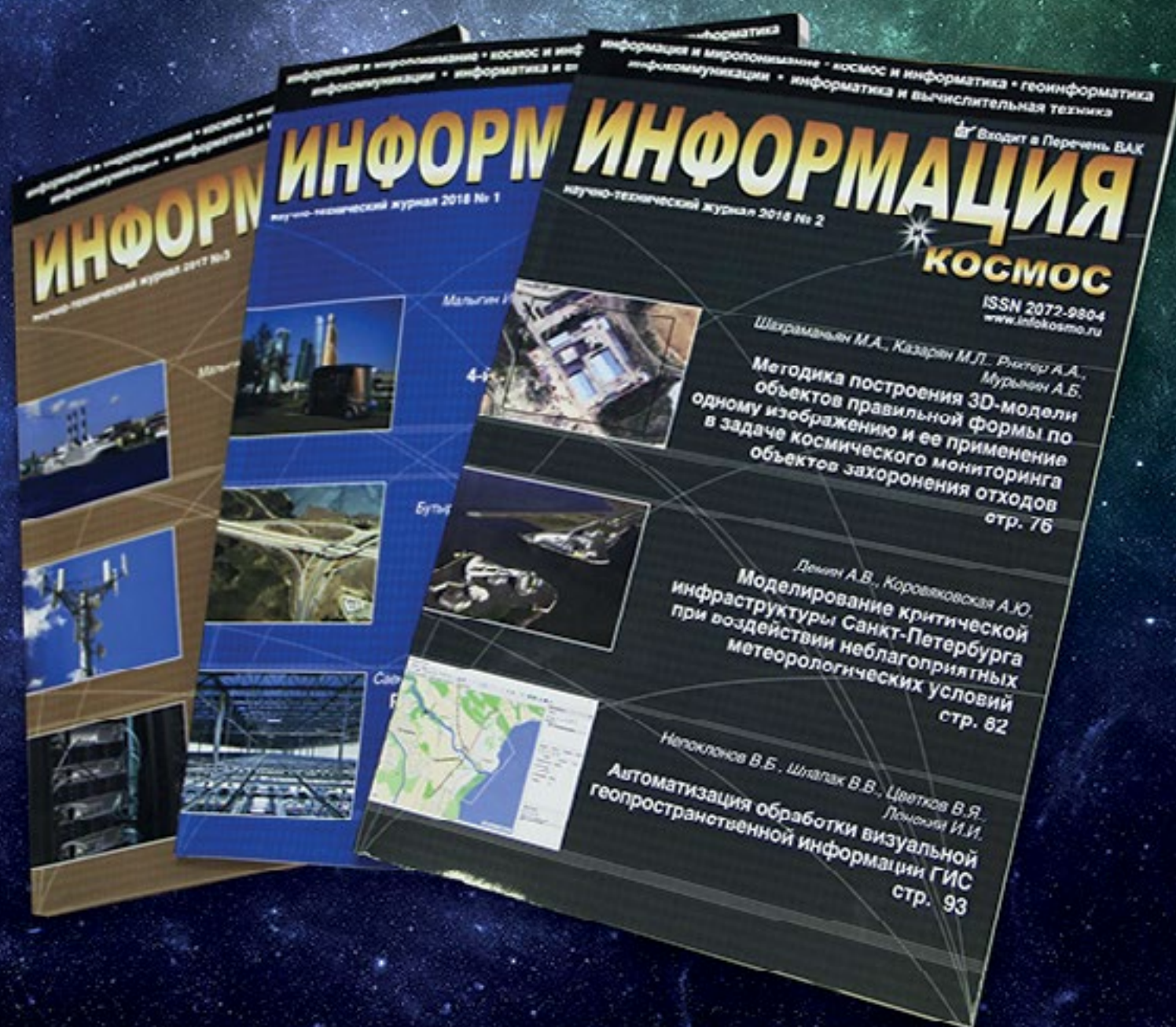
- пространственные данные с космических аппаратов ДЗЗ



Почтовый адрес редакции: 117513, Москва, Ленинский пр-т, 135, корп. 2
E-mail: info@geoprofi.ru



Журнал «Информация и Космос» входит в перечень
Высшей аттестационной комиссии (ВАК)



Оформи подписку на журнал «Информация и Космос»
Для связи с редакцией: marketing@itain.ru, тел. (812) 740-77-07, infokosmo.ru

Исследование возможностей применения геоинформационных технологий для анализа эпидемиологической ситуации в Приволжском федеральном округе (ПФО) было выполнено совместно ФБУН ННИИЭМ им. академика И. Н. Блохиной Роспотребнадзора (ННИИЭМ) и АО «Верхневолжское аэрогеодезическое предприятие» (ВАГП) в начале 2000-х гг. [1, 15] Основой для такого исследования были работы ВАГП по созданию атласа «Российская Федерация. Приволжский федеральный округ» в полиграфическом [11] и электронном виде [10], а затем и геоинформационной системы органов государственной власти ПФО [12] с одной стороны, а также эпидемиологический мониторинг инфекционной заболеваемости населения 14 субъектов ПФО, традиционно проводимый в ННИИЭМ, с другой [20].

Опыт создания и эксплуатации электронного эпидемиологического атласа ПФО не только подтвердил актуальность данного направления для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, но и показал востребованность полученных результатов практическим звеном организаций здравоохранения и Роспотребнадзора. Основные результаты были доложены на II-й Всероссийской конференции «Геоинформационные системы в здравоохранении РФ: данные, аналитика, решения» 24 – 25 мая 2012 г. [4], других научных конференциях и подробно рассмотрен в публикациях, раскрывающих опыт разработки и ведения ГИС «Электронный эпидемиологический атлас ПФО» [1]. Можно выделить следующие этапы развития в ННИИЭМ научного направления геоинформационные технологии в эпидемиологии:

I Начальный этап 2000-2005 гг. Экспериментальные работы.

II Создание методологических основ 2006-2010 гг.

III Электронный эпидемиологический атлас ПФО 2011-2015 гг.

IV Развитие проекта 2016-2018 гг.

V Электронный эпидемиологический атлас России 2019-2025 гг.

Исследование лучших отечественных практик применения пространственных данных, данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий, выполненное Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) по заказу Росреестра в 2018-2019 гг. позволило выделить 15 лучших отечественных практик. Эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа вошёл в их число [13].

Технологии ДЗЗ в системе эпидемиологического

надзора

Одним из первых упоминаний использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для целей эпидемиологического надзора приведено в работе «Опыт составления крупномасштабных карт поселений больших песчанок (*Rhombomys opimus*) на основе фотопланов в очагах кожного лейшманиоза в Каршинской степи» [8].

Опыт использования данных ДЗЗ для мониторинга эпидемической обстановки отмечен в *World Atlas of Epidemic Diseases* (Всемирный атлас эпидемических заболеваний) [25]. В атласе приведены примеры использования данных ДЗЗ для прогнозирования среды обитания мухи цеце [23, 25] и прогноза заболеваемости малярией [22, 25].

В ряде исследований, осуществленных в рамках нескольких научно-исследовательских проектов с участием известного специалиста в области обработки биологической информации, статистического моделирования, эпизоотологии, экологии Дубянского Владимира Марковича [2, 3, 5, 7, 9], показано, что с помощью дистанционного зондирования Земли возможно прямое и косвенное наблюдение за жизнедеятельностью нескольких видов животных — носителей особо опасных инфекций.

В работе «Перспективы использования дистанционного зондирования в эпиднадзоре за чумой» [9] представлены первые результаты работ по использованию данных ДЗЗ для определения поселений теплокровных носителей чумы - больших песчанок (*Rhombomys opimus*). На заказанных космических снимках DigitalGlobe и космических снимках с бесплатного сервиса Google Earth были опознаны колонии большой песчанки, кормовые тропы и даже отдельные выходы нор. Оказалось, что даже при небольшом разрешении колонии большой песчанки вполне отчетливо видны на глинистых, суглинистых и лессовых равнинах с невысоким или разреженным растительным покровом. Типичным примером такого типа биотопов является Центральный Устюрт. Хуже норы видны в сыпучих песчаных массивах. Здесь их выходы часто удалены друг от друга, дислоцируются на склонах гряд и барханов, что приводит к искажению проекции изображения, а вершины самих барханов, как правило, тоже лишены растительности. Тем не менее, в закрепленных песках норы песчанок видны хорошо [9].

В работе «Наблюдение из космоса за колониями большой песчанки позволяет предотвратить распространение чумы» [7] приведены краткие сведения о проекте международной группы исследователей по применению методов дистанционного зондирования Земли для мониторинга очагов чумы и прогнозирования эпизоотий этой инфекции.

В работе «Концепция использования ГИС-технологий и дистанционного зондирования в эпиднадзоре за чумой» [2] рассмотрено применение данных ДЗЗ при наблюдении за важнейшим носителем чумы, которым является большая песчанка в 2007–2011 годах. Космические снимки территории очага использовались с бесплатного сервиса Google Earth и специально заказанные снимки QuickBird (разрешение 0,6 м) для ключевых участков обследования. Для проведения геостатистических расчетов использовалась ГИС ArcView 9–10 версий. В расчетах использовалась модель чумного эпизоотического процесса [3]. Координаты исследуемых объектов получены с помощью GPS-навигаторов «Garmin». Цель моделирования — направленный поиск колоний большой песчанки, вовлеченных в эпизоотический процесс, для наиболее полного выявления структуры, границ эпизоотии и оперативного прогнозирования пространственного направления ее развития.

В работе «Использование беспилотного летательного аппарата для повышения эффективности мониторинга природного очага чумы» [5] представлены результаты по использованию данных ДЗЗ, полученных с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) «ГеоСкан–101». Высота аэросъемки 116 м, разрешение снимков 2,5 см на пиксель. Площадь фотоплана 0,85 км². Длина маршрута полета 20,2 км. Дата съемки 24.11.2017. Съемка проводилась при сплошной низкой облачности. Работа проводилась в 2015 г. на долговременной стационарной площадке в Курском районе Ставропольского края (Прикаспийский песчаный природный очаг чумы), площадью 4 га (200 × 200 м). Место расположения площадки подобрано на стыке ландшафтов и захватывает места обитания малого суслика (*Spermophilus pygmaeus* Pallas 1779, Rodentia, Sciuridae), гребенщиковой песчанки (*Meriones tamariscinus* Pallas, 1773, Rodentia, Cricetidae), полуденной песчанки (*Meriones meridianus* Pallas, 1773, Rodentia, Cricetidae), общественной полевки (*Microtus socialis* Pallas, 1773, Rodentia, Cricetidae), обыкновенной слепушонки (*Ellobius talpinus* Pallas, 1770, Rodentia, Cricetidae).

В работе «ГИС технологии в эпидемиологическом надзоре за инфекционными болезнями на примере чумы в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге» [14] приведены примеры применения БПЛА как средства рекогносцировки поселения серого сурка в долине р. Елангаши и в восточной части Курайского хребта на местности со сложным рельефом.

Актуальность применения данных ДЗЗ для целей эпиднадзора в последнее время повысилась. В

Методические рекомендации МР 3.1. 0211-20, утвержденные в 2020 г., включен раздел «Применение дистанционного зондирования Земли для мониторинга территорий природных очагов инфекционных болезней», регламентирующий использование данных ДЗЗ, получаемые при помощи искусственных спутников Земли, пилотируемых и беспилотных воздушных судов.

Лабораторией ГИС-технологий и биоинформатики ФБУН ННИИЭМ им. академика И. Н. Блохиной Роспотребнадзора в 2016-2018 гг. были проведены экспериментальные работы по выявлению с помощью данных ДЗЗ и параметров внешней среды зон возможного заражения геморрагической лихорадкой с почечным синдромом (ГЛПС), клещевым энцефалитом и боррелиозом на территории Нижегородской области [17, 19].

ГЛПС является одной из актуальных природно-очаговых инфекций для территории Нижегородской области. Санитарно-эпидемиологические правила СП 3.1.7.2614-10] определяют мышевидных грызунов как единственный источник заражения ГЛПС и указывают связь между локализацией случаев заражения и ареалом переносчика. Используя данные по факторам окружающей среды и ретроспективные данные локализации случаев заражения человека, был проведен эксперимент по выделению участков, наиболее благоприятных по сочетанию внешних условий для заражения ГЛПС, а по сути, наиболее благоприятных для обитания грызунов-носителей. Целью исследования являлось зонирование территории Нижегородской области по потенциальному риску заражения человека ГЛПС. Основной задачей – создание вероятностной модели пространственного распределения риска заражения в зависимости от сочетания условий среды.

В эксперименте были использованы данные Центра гигиены и эпидемиологии по Нижегородской области по каждому случаю заражения ГЛПС, указанному с точностью до населенного пункта на территории области, за 2010 – 2016 гг. Данные по условиям окружающей среды были получены из банка данных BioClim. Для учета состояния растительности были использованы спутниковые данные MODIS, представляющие собой многолетние ежемесячно усредненные данные по значению вегетационного индекса NDVI.

Проведенные с использованием модели Maxent расчеты показали, что территория Нижегородской области не однородна по риску заражения ГЛПС. Были выделены участки очень высокого риска. Территория Нижнего Новгорода была исключена из анализа по причине того, что она обладает резко отличающимися от остальной области условиями

среды.

Полученная в результате моделирования карта зон риска заражения ГЛПС на территории Нижегородской области не противоречит данным, получаемым при районировании территории Нижегородской области по числу случаев ГЛПС (суммарно по районам). Выделенные в результате моделирования участки высокого и очень высокого риска располагаются в районах, где зафиксировано самое большое число случаев заражения. Наиболее важными факторами, значения которых определяют итоговую вероятность, являются вегетационная активность в апреле, июле—августе и сентябре—октябре, размах среднесуточной температуры, средняя температура самого засушливого квартала. Таким образом, определяющими являются факторы, которые непосредственно влияют на процесс формирования кормовой базы мышевидных грызунов - переносчиков возбудителя ГЛПС [19].

Для создания тематического раздела «Клещевые инфекции в Нижегородской области» были использованы данные, полученные от Управления Роспотребнадзора по Нижегородской области. Для раздела Эпидемиологического атласа «Клещевые инфекции в Нижегородской области» была разработана тематическая база данных. Данное технологическое решение позволило получить в основной части атласа информацию об инфекциях, передающихся клещами: Крымская геморрагическая лихорадка, клещевой вирусный энцефалит, клещевой боррелиоз (болезнь Лайма), Сибирский клещевой тиф, гранулоцитарный анаплазмоз человека, моноцитарный эрлихиоз человека, а также данные об укусах клещами, а в тематическом разделе эпидемиологического атласа дополнительные данные: характеристика мест укусов клещами и заболеваний, результаты мониторинга объектов внешней среды на предмет обнаружения возбудителей клещевых инфекций; данные по видам биотопов и типов землепользования, данные объемов акарицидных обработок (дезинсекция территорий инсектоакарицидными препаратами - комплекс истребительных мероприятий по уничтожению иксодовых клещей на природных ландшафтах) эпидемиологически значимых объектов [17].

Заключение

В настоящее время при использовании геоинформационных технологий в эпидемиологии характерна разработка комплексных оценок факторов риска совместно с ретроспективным анализом. Использование технологий дистанционного зондирования Земли с искусственных спутников Земли, пилотируемых и беспилотных воздушных судов недостаточны для прямого наблюдения за жизнедеятельностью носителей особо опасных инфекций, но позволяют сфор-

мировать косвенные признаки территорий, наиболее благоприятных для обитания носителей особо опасных инфекций, а следовательно, и наиболее вероятных для заражения этими инфекциями.

Литература

1. Геоинформационные технологии в эпидемиологии – актуальное научное направление деятельности ННИИЭМ им. академика И. Н. Блохиной / М. В. Вьюшков, Н. Н. Зайцева, Е. И. Ефимов, Л. С. Китаева, Г. Г. Побединский, С. А. Сарсков // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 4 (337). - с. 31 – 42. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-337-4-31-42. EDN: SIDDJZ
2. Дубянский В. М. Концепция использования ГИС-технологий и дистанционного зондирования в эпиднадзоре за чумой // Врач и информационные технологии. – 2012. - № 2. – с. 42-46. <https://elibrary.ru/item.asp?id=17833429>
3. Дубянский В. М., Бурделов Л. А. Компьютерная модель чумного эпизоотического процесса в поселениях большой песчанки *Rhombomys opimus*: описание и проверка адекватности // Зоологический журнал. - 2010. - Т. 89. - № 1. - с. 79–87. <https://elibrary.ru/item.asp?id=13044734>
4. Ефимов Е. И., Никитин П. Н., Ершов В. И. Электронный эпидемиологический атлас ПФО. Опыт создания. перспективы использования в противоэпидемической практике // Геоинформационные системы в здравоохранении РФ: данные, аналитика, решения: труды 1-й и 2-й Всероссийских конференций с международным участием, Санкт-Петербург, 24 мая – 25 2012 г. / Под редакцией: И. А. Красильникова. М. - Береста. - 2013. - с. 120-122. EDN: VYKNDN
5. Использование беспилотного летательного аппарата для повышения эффективности мониторинга природного очага чумы / В. М. Дубянский, Н. В. Цапко, Л. И. Шапошникова, Д. Ю. Дегтярев, Н. А. Давыдова, В. В. Остапович, М. П. Григорьев, А. Н. Куличенко // Здоровье населения и среда обитания. - 2018. - № 2 (299). - с. 52 – 56. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32698666>
6. Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни». 2-е издание, исправленное и дополненное / Т. В. Ватлина, Т. В. Котова, С. М. Малхазова, и др. Под ред. С. М. Малхазовой. - М.: Географический факультет МГУ. - 2017. - 216 с. ISBN: 978-5-89575-240-1. <https://search.rsl.ru/ru/record/01008886198>
7. Наблюдение из космоса за колониями большой песчанки позволяет предотвратить распространение чумы / В. Дубянский, Л. Бурделов, М. Бегон, Л. Вилхут // Коммерсантъ Наука. – 2011. - № 6. – с. 50-51, 54-59. <https://www.kommersant.ru/nauka/66984?page=2>
8. Опыт составления крупномасштабных карт поселений больших песчанок (*Rhombomys opimus*) на основе фотопланов в очагах кожного лейшманиоза в Каршинской степи / И. В. Кузиков, В. В. Кузикова, В.

П. Попов, и др. // Зоологический журнал. - 1975. - Т. LIV. Вып. 10. - с. 1551-1555.

9. Перспективы использования дистанционного зондирования в эпиднадзоре за чумой / Л. А. Бурделов, В. М. Дубянский, S. Davis, E. A. Addink, S. M. De Jong, B. C. Ageev, H. Leirs, N. C. Stenseth, M. Begon, L. Heier, B. Г. Мека-Меченко, Д. С. Поле, В. И. Сапожников, А. К. Алипбаев // Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане. - Алматы. - 2007. - № 1-2 (15-16). - с. 11-17. <https://nncsoi.kz/vypusk-2007-god/>

10. Побединский Г. Г. Электронный атлас «Российская Федерация. Приволжский федеральный округ» // Электронная Земля, Электронная Россия, Электронная Москва: методология и технология. Материалы Первого Общероссийского научно-практического семинара. Москва, 21-22 мая 2002 г. научный редактор А. И. Мартыненко. - М. - ИПИ РАН. - 2002. - с. 67-71. ISBN: 5-902030-05-6. EDN: UVGLFQ. <https://search.rsl.ru/ru/search#q=5902030056>

11. Побединский Г. Г., Базина М. А. Атлас «Российская Федерация. Приволжский федеральный округ» // Великие реки - 2002: Генеральные доклады, тезисы докладов международного конгресса, Нижний Новгород, 14-17 мая 2002 г. - Нижний Новгород: ННГАСУ, 2003, с. 394-395. ISBN: 5-87941-249-0. EDN: URMPC1

12. Побединский Г. Г., Мартынов Н. А., Корнилова Л. В. Работы по созданию геоинформационной системы органов государственной власти Приволжского федерального округа «ГИС ПФО» // Великие реки - 2006: Генеральные доклады. Тезисы докладов, Нижний Новгород, 25-29 мая 2006 г. - Нижний Новгород, ННГАСУ, 2006, с. 334 - 335. ISBN: 5-85941-359-4. EDN: URNEQS

13. Пространственные данные: потребности экономики в условиях цифровизации / Е. Б. Белогурова, В. Е. Воробьев, О. Г. Гвоздев и др.; Росреестр; НИУ ВШЭ; НИИ «Аэрокосмос». - М.: НИУ ВШЭ, 2020. - 128 с. ISBN 978-5-7598-2152-6 <https://www.hse.ru/data/2020/02/13/1573567778/doklad1.pdf> EDN: FUWWUJ

14. Раздорский А. С. ГИС технологии в эпидемиологическом надзоре за инфекционными болезнями на примере чумы в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге. 2017. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://docplayer.com/62408047-Gis-tehnologii-v-epidemiologicheskom-nadzore-za-infekcionnymi-boleznyami-na-primere-chumy-v-gorno-altayskom-vysokogornom-prirodnom-ochage.html> (дата обращения: 03.08.2022)

15. Разработка геоинформационного проекта «Эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа» / Е. И. Ефимов, Л. В. Корнилова, Т. Ф. Рябикова, П. Н. Никитин // Великие реки 2004: Материалы Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 18-21 мая 2004 г. - Нижний Новго-

род, ННГАСУ, 2004, с. 512-514. EDN: WAVOLV

16. Ситуация по гриппу в России и мире. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://influenza.spb.ru/system/epidemic_situation/situation_on_a_flu/ (дата обращения: 03.08.2022).

17. Совершенствование эпидемиологического надзора за природно-очаговыми инфекциями в ПФО с использованием ГИС-технологий [Текст]: отчет о НИР (заключ.) / ФБУН ННИИЭМ им. академика И. Н. Блохиной; рук. Е. И. Ефимов. - Нижний Новгород, 2018. - 42 с. - исполн. Г. Г. Побединский, Л. А. Солнцев, В. И. Ершов. - Библиогр.: с.35 - 40. - № ГР АААА-Б18-218122090154-9. - EDN: TJODDO.

18. Современное состояние и направления развития ГИС эпидемиологического направления. Аналитический обзор / Г. Г. Побединский, Е. И. Ефимов, С. А. Сарсков, М. В. Вьюшков, Л. С. Китаева, А. Ю. Носова. - Нижний Новгород. - ННИИЭМ. - 2021. - 171 с. // [Электронный ресурс]. - Доступ: <https://www.nniem.ru/file/publicat/2021/analiticheskii-obzor-gis-2021-v2.pdf>. (дата обращения: 03.08.2022). EDN: RIMYWU

19. Солнцев Л. А., Дубянский В. М. Опыт использования метода максимальной энтропии (Maxent) для зонирования территорий по риску заражения ГЛПС на примере Нижегородской области // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2017. - № 5. - С.39-45. EDN: EMXJNT

20. Эпидемиологическая ситуация и состояние инфекционной заболеваемости в Приволжском федеральном округе / Е. Ю. Петров, Е. И. Ефимов, Г. М. Казанская, и др. // Нижегородский медицинский журнал. 2002. № 2. с. 126-129. EDN: VYOLAJ

21. COVID-19 situation in the WHO European Region [Electronic resource]. URL: <https://who.maps.arcgis.com/apps/dashboards/ead3c6475654481ca51c248d52ab9c61> (accessed: 03.08.2022)

22. S.I Hay, R. W Snow, D.J Rogers, From Predicting Mosquito Habitat to Malaria Seasons Using Remotely Sensed Data: Practice, Problems and Perspectives, Parasitology Today, Volume 14, Issue 8, 1998, Pages 306-313, ISSN 0169-4758, [https://doi.org/10.1016/S0169-4758\(98\)01285-X](https://doi.org/10.1016/S0169-4758(98)01285-X).

23. T.P Robinson, Geographic Information Systems and the Selection of Priority Areas for Control of Tsetse-transmitted Trypanosomiasis in Africa, Parasitology Today, Volume 14, Issue 11, 1998, Pages 457-461, ISSN 0169-4758, [https://doi.org/10.1016/S0169-4758\(98\)01336-2](https://doi.org/10.1016/S0169-4758(98)01336-2).

24. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard [Electronic resource]. URL: <https://covid19.who.int/> (accessed: 03.08.2022).

25. World Atlas of Epidemic Diseases. By Andrew Cliff, Peter Hagggett, and Matthew Smallman-Raynor. New York: Arnold, London, and distributed by Oxford University Press, Inc. 2004. ISBN 0-34076-171-7.



Роскартография

Соединяем пространство и решения



ГЕОДЕЗИЯ



КАРТОГРАФИЯ



СПУТНИКОВАЯ
СЪЕМКА



АЭРОФОТОСЪЕМКА



БЕСПИЛОТНЫЕ
ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ
АППАРАТЫ



ПРОИЗВОДСТВО
ОБОРУДОВАНИЯ




СОЗДАНИЕ
ЦИФРОВОЙ
МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ

Информация о сотрудничестве: +7 (499) 177 50 00 | info@roscartography.ru

 www.roscartography.ru

«Ресурс-П»

Оптико-электронная аппаратура высокого разрешения

Панхроматический / Мультиспектральный режим (1 / 3,4 м)

Широкозахватная мультиспектральная аппаратура высокого разрешения (ШМСА-ВР)

Панхроматический / Мультиспектральный режим (12 / 23,8 м)

Широкозахватная мультиспектральная аппаратура среднего разрешения (ШМСА-СР)

Панхроматический / Мультиспектральный режим (60 / 120 м)

Гиперспектральная аппаратура (ГСА)

96 спектральных каналов (30 м)



РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ



Аэропорт, г. Брюссель, Бельгия, съемка КА «Ресурс-П»

© Все права защищены. РОСКОСМОС, 2016

Обзор отечественных и зарубежных требований к выполнению ВЛС для решения геопространственных задач. Предложения для разработки проекта национального стандарта, устанавливающего требования к ВЛС

Ю.С. Ядрихинская, АО «Аэрогеодезия», Санкт-Петербург

АО «Аэрогеодезия» принимает участие в научно-исследовательской работе (далее – НИР) по теме: «Проведение экспериментальных и теоретических исследований для разработки предложений по совершенствованию технологий выполнения геодезических и картографических работ». В рамках этой работы ведется подготовка материалов для разработки проектов нормативно-технических документов по применению данных лазерного сканирования (далее – ЛС) в целях крупномасштабного картографирования, кадастровых работ и получения пространственных данных при решении инженерных задач. Необходимость проведения НИР обусловлена активным развитием технологий проведения геодезических и картографических работ с использованием ЛС. Эти работы требуют актуальных отраслевых документов. На данный момент существующие в России руководящие документы по аэросъемочным работам не в полной мере от-

ражают современные технологии выполнения воздушного ЛС с пилотируемых и беспилотных судов.

В докладе рассматриваются общемировые и внутригосударственные зарубежные стандарты, определяющие требования к ЛС для картографирования. Анализируются существующие российские нормативно-технические документы, связанные с ЛС: ГОСТы и отраслевые стандарты. Рассмотрены требования, предъявляемые к ЛС при выполнении государственных контрактов и фактические параметры сканирования, с применением которых АО «Аэрогеодезия» выполнялись работы в 2020-2022 годах. На основе практического опыта и результатов выполнения исследовательских работ сформулированы предложения для разработки проекта национального стандарта, устанавливающего требования к воздушному ЛС при проведении картографических работ.

Применение методов InSAR при определении параметров источников деформаций

Р.С. Османов

ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», Москва

Воздействие геологических и связанных с ними геофизических опасностей на общество огромно. Каждый год извержения вулканов, землетрясения и оползни уносят тысячи жизней, разрушаются дома и уничтожается инфраструктура. Это подтверждается печальным событием 1995 года на острове Сахалин, где в рабочем поселке Нефтегорск (Нефтегорское землетрясение), погибло порядка 2000 человек.

Считается, что возникновение очагов землетрясений, как и вся региональная сейсмичность и сейсмический режим в целом, обусловлены медленными деформационными процессами, способствующими накоплению и локализации упругих напряжений в том или ином объеме земной коры и всей литосферы. В последнее десятилетие появились новые сейсмологические приемы и методы выявления местоположения потенциальных очагов и долгосрочного прогнозирования крупных землетрясений. Однако точность такой идентификации и прогноза очень невелика. Например, ошибка в определении местоположения потенциального очага сильного землетрясения может достигать десятков и сотен километров, а интервал времени «ожидания» определяться годами и десятилетиями. Этого совершенно недостаточно для принятия конкретных мер по снижению ущерба от предстоящего землетрясения, а также для оценки сейсмической опасности районов предполагаемого размещения особо ответственных объектов.

Для решения обозначенной проблемы необходимо создавать новые подходы к оценке сейсмической опасности, основанных на комплексном использовании современных сейсмологических, геофизических, геодезических и космических методов. В перечень важнейших составляющих частей оценки сейсмической опасности входит определение физических и геометрических параметров активной структуры литосферы, а именно разломов, в частности вулканов. К геометрическим параметрам относят чаще всего пространственное положение границ разломов, его наклон относительно горизонта или в случае вулканов – плановое положение центра источника деформаций (выводного отверстия или трещины), глубину пролегания источника и его размеры. К физическим параметрам чаще всего относят величины, характеризующие упругие свойства изотропного упругого полупространства,

например коэффициенты Пуассона, Ламе (модуль сдвига и т.п.).

На сегодняшний момент существует развивающийся и перспективный метод, позволяющий с высокой плотностью определить смещения (и скорость смещения) точек земной поверхности – метод радиоинтерферометрии с синтезированной апертурой (InSAR). InSAR — это метод спутникового радиолокационного зондирования, который позволяет определять деформации земной поверхности с использованием информации о фазе отраженного радиосигнала.

В общем случае, для обнаружения изменений положения земной поверхности требуется два радиолокационных снимка определенной области, полученных в два разных момента времени. Такая пара образует интерферограмму, которая характеризует фазовый сдвиг во временном промежутке. Движения земной поверхности фиксируются между первым и вторым проходом спутника благодаря тому, что общая длина отраженного сигнала для второго прохода спутника неодинакова с длиной сигнала первого прохода.

К особенностям метода можно отнести следующее:

- 1) при использовании интерферограмм можно достичь высокой плотности данных — пространственное разрешение может составлять единицы и десятки метров;
- 2) из высокой разрешающей способности следует, что есть возможность зафиксировать локальные геодинамические явления;
- 3) большая площадь покрытия;
- 4) всепогодность;
- 5) низкое временное разрешение получаемых данных, которое обусловлено периодом повторного пролета спутника над исследуемой территорией;
- 6) получаемые величины деформаций являются относительными в пределах одного изображения интерферограммы;
- 7) получаемые смещения точек земной поверхности являются одномерными – вдоль линии визирования (LOS), имеется возможно разложить на составляющие NEU, как в случае метода ГНСС.

Метод InSAR позволяет исследовать геодинамические процессы, а использование математических моделей позволяет описывать их с помощью набора параметров, которые характеризуют местоположе-

ние источника деформации, его размеры, ориентацию и интенсивность воздействия на земную кору.

В рамках данной работы использовались аналитические модели Моджи и Окада. Данные модели состоят из систем дифференциальных уравнений, позволяющих по заданным параметрам предполагаемого источника деформации определить величины смещений.

Первая модель - самая известная модель деформации поверхности в вулканологии. Начиная с местоположения источника, глубины и изменения объема, модель Моджи предсказывает степень и величину результирующей структуры деформации поверхности на основе известных принципов и свойств породы. Источник, расположенный вблизи от поверхности, создает локализованную картину крутой деформации. Более глубокий источник дает гораздо более широкий, но более пологий вид смещений.

Привлекательность модели Моджи заключается в сочетании простоты вычислений и способности предсказывать радиально-симметричную деформацию, вызванную вторжением магмы.

Входными данными для модели являются: геометрические параметры – локальные топоцентрические координаты центра сферы (x_0, y_0, z_0), её радиус a ; физические параметры – коэффициент Пуассона ν , модуль смещения μ изотропного упругого полупространства, изменение давления источника ΔP . Последние – характеризуют свойства данного пространства, а также величину воздействия на него в следствии сжатия или расширения сферического источника.

Модель Окада предложенная Йосимитсу Окадой, представляет собой набор аналитических выражений для вычисления смещений и наклонов поверхности, вызванных сдвигом вдоль разлома (strike-slip), поперек разлома (dip-slip), раскрытием разлома (tensile), представленного прямоугольным источником в изотропном, плоском, упругом полупространстве. Сами выражения довольно компактны и свободны от математической особенности (сингулярности).

Эта модель широко используется для моделирования деформации грунта, вызванной локальными возмущениями, такими как тектонические разломы (землетрясения) или вулканические дайки (магматическое извержение).

Входными данными для модели являются: геометрические параметры – начальные (x_i, y_i) и конечные (x_f, y_f) координаты углов верхней грани прямоугольного источника, глубина залегания верхней и нижней граней источника (z_t, z_b), ϕ – ази-

мут верхней (и соответственно, нижней) грани плиты относительного северного направления, δ – угол наклона плиты относительно горизонтальной плоскости; компоненты смещения – U_1 соответствует смещению вдоль разлома плиты, U_2 – поперечному смещению, U_3 – смещению за счет раскрытия разлома; физические параметры – коэффициент Пуассона ν , модуль смещения μ изотропного упругого полупространства.

В результате по данным моделям были составлены вычислительные алгоритмы на языке программирования Python, позволяющие определить смещения точек поверхности по вышеупомянутым моделям. При этом имеется возможность задавать как параметры источника, так и размеры исследуемой поверхности с шагом сетки, на которой производится определение смещений.

Далее был составлен алгоритм определения параметров моделей по практическим данным, суть которого является их подбор с условием среднеквадратического минимума разницы матриц модельных (теоретических) значений и практически полученных методом InSAR. Для этого была задействована функция библиотеки Scipy (Python), позволяющая итеративно подбирать параметры, используя метод наименьших квадратов. Обобщая, на данном этапе производится решение задачи оптимизации функции (модели) под практические данные.

В целях обработки и применения данных InSAR было выбрано ПО LiCSBAS. LiCSBAS – это программный пакет с открытым исходным кодом, разработанный для анализа временных рядов «развернутых» интерферограмм. LiCSBAS использует свободно доступные продукты LiCSAR, при этом сокращается время обработки и дисковое пространство, получая результаты анализа временных рядов InSAR. Данные продукты были получены с помощью спутников Sentinel-1A и продолжают архивироваться, пополняться в базе данных.

Объектами исследования были выбраны Россия, Краснодарский край, город Краснодар и эпицентр вблизи города Риджкрест, США, штат Калифорния.

Первый объект был выбран, так как на территории (в части города) по данным ГНСС были обнаружены интенсивные просадки в части города в период с 2017 по 2020 гг. При этом имеются предположения, что это было вызвано изменением уровня грунтовых вод.

Говоря о г. Риджкрест – данная территория была связана с серией землетрясений 2019 года, в том числе с сильнейшим за последние десятилетия землетрясением магнитудой 7.1. Эпицентр находился примерно в 16 км к северо-востоку от данного горо-

да. Данные были зафиксированы как сейсмостанциями, так и сетью постоянно действующих станций SOPAC.

В ходе применения данного ПО и продуктов,

Таблица 1. Параметры данных InSAR

Параметры		Значения	
		Краснодар	Риджкрест
Размеры матрицы кумулятивных смещений			
Количество столбцов элементов	n , элементов	150	600
Количество строк элементов	m , элементов	110	550
Размеры пикселя на местности			
По линии визирования	dm , м	78.61	90.36
По азимуту	dn , м	110.95	110.95
Действительные размеры матрицы на местности			
По линии визирования	lr , м	11 712.89	54 125.64
По азимуту	la , м	12 093.55	60 911.55
Площадные характеристики			
Площадь покрытия данных на местности	$S = (lr \cdot la)/1000$, км ²	141.6	3296.9
Плотность измерений InSAR данных	$\rho = (n \cdot m)/S$, пикс/км ²	116.483	100.095
Временные характеристики			
Начало съёмки		05.05.2017	29.05.2019
Конец съёмки		29.09.2020	29.10.2019
Количество дней	d , дней	1243	153
Количество интерферограмм	n_{data} , кадров	112	22
Временное разрешение	$rest$, кадров/дней	0.09	0.144
Точность временных рядов, мм		47	27

Для территории г. Краснодар была применена модель Моджи. Несмотря на то, что данная модель применяется чаще всего для исследования деформаций земной поверхности возле вулканических источников, она была выбрана исходя из характера

были получены кумулятивные смещения по объектам исследования с нижеуказанными параметрами, характеристиками.

кумулятивных смещений наблюдаемые на рис. 1 (а).

Для территории г. была применена модель Окада, так как на рис. 2(а) прослеживаются локальные смещения тектонического разлома.

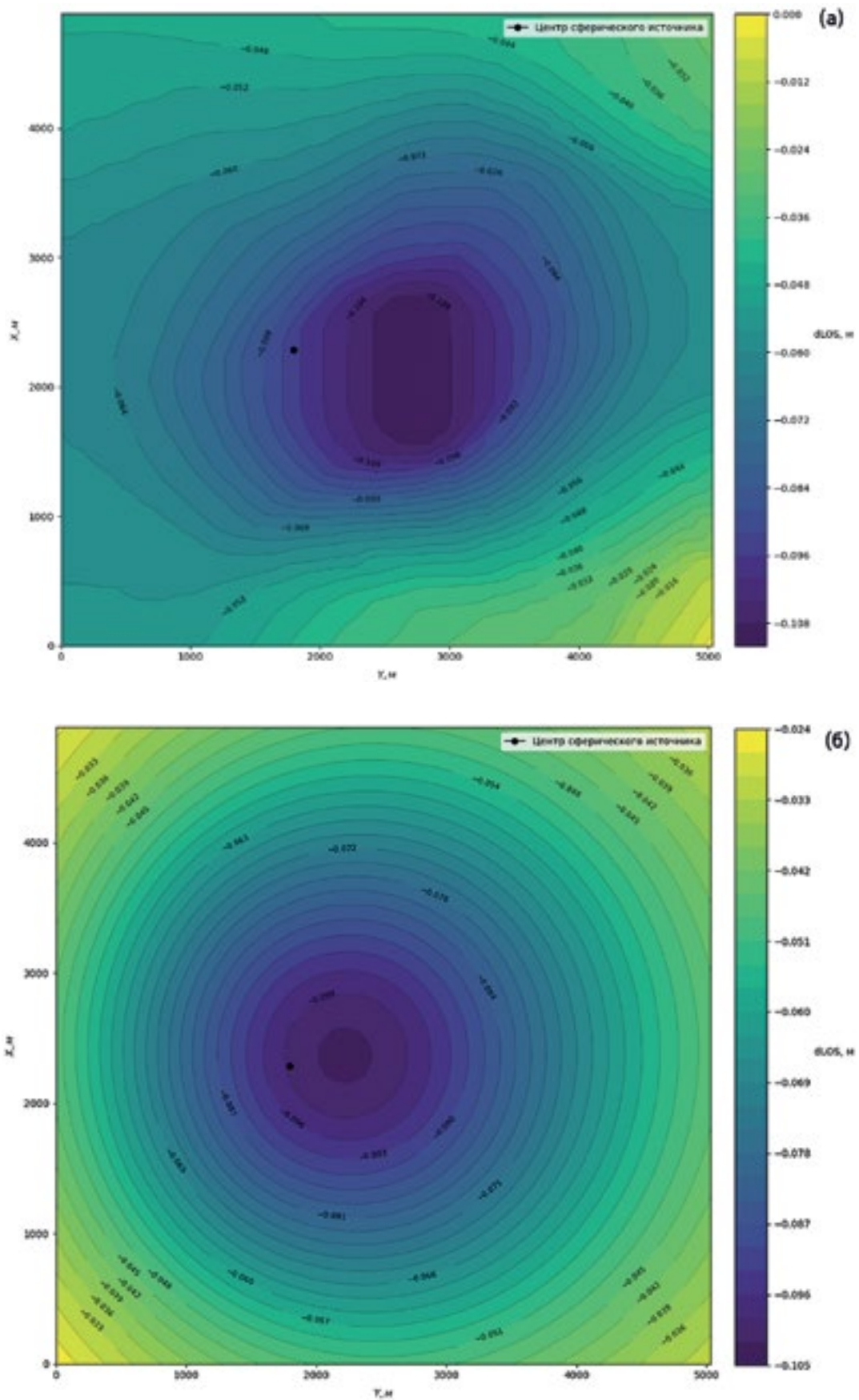


Рис. 1. Визуализация результатов исследования на территорию г. Краснодар. Кумулятивные смещения в направлении LOS: (а) – практические, (б) – модельные (Моджи).

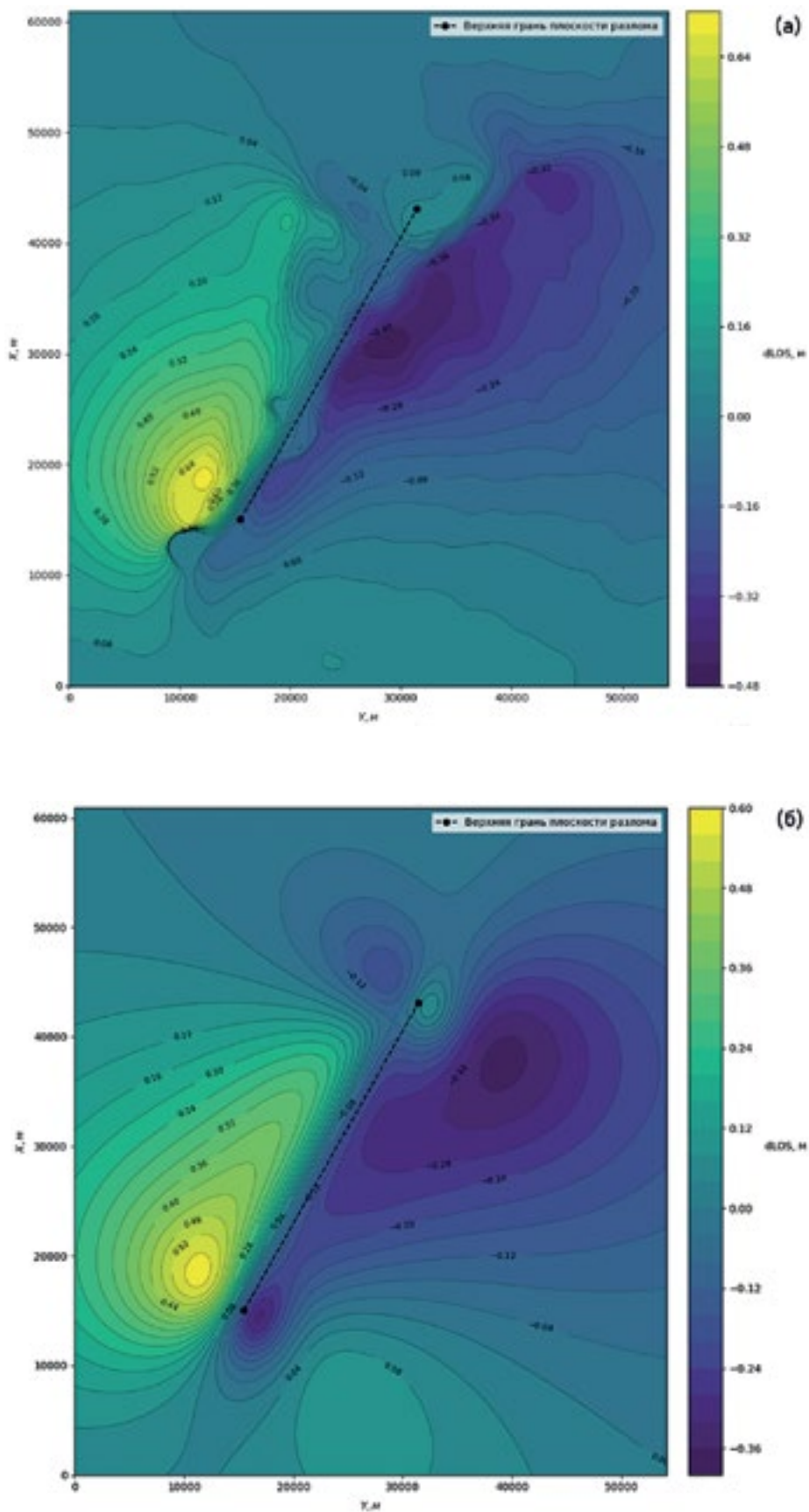


Рис. 2. Визуализация результатов исследования на территорию г. Риджкрест. Кумулятивные смещения в направлении LOS: (а) – практические, (б) – модельные (Окада).

Далее, параметры, выделенные полужирными шрифтом, являются не итерируемые (постоянные).

Таблица 2. Параметры модели Моджи на территорию г. Краснодар.

Параметры		Значения
Координаты центра сферы	$x_{0'}$, м	1 794.763
	$y_{0'}$, м	2 288.204
	$z_{0'}$, м	3 007.469
$\Delta P/\mu$		-0.008
Радиус сферы а, м		500.000
Коэффициент Пуассона ν		0.250

Таблица 3. Параметры модели Окада на территорию г. Риджкрест.

Параметры		Значения
Координаты начала	x_p , м	15 478.864
	y_p , м	15 005.281
Координаты конца	x_p , м	31 438.932
	y_p , м	43 087.853
Глубина верхней грани	z_p , м	3 852.458
Глубина нижней грани	z_b , м	6 210.226
Наклон плиты	δ , °	74.63945
Компоненты смещения		
Сдвиговое смещение	U_1 , м	16.6
Наклонное смещение	U_2 , м	-1.2
Растяжение	U_3 , м	2.1
Физические параметры		
Модуль сдвига	μ , ГПа	1.000
Коэффициент Пуассона	ν	0.250

Таблица 4. Оценка модельных смещений относительно практических, полученных методом InSAR

Разница между практическими кумулятивными смещениями и модельными	Величины, м	
	г.Краснодар, Mogi	г.Риджкрест, Okada85
Максимальная	0.028	0.239
Минимальная	-0.031	-0.322
Среднеквадратическая	0.010	0.052

Рассматривая обработанные данные InSAR и параметры интерферограмм, можно сделать вывод о том, что полученные практические кумулятивные смещения имеют большую плотность на обширную территорию исследования – в среднем около 108 точек на 1 км². Эта особенность положительно сказывается при описании локальных геодинамических процессов. Детальность позволяет учитывать малые в масштабе изменения точек земной поверхности при определении параметров источника под-

вижек. Стоит отметить временное разрешение – в среднем около 0.117 кадров в день.

Что касается определенных кумулятивных смещений на территорию города Краснодар – заметны просадки в части города на уровне 10 см. В данном случае влияние эксплуатации местного водохранилища и изменение уровня грунтовых вод может являться главной причиной активности.

Анализируя полученные накопленные смещения на территорию города Риджкрест, можно увидеть

влияние большой сейсмической активности разломного источника, произошедшее в 2019 году, на изменение точек земной поверхности. Наблюдаются как поднятия на уровне 64 см, так и просадки – около 48 см.

При определении параметров можно сделать вывод о том, что модель Моджи наиболее лучшим образом была применена к исследуемой территории г. Краснодар. Это объясняется тем, что характер смещения точек поверхности достаточно однородный (см. рис. 1 (а)).

Если рассматривать результаты на территории г. Риджкрест с применением модели Okada85, то в данном случае имеются относительно высокие максимальные и минимальные значения разности кумулятивных смещений практических от модельных. Визуально (рис. 2 (а)) можно наблюдать сложность характера накопленных смещений – различные перепады значений, которые вероятно, без применения более совершенной модели, будут в некоторой степени искажать истинные параметры разлома.

Также можно отметить среднеквадратическая разницу, представленную в таблице 4. Такое отличие между моделями объясняется тем, что количество определяемых параметров в Okada85 больше, чем в Mogi.

Список литературы:

1. Захаров, Александр Иванович. Методы дистанционного зондирования Земли радарными с синтезированной апертурой: диссертация доктора

физико-математических наук: 01.04.03 / Захаров Александр Иванович; [Место защиты: Ин-т радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН]. - Фрязино, 2012. - 370 с.: ил.

2. Okada, Yoshimitsu. (1985). Surface deformation to shear and tensile faults in a halfspace. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 75, No. 4, pp. 1135-1154, August 1985

3. COMET-LiCS Sentinel-1 InSAR portal. [Электронный ресурс] — URL: <https://comet.nerc.ac.uk/comet-lics-portal/> (дата обр. 02.07.2022)

4. Yu Morishita, LiCSBAS Tutorial. University of Leeds, Geospatial Information Authority of Japan. September 2019 (updated March 2020). [Электронный ресурс] — URL: https://gitlab.com/comet_licsar/licsar_documentation/-/wikis/ciw2019/licsbas?version_id=a172a9ece2a78f5ace32b4d70d0f166dfe24c348 (дата обр. 02.07.2022)

5. Modeling Crustal Deformation near Active Faults and Volcanic Centers—A Catalog of Deformation Models. By Maurizio Battaglia, Peter F. Cervelli, and Jessica R. Murray. Chapter 1 of Section B, Modeling of Volcanic Processes Book 13, Volcanic Monitoring. Techniques and Methods 13-B1. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2013

6. Tong, X., D. T. Sandwell, and B. Smith-Konter (2013), High-resolution interseismic velocity data along the San Andreas Fault from GPS and InSAR, *J. Geophys. Res.; Solid Earth*, 118, doi:10.1029/2012JB009442.

Геоинформационная платформа NextGIS — готовое решение для создания ГИС Предприятия в рамках импортозамещения

Р.В. Киселев
«НекстГИС», Москва

Компания «НекстГИС» с 2011 года производит и поддерживает комплекс базового и прикладного ПО ГИС для настольных, серверных и мобильных операционных систем. Специалисты компании имеют более чем 15-летний опыт разработки ГИС и работы с пространственными данными.

На текущий момент компанией создана геоинформационная платформа NextGIS — которая является готовым решением для работы с растровыми и векторными геоданными, под любые задачи вашей организации. Платформа доступна как в облаке так и для развертывания на сервере заказчика.

Платформа позволяет:

- Создавать и загружать неограниченное количество векторных данных, поддерживается прямой импорт символики QGIS;
- Загружать большие растры, поддерживается технология Cloud Optimized GeoTIFF;
- Подключать и работать с данными Росреестра;
- Подключать TMS, WMS, WFS слои из внешних источников;
- Создать неограниченное количество веб карт на базе всех этих данных;
- Публиковать данные по протоколам TMS, WMS, WFS, MVT, COG, с помощью REST API и в

виде интерактивных веб-карт;

- Организовать многопользовательский режим работы;
- Редактировать векторные данные и атрибуты прямо в браузере;
- Экспортировать в форматы Esri Shapefile (*.shp) GeoJSON (*.json), Comma Separated Value (*.csv), CSV for Microsoft Excel (*.csv), AutoCad DXF (*.dxf), MapInfo TAB (*.tab), MapInfo MIF/MID (*.mif/*.mid), GeoPackage (*.gpkg), с возможностью выбора системы координат, в том числе пользовательской;
- Подключаться к своим геоданным из мобильного и настольного ПО;
- Работать с 3D, поддерживаются (3D модель, 3D стиль, 3D тайлсет, Terrain Provider, 3D сцены)
- Администрировать: Поддержка OAuth2, интеграция с LDAP;
- Разрабатывать на основе платформы собственные приложения, есть полноценное API.

Всё базовое ПО NextGIS включено в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. На всё ПО NextGIS получены свидетельства Роспатента о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автоматизация нахождения автомобильных дорог на аэрофотоснимках Leica ADS 100

А.А. Золотой, К.Э. Верчак

Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие
«Геоинформационные системы» НАН Беларуси, г. Минск

Ведение и обновление государственной земельно-информационной системы (ЗИС) являются частью единой государственной политики в области землеустройства, использования и охраны земель и имеют общегосударственное значение. Одной из задач, которые приходится решать в процессе ведения и обновления ЗИС, является дешифрирование геопространственных объектов ЗИС по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученным в результате аэрофотосъемки административных территорий.

В данной работе рассматривается задача автоматизированного нахождения объектов класса «Автомобильные дороги» на аэрофотоснимках (АФС) полученных съёмочной системой Leica ADS 100. АФС Leica ADS 100, представляют собой трёхканальные RGB-изображения с пространственным разрешением 0,3 м на пиксель. Решением данной задачи является разработка модели классификатора и построение алгоритма автоматического получения первичных растровых масок целевых объектов на АФС Leica ADS 100.

Анализ современных подходов к решению подобных задач показал, что лучшие результаты дают модели, построенные на классификации целевых объектов с использованием искусственных нейронных сетей. Применительно к цифровым изображениям ДЗЗ широкое распространение получили модели классификации объектов на основе свёрточных нейронных сетей (CNN – Convolutional Neural Network). CNN является развитием архитектур нейронных сетей типа когнитрона и неокогнитрона. Они обеспечивают частичную устойчивость модели распознавания объектов к изменениям масштаба, смещениям, поворотам, смене ракурса и прочим искажениям изображений. На данный момент CNN считаются лучшими моделями по точности и скорости нахождения объектов на изображениях. К основным недостаткам CNN следует отнести повышенные требования к объёму обучающей выборки в сравнении, например, с нейронными сетями типа многослойного перцептрона (MLP – Multilayer Perceptron). При этом важнейшим достоинством CNN, является встроенная свёрточная архитектура, позволяющая автоматически формировать признаковое пространство, описывающее объекты целевого класса. Это становится особенно важным, когда выделение математических признаков, характери-

зующих объекты целевого класса и позволяющих чётко отделять целевые объекты от объектов других классов, является затруднительным. В нашей задаче объектами целевого класса являются автодороги на АФС, которые могут характеризоваться определёнными сочетаниями протяжённых геометрических примитивов, таких как прямые линии, дуги и т.п. Кроме геометрических признаков автодороги могут характеризоваться признаками, которые можно выделить из спектрально-анализированных данных RGB-изображений АФС. Самостоятельное выявление математических признаков, чётко описывающих автодороги на АФС является сложной задачей и делегирование этой задачи CNN, представляется привлекательным. Поэтому основой для построения модели классификатора автодорог на АФС в данной работе была выбрана именно CNN.

После выбора типа нейронной сети необходимо определиться с её архитектурой. Т.е. выбрать количества свёрточных и полносвязных слоёв, ядра свёртки, количества связей и функции активации нейронов и т.п. Хорошей практикой здесь является анализ уже готовых архитектур CNN, которые показали хорошие результаты при решении схожих задач. Выбор нескольких подходящих для данной задачи архитектур, обучение их на своих данных, сопоставление и выбор лучшей архитектуры.

В данной работе анализировались 2 классификатора, построенные на двух архитектурах CNN. Первая архитектура CNN представляла собой 3 свёрточных слоя, каждый из которых содержал 10 ядер свёртки в виде матрицы 3x3 и шагом обработки 1 пиксель. Функция активации выпрямленного линейного блока – «ReLU». После каждого свёрточного слоя применяется операция подвыборки «Max-pooling» в ходе которой полученная в результате свёртки карта признаков подвергается нелинейному уплотнению. В данном случае нелинейное уплотнение заключалось в выборе признака с наибольшим значением для каждой группы признаков на карте. После свёрточных слоёв расположены 2 полносвязных слоя. В первом слое 512 нейронов с функцией активации «ReLU». Во втором слое 1 нейрон с функцией активации «Sigmoid».

Второй архитектурой CNN была выбрана «U-Net» [1]. Архитектура «U-Net» была создана для семантической сегментации медицинских изображений и показала хорошие результаты. Медицин-

ским изображениям характерен постоянный ракурс и масштаб объектов, что соответствует также и нашей постановке задачи. По ряду причин «U-Net» является очень хорошей базовой архитектурой CNN. Она использует идею сквозных соединений, которая даёт очень хорошие результаты по сравнению с обычными автоэнкодерами. Архитектура «U-Net» имеет сравнительно небольшое количество параметров и не требует слишком большого количества изображений для обучающей выборки по сравнению с другими архитектурами CNN. Структурно архитектура «U-Net» состоит из двух соединённых частей – се-ти-энкодера для извлечения из изображения семантической информации в виде вектора признаков и сети-декодера для преобразования вектора признаков в изображение маски целевых объектов на исходном изображении. Т.е. на вход CNN с архитектурой «U-Net» поступает исходное изображение, а на выходе CNN формируется другое изображение, которое представляет собой бинарную маску целевых объектов, присутствующих на исходном изображении. Свойство CNN с архитектурой «U-Net» формировать на выходе сразу бинарную маску расположения целевых объектов является очень удобным для решения нашей задачи.

Первый классификатор был обучен на выборке 17000 изображений (10000 изображений целевых объектов и 7000 нецелевых объектов). Получены матрицы рельефов откликов на размеченных АФС. Точность предсказания оценивалась метриками Recall (полнота) и Precision (точность). Метрики показали следующие значения: Precision – 0.14, Recall – 0.96. Высокая Recall показывают хорошую чувствительность классификатора к объектам целевого класса. Низкая Precision показывает большое число захваченного «мусора», т.е. нецелевых объектов,

ложно отнесённых к целевым.

Второй классификатор был обучен на выборке 10000 изображений целевых объектов. Изображения нецелевых объектов не использовались. При обучении на вход классификатора подавались изображения обучающей выборки, а на выход подавались бинарные маски, обозначающие расположения целевых объектов на входных изображениях. На размеченных АФС метрики показали значения: Precision – 0.75, Recall – 0.33. Повышенная Precision показывает меньшую засоренность, т.е. меньше нецелевых объектов, ложно отнесённых к целевым. Низкая Recall показывает невысокую чувствительность к объектам целевого класса, значительное число целевых объектов, ложно отнесённых к нецелевым.

Очевидно, что как для первого, так и для второго классификаторов размера обучающей выборки явно недостаточно. Причём для первого классификатора это сказывается сильнее чем для второго. Окончательное сравнение выполнялось с помощью компромиссной оценки F1. Для первого классификатора $F1 = 0.24$, для второго – $F1 = 0.46$. Учитывая важное преимущество второго классификатора в том, что у него на выходе сразу формируется готовая бинарная маска целевых объектов, выбор был сделан в пользу него.

ЛИТЕРАТУРА

1. Badrinarayanan, V. SegNet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation / V. Badrinarayanan, A. Kendall, R. Cipolla // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2017. – Vol. 39, Issue 12. – P. 2481-2495.

Построение классификаторов для лесных и обрабатываемых земель по данным космических снимков БКА

А.А. Золотой, Е.А. Войтович

Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие
«Геоинформационные системы» НАН Беларуси, г. Минск

Государственная земельно-информационная система (ЗИС) является наиболее развитым государственным информационным ресурсом в сфере землеустройства. На основе ЗИС решаются такие задачи как: обеспечение полными и достоверными данными о состоянии, распределении и использовании земельных ресурсов; информационное обеспечение работ в сфере землеустройства и территориального проектирования, автоматизация ведения мониторинга земельных ресурсов; формирования ведомственной статистической отчетности и др.

Основой для ведения и обновления ЗИС являются материалы аэрофотосъемки. Обновление ЗИС производится не реже одного раза в 5 лет для каждого административного района. При этом для территорий с активной хозяйственной деятельностью обновление ЗИС требуется делать чаще. Для оперативного мониторинга накопившихся изменений на местности после очередного обновления ЗИС используются данные космической съемки. В связи с этим, возрастает актуальность задачи автоматизации дистанционного мониторинга объектов на местности по данным космической съемки. Несмотря на развитие и внедрение в настоящее время компьютерных технологий в области обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) данная задача полностью не решена. Одним из этапов решения данной задачи является дешифрирование объектов местности по данным космических снимков (КС).

Значимыми объектами ЗИС, для которых постоянно ведётся мониторинг изменения границ на местности являются лесные и обрабатываемые (пахотные) земли. В работе решается задача построения классификаторов для лесных и обрабатываемых земель по данным действующей орбитальной группировки космических аппаратов (КА) ДЗЗ, состоящей из российских КА "Канопус-В" № 3, 4, 5, 6, "Канопус-В-ИК" и Белорусского космического аппарата (БКА). Получаемые данные ДЗЗ представляют собой мультиспектральные КС с пространственным разрешением 10.5 м на пиксель и панхроматические КС с пространственным разрешением 2.1 м на пиксель. На мультиспектральных КС лесные и обрабатываемые земли существенно различаются по сезонам. На панхроматических

КС сезонные различия не так выражены. В тоже время лесные и обрабатываемые земли на мультиспектральных и на панхроматических КС характеризуются различной текстурностью. При этом на панхроматических КС текстурность лесных и обрабатываемых земель более чёткая в связи с лучшим разрешением. Важным является факт, что признаки текстурности пространственных объектов на изображениях любой природы имеют хорошую теоретическую проработку в математике и широко применяются на практике. Поэтому в данной работе принято решение строить классификаторы лесных и обрабатываемых земель, опираясь на текстурные признаки целевых объектов по данным панхроматических КС.

Современные решения в области классификации объектов на изображениях в основном построены на использовании разных типов искусственных нейронных сетей. Среди них чаще всего применяются свёрточные нейронные сети (CNN – Convolutional Neural Network) и плоскостойные нейронные сети с последовательными связями между нейронами, типичным представителем которых является многослойный перцептрон (MLP – Multilayer Perceptron). Эффективность нейронной сети определяется её архитектурой, т. е. количеством слоёв, числом нейронов в слоях и количеством связей между нейронами. Правильно выбранная архитектура нейронной сети во многом определяет её обобщающую способность. Обучение нейронных сетей выполняется на предварительно подготовленных обучающих выборках методом обратного распространения ошибки (Back Propagation).

Процесс построения классификатора на основе нейронной сети состоит из нескольких этапов. Основными из них являются: подготовка данных обучающей выборки, выбор способа нормирования данных, выбор типа нейронной сети, построение признакового пространства данных, выбор архитектуры нейронной сети.

В данной работе из архивных КС было подготовлено приблизительно по 3 500 эталонных изображений для объектов каждого целевого класса. Эталонные изображения были вырезаны из геопривязанных и ортотрансформированных панхроматических КС. Размер эталонных изображений принят

350 на 350 метров. Участки эталонных изображений, относящиеся к целевому классу, были обозначены векторными полигонами. На основе подго-товленных эталонных образцов объектов были сформированы элементы обучающих выбо-рок. Элементом обучающей выборки являлся фрагмент изображения 95 на 95 пикселей, вырезанный из эталонного образца и подвергнутый аугментации в виде вращения. Для автоматизированной нарезки и вращения фрагментов изображений были разработаны и реализованы специальные алгоритмы и программные средства. В результате из исходных этало-нов целевых объектов были сформированы обучающие выборки, размером порядка 120 000 фрагментов изображений для каждого целевого класса. Нормирование данных обучающей выборки на начальном этапе выполнялось стандартным выравниванием яркости изображений.

Нейронные сети свёрточного типа CNN в последнее время приобрели популярность и активно применяются при классификации и сегментации объектов на изображениях. Свёрточные слои, позволяют CNN создавать карты признаков, описывающих целевые объекты. Это позволяет CNN автоматически формировать признаковое пространство, описывающее целевые объекты. Самостоятельное выделение математических признаков объектов часто бывает сложным и требует высокой квалификации специалистов. В задачах распознавания образов CNN показывают хорошую точность. К основным недостаткам CNN следует отнести чрезвычайную требовательность к объёму обучающей выборки и ресурсам для обучения.

Нейронные сети типа MLP менее требовательны к объёму обучающей выборки и легче обучаются. Однако MLP не могут автоматически формировать признаковое пространство для целевых объектов и более требовательны к подготовке обучающей выборки. При проектировании MLP значительную часть работы необходимо выполнять «за скобками»

нейронной сети, однако в случае успеха можно рассчитывать на хорошую обобщающую способность и высокую скорость обработки исходных снимков. Учитывая достаточную теоретическую проработку признакового описания текстурности пространственных объектов на изображениях в данной работе выбор был сделан в пользу нейронной сети типа MLP.

Признаковое пространство целевых объектов в работе формировалось на основе текстурных признаков Харалика, Лавса и Тамуры. По обучающей выборке для каждого целевого класса были сформированы матрицы объект-признак (OFM – Object-Feature Matrices). Произведён статистический анализ весомости признаков для каждого целевого класса. Произведена очистка OFM от ложноположительных и ложноотрицательных объектов.

При выборе архитектур MLP рассматривались две схемы построения классификатора. Первая схема – с использованием одной нейронной сети с количеством входов равным числу всех признаков для объектов целевого класса и одним выходом. Вторая схема – с использованием «ансамбля» из четырёх нейронных сетей. Три сети с числом входов равным числу текстурных признаков Харалика, Лавса, Тамуры и одним выходом. Четвёртая сеть для принятия решения по результатам первых трёх сетей – с тремя входами и одним выходом.

Первичное обучение классификаторов, выполненных по первой, и по второй схемам показало схожие результаты. Точность классификаторов лесных земель, выполненных по первой/второй схемам, составила 0.93/0.9. Точность для обрабатываемых земель составила – 0.91/0.92. Точность классификации вычислялась с использованием функции среднеквадратического отклонения.

Более перспективной представляется вторая схема построения классификатора как гибкая и обладающая лучшими возможностями для увеличения обобщающей способности нейронной сети.

Создание фотограмметрической модели города Москвы по материалам беспилотных летательных аппаратов

Е.В. Петрова, А.А. Копытов, С.В. Птушкин
ГБУ «Мосгоргеотрест», Москва

Задачи Москвы, для решения которых используют фотограмметрические модели

Москва — важный социально-экономический центр огромной страны. Многовековое развитие города и его большая площадь, создали высокую нагрузку на инфраструктуру: промышленные зоны, жилые и нежилые строения, парки, спортивные объекты, бизнес центры с небоскребами, исторические места и памятники архитектуры, все это при наличии высокой концентрации населения. Транспортная система города включает в себя метро, Московское центральное кольцо и Московские центральные диаметры, сложную сеть дорог, магистралей и хорд, железные дороги, транспортно-пересадочные узлы, речные пути и причалы. Город так же связан с Московской областью общей инфраструктурой, системами водо-, энерго- и теплоснабжения, а также социальными, экономическими, демографическими сферами.

Для управления столь сложной структурой, необходимо большое количество высококвалифицированных специалистов, передовые инструменты анализа территории города. За всем этим стоят колоссальные объемы изыскательных и проектных работ, бесконечные часы, проведенные в поле – вечный двигатель, который должен поддерживать актуальность данных.

С 2020 года совместным распоряжением Департамента информационных технологий города Москвы и Комитета по архитектуре и градостроительству города Москвы было регламентировано использование фотограмметрии для получения трехмерных данных города и актуализации информации. Уже третий год Москва приобретает свой фотореалистичный трехмерный цифровой двойник, который несет в себе фактические геометрические данные, геопозиционированные в пространстве. Фотограмметрическая модель, встраиваемая в общий массив трехмерных данных, служит как визуализацией, так и основой для цифрового моделирования. Она сохраняет облик города на момент проведения аэрофотосъемочных работ.

В основе городской аэрофотограмметрии лежат пространственные данные: информация о рельефе местности, точном расположении и форме строений, природных объектов. Это фактически 3D-карта местности, которую возможно актуализировать при

необходимости и встраивать в цифровой двойник города.

Можно выделить три основных сценария использования фотограмметрической модели на основе аэрофотоснимков:

- помощь органам власти в принятии более обоснованных решений, в том числе совместно с жителями;
- выявление системных рисков в городском хозяйстве;
- обеспечение более эффективной работы элементов городской инфраструктуры, включая транспорт, энергетику, жилищный фонд.

Условия съемки в границах Москвы

Нынешний год обернулся вызовом для фотограмметрии – Мэром города Москвы поставлена задача создания высокдетальной цифровой модели местности старой части города Москвы с использованием малой беспилотной авиации.

Для аэрофотосъемочных работ используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА) производителя DJI, основную часть авиапарка составляет модель DJI Mavic 2 Pro с 24 Мп матрицей, весом более 250 гр. Данная модель широко используется для выполнения фотограмметрических работ в условиях городской застройки: мобильная, устойчивая к погодным условиям и с возможностью выполнения полетов по заданному маршруту.

Первым этапом каждого проекта аэрофотосъемочных работ является получение разрешения на использование воздушного пространства, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 11 марта 2010 № 138 «Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации».

Для выполнения аэрофотосъемочных работ над Москвой необходимо получить разрешение на полеты от Департамента региональной безопасности и противодействия коррупции города Москвы в порядке, предусмотренном постановлением Правительства Москвы от 09.07.2014 № 391-ПП «Об использовании воздушного пространства над Москвой». Разрешение выдается после согласования восьми организаций, в том числе ФСО РФ и ГБУ «Мосгоргеотрест».

Однако, после установления полетных режимов

и согласования вылетов оператор БПЛА сталкивается с проблемами, вызванными специализированным оборудованием, влияющим на качество GPS сигнала. Данное оборудование установлено на всей территории Старой Москвы, зонами отсутствия GPS сигнала являются Садовое кольцо, военные части, охраняемые объекты и другие крупные объекты инфраструктуры. Известные локации учитываются при создании полетного задания и проектировании планово-высотной опорной сети. При обнаружении ранее неизвестных мест корректировка вносится непосредственно во время проведения работ.

Создание аэрофотосъемочного проекта

Площадь объекта проведения аэрофотосъемки (АФС) – Старая часть Москвы внутри Московской кольцевой автомобильной дороги – составляет 974 кв. км и состоит из старых спальных районов, современных жилых комплексов, промышленных зон, транспортно-пересадочных узлов, небоскребов и лесопарковых зон. Выполнение аэрофотосъемки большими полетными блоками с поддержанием необходимого пространственного разрешения в данных условиях проблематично. Для получения данных с пространственным разрешением не более 3.5 см/пкс средняя высота полета БПЛА составляет 130 метров, данная высота приемлема в условиях малоэтажной и промышленной застройки, но при высотной застройке перекрытие между снимками становится недостаточным для построения верхних частей фасадов и крыш.

Для создания более простых съемочных маршрутов, ускорения работ, уменьшения рисков потери сигнала и связи пульт-дрон было принято решение проводить АФС согласно номенклатурной сетке со стороны 500 м.

Установленное пространственное разрешение бесполезно без возможности точного геопозиционирования данных. Даже имея геодезическое RTK оборудование на борту БПЛА, мы не были застрахованы от внесения помех в GPS сигнал, что может существенно сказаться как на плановой, так и высотной точности конечной продукции. Только использование сети опорных точек дает гарантированную точность данных. Создание опорной сети так же производится по номенклатурной сетке 500 м на 500 м.

В итоге результатами аэрофотосъемочных работ являются блоки данных согласно номенклатуре, состоящие из 1000 фотоснимков и 20 опорных точек. По каждому из блоков получается заключение об отсутствии/наличии сведений, содержащих Государственную тайну, от Западного военного округа

Министерства обороны Российской Федерации. Если рассказывать в цифрах, по итогу выполнения работ — это будет 2973 блока (исключаем леса и парки, Садовое кольцо) – всего 29 млн снимков, 58460 опорных точек и 854 отлетанных кв. км.

Создание серверного просчета

Для обработки такого объема данных выделен кластер, состоящий из 18 вычислительных машин. Технология просчета также построена на номенклатурной сетке: каждый блок данных обрабатывается отдельно – это позволяет не нагружать систему и получать стабильный объем готовой продукции.

Полевые бригады операторов БПЛА и геодезистов формируют массив данных, состоящий из отфильтрованных фотоснимков, проекции которых точно попадают в область интереса и каталога опорных точек с фотоабрисом.

Дальнейшая фотограмметрическая обработка производится в программном обеспечении Bentley Systems ContextCapture. Данная программа обеспечивает необходимую структуру файлов формата Batched 3D Tiles для дальнейшего использования в информационных системах города Москвы в соответствии с указанным выше совместным распоряжением Департамента информационных технологий города Москвы и Комитета по архитектуре и градостроительству города Москвы.

Каждый массив данных обрабатывается в отдельном проекте, при необходимости проекты объединяются в блоки по 1 км, при условии того, что соседние блоки были сняты в один и тот же световой день. Ведь чем однороднее съемка, тем качественнее происходит построение геометрии местности.

Результатом проекта является текстурированная полигональная модель, ориентированная в пространстве и имеющая относительную точность до 1:500 масштаба, абсолютная точность достигает субпиксельную.

Дополнительно создаются планшеты проекции модели на плоскость в виде растра. Именно из модели проекция позволяет выгрузить два вида растра: используя верхние вершины полигонов модели (крыши домов) и нижние вершины полигонов (углы зданий, территория под деревьями). Благодаря работе по планшетам проекций мы получаем удобный и достоверный ресурс для корректировки и обновления топографических планов более мелких масштабов, например, 1:2000.

Результат применения

Цифровой двойник города позволяет эффектив-

но моделировать развитие городской территории, работу систем жилищно-коммунального хозяйства, транспорта, безопасности, влияние на город климата и экологической обстановки. Такая виртуальная модель дает возможность управлять всеми системами в соответствии с принятой стратегией развития, прогнозировать последствия предлагаемых изменений и является инструментом по поиску оптимальных решений.

Функциональность цифрового двойника достигается за счет интеграции большого числа ранее разрозненных датасетов и динамических данных. Как минимум это сочетание пространственных, исторических данных, а также данных, собираемых в реальном времени. Преимущество таких виртуальных инструментов в формате города, это наличие разных слоев, которое предполагает возможность различных уровней доступа участникам проекта в зависимости от задач, которые они решают.

Москва не первый город, который пытается создать уникальный цифровой двойник. Для примера в десятку лучших цифровых двойников на январь 2020 года вошли Сингапур, Амаравати, Бостон, Ньюкасл, Джайпур, Хельсинки, Роттердам, Стокгольм, Ренн и Антверпен. Как можно понять, такие проекты сейчас развиваются, по всему миру.

Сейчас трудно сказать подход какой страны и чья цифровая модель города лучше. Но Москва пошла особым путем и создала программу умный город, в рамках которой уже находится сам цифровой двойник. В России в начале 2022 года был анонсирован масштабный план создания 3D-карты всей страны — такая модель может лечь в основу и других цифровых двойников.

Работа, проделанная ГБУ «Мосгоргеотрест», играет особую роль для органов исполнительной власти города и городских организаций в условиях развернутого масштабного строительства, реконструкции старого жилого фонда, развития дорожно-транспортной инфраструктуры и линий метрополитена, модернизации подземных коммуникаций и сооружений, комплексного благоустройства территорий, интенсивного освоения производственных

зон, для оперативного решения задач управления городским хозяйством, в том числе обеспечения безопасности отдельных объектов.

Фотограмметрическая модель города Москвы обеспечивает объективной, качественной и оперативной информацией о фактическом состоянии территории города Москвы, используется для решения задач жизнеобеспечения города, обеспечения функционирования различных городских информационных систем, создания новых тематических информационных ресурсов и других задач, использующих при решении пространственную информацию о территории города Москвы.

В настоящее время уже никого не удивит выверенной топологией, согласованной семантикой, сложными структурами баз данных, трехмерным представлением объектов городской инфраструктуры с высоким разрешением. И мы не стоим на месте. Перспективы развития цифровой 3D-модели города Москвы включают в себя:

- Информационное моделирование;
- Информационное взаимодействие;
- Развитие Web-технологий.
- Внедрение технологии, виртуальной и дополненной реальностей;
- Совершенствование нормативного регулирования.
- Новые методы управления;
- Оказание государственных услуг;
- Ведение городского хозяйства;
- Благоустройство районов города;
- Ретопологическое моделирование.

В чем важность этих работ для Москвы? Если коротко, то это совершенно иное восприятие городской среды, иные условия реализации задач по жизнеобеспечению города, новый уровень ведомственного и межведомственного взаимодействия, новые экономические возможности, это основа для перехода к цифровой экономике, иной взгляд на среду проживания, именуемую городом Москвой, в которой предстоит жить и работать сегодняшнему и будущим поколениям.

Мероприятия по обеспечению достижения заданных основных тактико-технических характеристик малых космических аппаратов серии «Аист»

Р.Н. Ахметов, А.В. Филатов, А.А. Федосеев, А.А. Юдаков
Ракетно-космический центр «Прогресс», Самара

В настоящее время АО «РКЦ «Прогресс» продолжает следовать мировым тенденциям развития технологий создания и эксплуатации малых космических аппаратов (МКА). Это подтверждается, во-первых, результатами успешной эксплуатации научно-образовательных МКА «Аист» №1 и №2 [1] (запущены в 2013 г.) и опытно-технологического МКА «Аист-2Д» [2]

(запущен в 2016 г.), во-вторых, текущими работами по созданию двух МКА «Аист-2Т» по заказу Госкорпорации «Роскосмос», в-третьих, имеющимися предложениями по созданию перспективных МКА на платформе «Аист».

В условиях современных тенденций и требований заказчиков по удешевлению и сокращению сроков создания МКА предприятием серьезно решается вопрос разработки и внедрения новых подходов и технологий для различных этапов жизненного цикла изделия.

Важно найти баланс между реализацией требований по удешевлению, сокращению сроков создания МКА и достижением задаваемых заказчиком основных тактико-технических характеристик (ТТХ). В этой связи в настоящее время на предприятии проводятся работы по следующим основным направлениям:

- создание и использование «инженерных моделей» КА;
- формирование рационального объёма и внедрение новых технологий при наземной и полётной калибровках;
- внедрение новых технологий для наземной экспериментальной отработки (в том числе, например, использование макетов приборов, полученных в результате 3D-печати, а также использование «ин-

женерной модели» КА и пр.);

- выработка и принятие новых проектно-конструкторских решений в части конструкции КА и бортовой аппаратуры);
- применение новых материалов;
- внедрение нового порядка задания и подтверждения ОТТХ и факторов, влияющих на ОТТХ.

Часть мероприятий по указанным направлениям уже внедрена при создании МКА «Аист-2Т». Часть мероприятий уже внедрена при создании других КА [3], но не внедрена при создании МКА «Аист-2Т» и её предстоит внедрить при создании перспективных МКА разработки АО «РКЦ «Прогресс».

В докладе содержится краткое описание текущих и перспективных проектов предприятия по МКА, рассмотрены мероприятия по обеспечению достижения заданных основных ТТХ в текущих и перспективных проектах по МКА серии «Аист».

Литература

1. Малые космические аппараты серии «Аист» (проектирование, испытания, эксплуатация, развитие) / Под ред. Кириллина А.Н. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2017. 348 с.
2. Опытно-технологический малый космический аппарат «Аист-2Д» / Кириллин А.Н., Ахметов Р.Н., Шахматов Е.В., Ткаченко С.И. [и др.] – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2017. 324 с.
3. Космическое аппаратостроение. Научно-технические исследования и практические разработки АО «РКЦ «Прогресс» (Издание второе и дополненное) / Под. Ред. А.Н. Кириллина. – Самара: 2017. – 376 с.

Современное использование данных дистанционного зондирования Земли при создании цифровой топографической карты горной местности

И.П. Попов

АО «Уралгеоинформ», Екатеринбург

Целью работы является создание цифровых топографических карт, с использованием современных средств получения географической информации. Для этого было необходимо оптимизировать технологический процесс для исполнителей-картографов в предоставлении дополнительной информации из данных дистанционного зондирования.

В качестве примера для правильного дешифрирования горных форм рельефа служил Альбом образцов изображения рельефа на топографических картах, изданного в 1968 году.

В результате анализа обработки данных зондирования земли, как качественных характеристик, так и визуальное представление сложных и разнообразных элементов гористой местности в виде цифровых матриц, была выработана методика определения неровностей поверхности, что позволяет составить классификатор форм рельефа. Подобный метод работы позволил оперативно и с достаточной точностью решить сложные задачи в процессе картографирования.

Использование материалов воздушного лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемкам для целей лесоустройства

И.В. Островский

АО «Кадастрсъемка», Иркутск

Проблему совершенствование управления лесным комплексом невозможно решить без наличия актуальной и достоверной информации о лесах. В настоящее время эта задача решается неудовлетворительно, что признается как хозяйственными субъектами, так и органами государственной власти Российской Федерации на самом высшем уровне.

На практике, основной информацией о состоянии и характеристиках лесов являются материалы лесоустройства, т.е. – лесоустроительной таксации. В связи с резким сокращением объемов лесоустроительных работ в 90-е – 2000-е гг в настоящее время поддерживать в актуальном состоянии материалы лесоустройства на значительной части территории не удастся. Особенно эта проблема остра для территорий Сибири и Дальнего Востока.

Решение данной проблемы в обозримой перспективе традиционными методами полагаем невозможным. Единственный путь – развитие современных методов дистанционной таксации лесов с максимальной автоматизацией производственных процессов.

Использование материалов лидарной съемки в сочетании с мультиспектральной АФС высокого разрешения позволяет:

1. Получать дополнительную информацию о лесных насаждениях.
2. Повысить точность определения отдельных таксационных показателей в сравнении с другими наземными и дешифровочными способами.
3. Повысить качество контурного дешифрирования (определения объекта таксации).
4. Автоматизировать измерение и расчет ряда таксационных показателей.
5. Повысить точность и сократить процент ошибок за счет минимизации субъективных факторов.

В целом применение данных лидарной съемки позволяет решать проблему обеспечения государственных органов и хозяйствующих субъектов России качественной информацией о состоянии лесов за счет повышения точности и увеличения объемов дешифровочной таксации лесов при снижении себестоимости работ.

Технологии автоматического формирования базы данных опорных точек для повышения точности геодезической привязки космических снимков – результаты работы ЭО ПК

А.Ю. Сечин
АО «РАКУРС», Москва

Данная работа выполняется в рамках программы «Интеграция-СГ», ключевыми участниками которой являются Госкорпорация «Роскосмос» и Национальная академия наук Республики Беларусь. Это продолжение исследований, приведенных в [1].

Напомним, что для уточнения привязки космических снимков требуются опорные данные, например, опорные точки – точки с известными координатами на поверхности Земли. После измерения опорных точек на снимках можно определить поправки к параметрам ориентирования снимков и повысить точность геодезической привязки космических снимков.

В рамках научно-исследовательской работы был разработан экспериментальный образец программного комплекса по созданию базы данных опорных точек. Входными данными для создания базы данных являются ортофотопланы и матрицы высот. На ортофотопланах определяются характерные точки местности, для которых с помощью матрицы высот определяется третья координата – высота. Проведенные исследования показывают, что в случае космической съемки для определения характерных точек местности надежно работает метод самокорреляции.

Экспериментальный программный комплекс был создан на базе ЦФС PHOTOMOD и работает в архитектуре клиент-сервер. На клиенте оператор задает входные данные обработки, а на многопроцес-

сорном или многоядерном сервере проводится сама обработка. Использование ЦФС PHOTOMOD существенно ускорило обработку: из ЦФС PHOTOMOD использовались библиотеки работы с векторной и растровой графикой, с данными космической съемки, с системами координат и другие полезные функции и модули.

В качестве опорных точек выбираются характерные точки местности. Автоматическое вычисление характерных точек местности использует следующий алгоритм. На первом этапе ортофотоплан или мозаика и матрица высот разбиваются на прямоугольные, непересекающиеся области. Это производится для проведения в дальнейшем распределенных вычислений, далее каждая область обрабатывается отдельным ядром сервера или кластера. Это позволяет повысить производительность и обеспечивает одновременную загрузку всех ядер вычислительной системы.

На следующем шаге область, где ищутся опорные точки, разделяется на меньшие области с заданным шагом, и в каждой подобласти будет исходить одна опорная точка.

Мы рассматриваем все изображения как изображения с оттенками серого. Если изображение является цветным, то интенсивность пикселя I_j вычисляем через компоненты красного, зеленого и синего по формуле $I_j = (R_j + G_j + B_j + 1) / 3$. Увеличенный фрагмент изображения показан на рисунке 1:

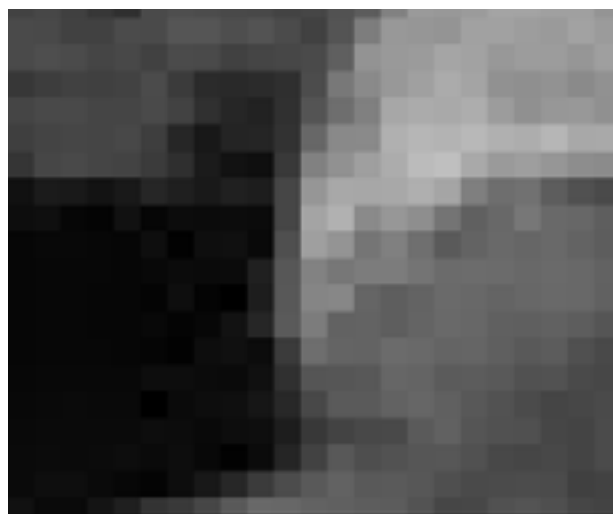


Рисунок 1. Увеличенный фрагмент изображения

В подобласти ищутся квадратные фрагменты с дисперсией не менее заданной. Дисперсия рассчитывается по формуле: $D^2 = \frac{\sum(I_i - \bar{I})^2}{n}$. Тут: D – дисперсия, \bar{I} – среднее значение яркости по маске, n – число элементов во фрагменте. Суммирование ведется по фрагменту. Невключение в дальнейшие расчеты областей с малой дисперсией служит для исключения однородных участков – водных поверхностей, однородных полей, снежных областей и т.д.

На следующем этапе в областях с допустимой дисперсией ищутся точки с максимальной автокорреляцией. Перед рассмотрением понятия автокорреляция рассмотрим понятие корреляции в применении к растровым изображениям. Корреляционное совмещение изображений – это традиционная техника совмещения текущего изображения с эталоном. При этом изображения рассматриваются как двумерные функции яркости. Коэффициент корреляции R определяется для двух изображений I_l и I_r как:

$$R = \frac{\sum(I_l - \bar{I}_l)(I_r - \bar{I}_r)}{\sqrt{(\sum(I_l - \bar{I}_l)^2)}\sqrt{(\sum(I_r - \bar{I}_r)^2)}} \quad (1)$$

В формуле (1) суммирование идет по такому же фрагменту, что и при вычислении дисперсии. Коэффициент корреляции может принимать значения от -1 до 1. Если он равен 1, то оба изображения совпадают.

Определим теперь коэффициент самокорреляции как коэффициент корреляции изображения с самим собой, но со сдвигом r . Найдем максимальное значение σ такое, что функция $e^{-r^2/2\sigma^2}$ ограничивает сверху коэффициент самокорреляции, где r – расстояние в пикселях между основным и сдвинутым изображениями. Если при сдвиге изображения коэффициент корреляции все равно равен 1, то такую точку мы также исключаем. Точки с минимальными значениями σ и являются искомыми

опорными точками.

Поясним, зачем нужно вычисление самокорреляции. Если дисперсия позволяет исключить равномерно закрашенные области, то самокорреляция позволяет исключить периодические структуры на растре, такие как края прямых дорог, одинаковые строения и объекты, распределенные периодически. Точки с минимальным значением σ – это точки, где корреляционная функция имеет узкий пик – т.е. характерные точки местности, которые легко измеряются как в автоматическом, так и в ручном режиме, и подходят для разновременной съемки.

Для найденных точек вычисляется высота, для этого точка проектируется на заданную матрицу высот. Растровое изображение в окрестности найденной точки перепроецируется, если необходимо, в геодезическую систему координат 2011 года (ГСК 2011) в шестиградусных зонах с разрешением 0,5 метра. Выделяются абрисы найденной точки размером 256x256 пикселей с разрешениями 32 м, 16 м, 8 м, 4 м, 2 м, 1 м, 0,5 м и помещаются в базу данных вместе с широтой и долготой (индексы базы), высотой и другими атрибутами.

Перейдем к результатам работы ЭО ПК. Мы использовали ортофотоплан на территорию в районе города Пятигорск и матрицу высот на эту территорию. Пиксель ортофотоплана был равен одному метру, матрица высот БЛА получена фотограмметрическим методом с помощью обработки блока стереопар космических снимков высокого разрешения. Поиск велся с ячейкой 1000 м. Было найдено 77 опорных точек (из 2300 кандидатов). На рисунке 2 показана схема их расположения на ортофото.

Для оценки качества найденных опорных точек и определения повышения точности привязки, найденные точки использовались для уравнивания снимка Канопус и снимка Ресурс-П. Так на снимке Канопус в автоматическом режиме было найдено 11 опорных точек. Схема расположения опорных точек представлена на рисунке 3:

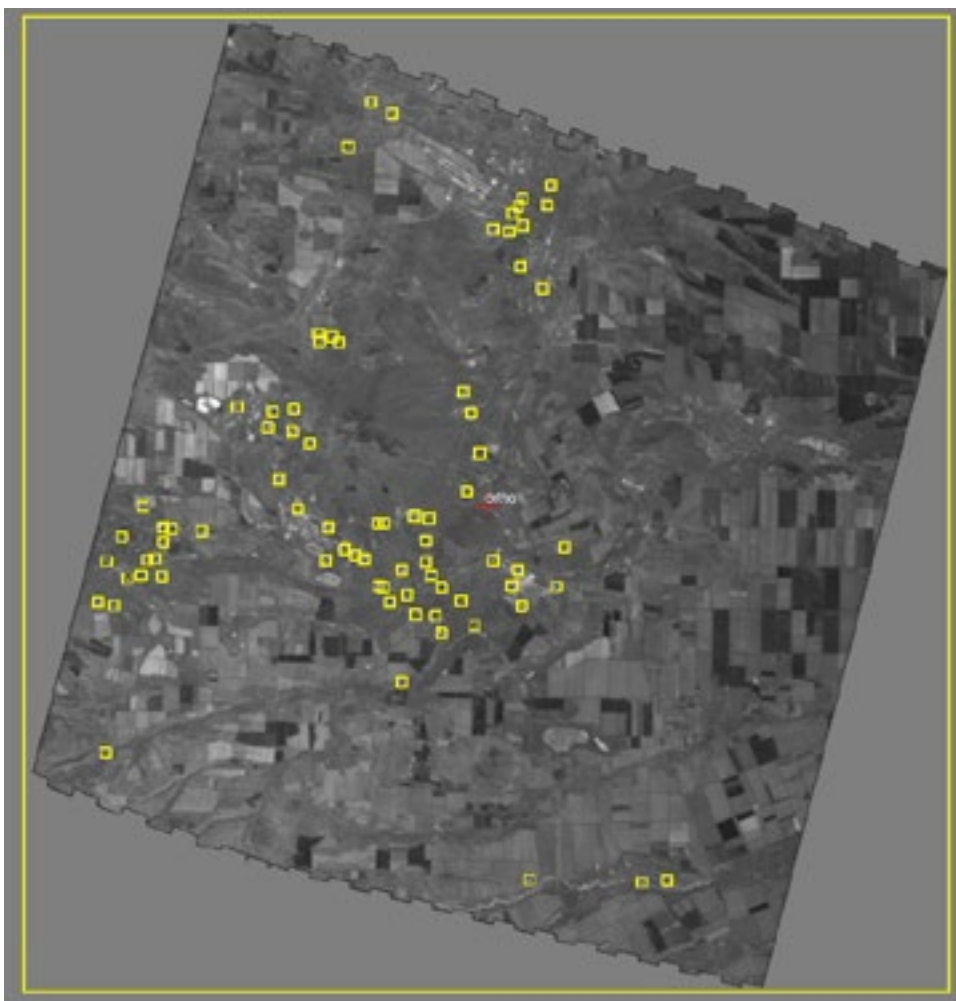


Рисунок 2. Схема расположения найденных опорных точек

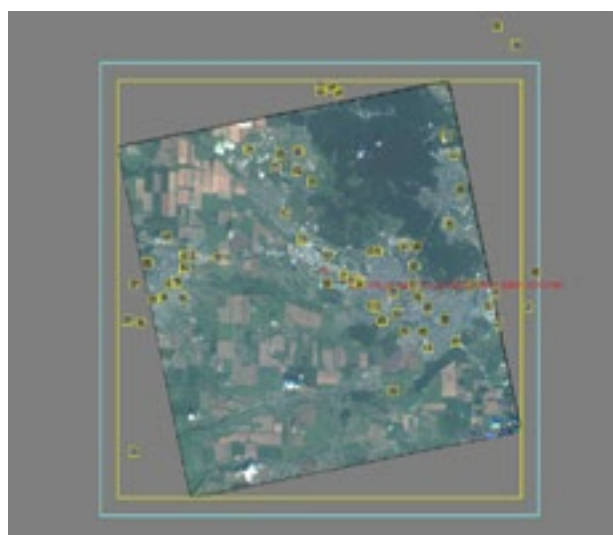


Рисунок 3. Расположение опорных точек на снимке «Канопус»

При этом точность ориентирования снимка без опорных точек (все точки контрольные) составляет 22,5 м, а с использованием опорных точек после

уравнивания – 1,8 м. В этом случае мы видим повышение точности ориентирования на 92%.

Для снимка «Ресурс-П» было найдено 39 точек (см. рисунок 4):

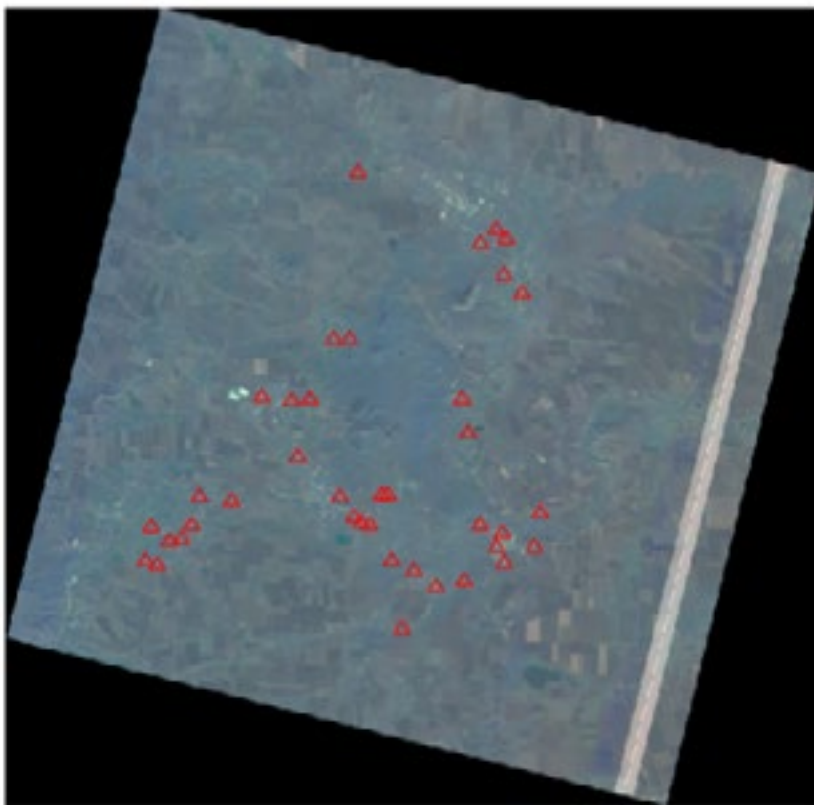


Рисунок 4. Опорные точки, найденные на снимке «Ресурс-П»

Точность ориентирования в этом случае повысилась на 42% – с 31,6 до 18,5 метра. Были также проведены дополнительные расчеты с ортофотопланом с пикселем 2 метра и матрицей высот SRTM. В этом случае также получили повышение точности привязки для снимка Канопус на 36% (с 18 до 11,5 метра) и на 64% – для снимка «Ресурс-П».

В любом случае можно утверждать, что найденные ЭО ПК опорные точки позволяют существенно повысить точность привязки космических снимков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.Ю. Сечин. Технологии автоматического формирования базы данных опорных точек для повышения точности геодезической привязки космических снимков – Совместная международная научно-техническая конференция «Цифровая реальность: Космические и пространственные данные, технологии обработки», Иркутск, 2021, с. 58.

Нормативно-техническое и методическое обеспечение оперативного обновления цифровых и электронных карт Национальной системы пространственных данных

Е.А. Бровка

АО «Роскартография», Москва

Постановка проблемы

Одной из основных проблем в сфере управления пространственными данными (ПД) и их использовании при создании (обновлении) государственных топографических карт в аналоговом и электронном виде, наряду с недостаточно эффективным применением современных российских геоинформационных технологий, средств и методов обработки ПД, отсутствием отечественной цифровой геоплатформы, объединяющей сведения и данные, содержащиеся в различных государственных информационных ресурсах – источниках разнородных, не структурированных ПД, является отсутствие современной нормативной базы, регламентирующей технологические процессы оперативного обновления цифровых и электронных карт, в том числе единой электронной картографической основы (ЕЭКО).

Актуальность исследования

Для обеспечения и защиты национальных интересов Российской Федерации за счет «консолидации усилий и ресурсов...», ориентированных в том

числе на научно-технологическое развитие страны в сфере актуализации пространственных данных, в соответствии с п. 26 раздела 3 Стратегии национальной безопасности Российской Федерации [1] необходима разработка новых и актуализации нормативно-технических и научно-методических документов в области геодезии, картографии и кадастра недвижимости для формирования национальной системы пространственных данных (НСПД) на основе современных цифровых и электронных карт.

АО «Роскартография» продолжает выполнять работы по совершенствованию системы национальной стандартизации в данной предметной области [2].

АО «Роскартография» продолжает выполнять работы по совершенствованию системы национальной стандартизации в данной предметной области [2].

Ретроспектива и результаты исследований АО «Роскартография»: прошлое – настоящее – будущее (перспектива)

Состав и наименование национальных стандартов, разработанных (разрабатываемых) АО «Роскартография» по Программе национальной стандартизации (ПНС) приведен в таблицах 1 – 3.

Таблица 1. Стандарты Национальной системы пространственных данных (разработка АО «Роскартография» в ПНС -2021).

№ п/п	Наименование проекта ГОСТ Р	Шифр темы ПНС–2021	Приказ Росстандарта, №, дата
1	ГОСТ Р 70077–2022 Материалы космической съемки для создания и обновления государственных топографических карт. Оценка качества. Основные требования.	3.7.404-1.017.21	Приказ об утверждении национального стандарта № 246-ст от 28 апреля 2022 г. с датой введения в действие 1 июля 2022 г.
2	ГОСТ Р 70171–2022 «Картография цифровая. Требования к отображению государственной границы Российской Федерации и границ между субъектами Российской Федерации на цифровых топографических картах и планах»	3.12.404-1.020.21	Приказ об утверждении национального стандарта № 510-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.
3	ГОСТ Р 70170–2022 Картография. Картографические издания. Выходные сведения. Основные требования»	3.12.404-1.021.21	Приказ об утверждении национального стандарта № 509-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.
4	ГОСТ Р 70173–2022 «Геодезия и картография. Трехмерные цифровые планы населенных пунктов, масштаба 1:500. Общие требования».	3.12.404-1.022.21	Приказ об утверждении национального стандарта № 512-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.

№ п/п	Наименование проекта ГОСТ Р	Шифр темы ПНС–2021	Приказ Росстандарта, №, дата
5	ГОСТ Р 70174–2022 «Картография цифровая. Процессы создания элемента содержания «рельеф» цифровых топографических карт масштаба 1:25 000. Общие требования»	3.12.404-1.023.21	Приказ об утверждении национального стандарта № 513-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.
6	ГОСТ Р 70172– 2022 «Геодезия и картография. Требования к техническому контролю геодезической и картографической продукции и процессов ее создания. Основные положения»	3.12.404 -1.025.21	Приказ об утверждении национального стандарта № 511-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.
7	ГОСТ Р 70175–2022 «Картография. Процессы создания и обновления цифровых топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. Общие требования»	3.12.404-1.026.21	Приказ об утверждении национального стандарта № 514-ст от 22 июня 2022 г., с датой введения в действие 1 декабря 2022 г.

Таблица 2. Стандарты Национальной системы пространственных данных (разработка АО «Роскартография» в ПНС –2022 г.)

№ п/п	Наименование	Название ТК	Обоснование для разработки
1	ГОСТ Р ____ Геодезия. Процессы и методы спутниковых определений при выполнении геодезических работ в ГСК-2011. Основные требования	ТК 404	Проект ГОСТ Р устанавливает основные требования к процессам и средствам технологического обеспечения геодезических и топографических работ по определению координат объектов с использованием данных глобальных спутниковых навигационных систем, а также основные требования к методам спутниковых определений в государственной геодезической системе координат 2011 года (ГСК 2011), установленной и распространяемой с использованием государственной геодезической сети.
2	ГОСТ Р ____ Геодезия. Методы преобразования координат и высот при спутниковых определениях	ТК 404	Национальный стандарт распространяется на методы преобразования координат и высот при выполнении геодезических и топографических работ по определению координат объектов с использованием данных глобальных спутниковых навигационных систем.
3	ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию технического задания на выполнение геодезических и картографических работ	ТК 404	Документ разрабатывается в целях нормативного регулирования общих требований к ТЗ на выполнение геодезических, топографических и картографических работ (ГКР), которое является неотъемлемой частью контракта (договора), заключаемого между заказчиком ГКР и исполнителем ГКР. Техническое задание разрабатывают на основе общих технических требований, национальных стандартов в области геодезии и картографии, на основе проработок организаций и руководящих документов заказчика, исходя из условий максимальной эффективности положений ТЗ при выполнении ГКР.

№ п/п	Наименование	Название ТК	Обоснование для разработки
4	Геодезия и картография. Процессы создания цифровых топографических планов масштаба 1:2 000	ТК 404	Проект ГОСТ Р устанавливает общие требования к процессам создания цифровых топографических планов масштаба 1:2 000 (ЦТП), создания на их основе цифровых топографических планов открытого пользования (масштаба 1:2 000 (ЦТП ОП), а также требования к содержанию основных этапов технологических процессов, выполняемых при создании ЦТП и ЦТП ОП
5	Геодезия и картография. Входной контроль исходных картографических материалов Основные требования	ТК 404	Проект ГОСТ Р распространяется на картографические произведения и другие документы с информацией о местности, которые используются для создания, составления или обновления цифровой картографической продукции (исходные картографические материалы). Стандарт устанавливает основные требования к организации, порядку проведения и оформлению результатов входного контроля исходных картографических материалов.
6	Картография наименования географических объектов и адреса объектов адресации. Требования к сбору и употреблению в процессах создания картографической продукции	ТК 404	Проект ГОСТ Р устанавливает требования к сбору, анализу, употреблению и проверке наименований географических объектов Российской Федерации, географических объектов континентального шельфа и исключительной экономической зоны Российской Федерации, географических объектов, открытых или выделенных российскими исследователями в пределах открытого моря и Антарктики, на русском языке, а также к сбору, употреблению и проверке адресов объектов адресации Российской Федерации в процессах создания и обновления картографической продукции, содержащей подписи и (или) пояснительные надписи соответствующих географических названий и адресов.

Таблица 3. Стандарты Национальной системы пространственных данных (предложения АО «Роскартография» в ПНС -2023)

№ п/п	Наименование	Название ТК	Обоснование для разработки
1	ГОСТ Р ____ Национальная система пространственных данных. Термины и определения	ТК 394	Документ разрабатывается в обеспечение государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2021 г. № 2148 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных»
2	ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Топографический мониторинг при обновлении цифровых топографических карт. Общие положения	ТК 404	Разработка новых нормативных технических документов, регламентирующих процессы оперативного слежения (топографического мониторинга) за изменениями объектов местности по данным ДЗЗ, ГЛОНАСС и отраслевым пространственным данным.
3	ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Лазерное сканирование. Основные требования	ТК 404	Разработка нового нормативно- технического документа на современные методы выполнения работ в топографо-геодезическом производстве, в частности, с применением воздушного и наземного лазерного сканирования и закрепление основных технических требований
4	ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Топографическое и картографическое обеспечение демаркации государственной границы Российской Федерации. Технические требования	ТК 404	Разработка нового нормативно- технического документа, обеспечивающего актуализацию и согласование правил геодезического и картографического обеспечения демаркации государственной границы, что является важнейшим элементом межгосударственного договорного процесса при демаркации границы Российской Федерации с зарубежными государствами
5	ГОСТ Р ____ Геодезия и картография. Топографическое и картографическое обеспечение делимитации государственной границы Российской Федерации. Технические требования.	ТК 404	Разработка нормативно- технического документа, обеспечивающего, согласование правил и результатов картографического обеспечения делимитации государственной границы. НТД является важнейшим документом межгосударственного договорного процесса при делимитации границы Российской Федерации с зарубежными государствами

Перспективные направления развития национальной стандартизации

Перспективными направлениями нормативно-технического и методического обеспечения технологических решений в сфере геодезии, дистанционного зондирования Земли, фотограмметрии, картографии (цифровой картографии), контроля качества в целях совершенствования методов и технологий оперативного обновления цифровых и электронных карт [3] – базовой составляющей НСПД,

является разработка национальных стандартов, регламентирующих требования:

– к наборам пространственных данных, в соответствии с ГОСТ Р 58571 [4], представляемых государственными информационными ресурсами – федеральными фондами пространственных данных и данных дистанционного зондирования Земли из космоса; Единым государственным фондом данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении; фондом пространственных данных обороны;

региональными фонда пространственных данных; ведомственными фондами пространственных данных, а также Единым государственным реестром недвижимости; Государственным каталогом географических названий; федеральной информационной адресной системой; ГИС единой электронной картографической основы; публичной кадастровой карты; государственных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности и др.;

– геопорталам, к сервисам, к метаданным наборов пространственных данных;

– общероссийским классификаторам, относящимся к пространственным данным и метаданным – для обеспечения интероперабельности и гармонизации данных, сервисов и геопорталов;

– обмену данными и их распространению;

– автоматизации технологий создания цифровых и электронных карт: в части фотограмметрического производства; обработки материалов космической съемки и данных аэрофотосъемки, в том числе с беспилотного воздушного судна; дешифрирования и векторизации пространственных объектов, составления элементов рельефа; редактирования объектов карты; контроля качества карт; развития методов автоматизированной генерализации;

– комплексному использованию данных спутниковых навигационных систем на этапах обновления карт и актуализации пространственных данных [5];

– унификации нормативных-технических и методических документов, регламентирующих технологические процессы оперативного обновления цифровой картографической продукции и актуализации пространственных данных.

Список литературы

1 Указ Президента Российской Федерации № 400 от 2 июля 2021 года «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107030001>

2 ГОСТ Р 70175–2022 «Картография. Процессы создания и обновления цифровых топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. Общие требования»

3 Бровка Е. А., Софинов Р. Э. Актуализация пространственных данных методом государственного топографического мониторинга в целях реализации государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных»: проблемы и решения // Геодезия и картография. – 2022. – № 3. – С. 14–22.

4 ГОСТ Р 58571-2019 Инфраструктура пространственных данных. Требования к информационному обеспечению. https://allgosts.ru/35/240/gost_r_58571-2019

5. Карутин С.Н., Малышев В.В., Лысенко В.В. Болкунов А.И., Рейтор К.И. Разработка научно-методологических основ комплексной оценки эффективности навигационных систем // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2021. – № 8. – С. 8–24

Автор: Е.А. Бровка, руководитель направления ЦНТР АО «Роскартография», заведующая кафедрой Цифровой картографии Московского государственного университета геодезии и картографии, к.т.н.

Цифровая трансформация информационного обеспечения задач управления территориями

П.А. Анашкин

АО «Уралгеоинформ», Екатеринбург

Меняется не только мир, но и мы в новом мире.

В последнее десятилетие резко возросла интенсивность цифровизации городской среды. «Агрессивная стратегия» – именно такой курс определен для развития инфраструктуры в перспективе на ближайшие десять лет, по словам заместителя председателя Правительства РФ Марата Хуснуллина, руководителя рабочей группы по агрессивному развитию инфраструктуры. Задается новый ритм строительства, и трансформируется строительная отрасль, для которой одной из задач является создание единой среды геопространственных данных. Информационная модель может являться источником актуальной информации на всех этапах жизненного цикла строительного объекта. Имея доступ через среду общих данных, все участники процесса смогут формировать и использовать необходимую документацию для выполнения своей части взаимосвязанных работ по проектированию, управлению строительством, эксплуатации зданий.

Но существуют и риски. Дело в том, что традиционная экономика – достаточно случайно организуемая система отношений производителей, потребителей, клиентов, партнеров, дистрибьюторов и объединяющих их посредников. Производимые ими миллиарды единиц данных можно обрабатывать компьютерными программами, но простой перевод обычных документов в электронный формат задачу не решает. Нужен переход от аналогового описания объектов реальности к алгоритмическому. Смысл цифровой трансформации экономики заключается в переходе к управлению по схеме: «данные – алгоритм – действие». Речь идет, таким образом, не столько о компьютерных программах, сколько об алгоритмах деятельности. Одной стороной алгоритм обращен к данным, которые обрабатываются компьютером, а другой – к предметной практике. Перед менеджментом предприятия стоит задача работать не только над производством самих данных, но и включаться в процесс трансформации данных в информацию, пригодную для использования, в знания об объектах управления, пригодные для автоматизированных действий. Для этого нужно вникнуть в суть цифровой трансформации с позиции осознания необходимых перемен в системе обеспечения данными отраслей народного хозяйства и задач управления.

Становится все очевиднее, что картографическая информация – это лишь поверхностный слой знания, его мультимедийная оболочка. Смысловую сущность информации составляет знание. Не «большие данные» сами по себе, а содержащиеся в них знания, позволяющие улучшать жизнь человека. Поэтому сутью технологического развития является движение к «обществу, основанному на знаниях». Технологии не просто меняют сегодня материальный мир, но и начинают влиять на сознание людей, претендовать на преобразование мира ментального. Это требует гармонизации отношений людей с машинами, а с их помощью – и между собой. Для практики применения в деятельность предприятия внедряются технологии концептуального моделирования и «семантическая топология», идет подготовка кадров для работы в новых условиях информационного моделирования для Умных городов (Smart City).

Умный город – это подход к развитию города, использующий цифровые инструменты для повышения уровня жизни, качества услуг и эффективности управления при обязательном удовлетворении потребностей населения. В конечном итоге целый город можно рассматривать как интеграцию информационных моделей его компонентов. Соединение моделей на основе пространственных координат через ГИС позволяет говорить о CIM (City Information Model) – информационной модели города. Умный город характеризуют высокоинтеллектуальные интегрированные системы, функционирующие по следующим направлениям: городская среда, безопасный город, цифровое городское управление, инвестиционный климат, благосостояние людей.

Архитектура умного города – это базовая организация элементов умного города, таких как информационные системы и платформы, базы данных, автоматизированные рабочие места, воплощенные в собственных компонентах и их отношениях между собой. Она связана с окружением – стандартами и правилами обмена и использования данных, регламентами уровней доступа и т.д., а также с принципами и стандартами, определяющими проектирование и развитие информационной системы. Цифровой двойник – виртуальный прототип реального городского объекта или процесса, суть ко-

того заключается в непрерывном сборе данных, стандартизации данных и отношений элементов, их визуализации и комплексном анализе.

В качестве целей, или ценностных результатов, проектируются:

- создание безопасных, доступных и комфортных условий для жизни;
- формирование эффективной системы управления городским хозяйством;
- повышение конкурентоспособности российских городов на глобальном уровне.

Информационное моделирование зданий BIM (Building Information Modeling) является процессом, который относится не только к зданиям и сооружениям, он также охватывает различные объекты инфраструктуры - дороги и мосты, порты и железные дороги, станции метро и инженерные сети.

В качестве рисков можно отметить нарастание семантической рассогласованности и несовместимости информационных систем. Несогласованность между сообществами при создании информационно-коммуникационного потенциала организаций приводит к образованию «лоскутного одеяла из систем, приложений, сервисов, стандартов, словарей и таксономий» вместо целостного комплекса. В результате органы управления могут сталкиваться с «очень сложной структурой информационно-коммуникационных систем, не способных к взаимодействию». Попыткам решить эту проблему мешает «полное отсутствие хоть какого-то информационного взаимопонимания» даже на уровне простых понятий. Продолжать ли внедрение в практику заведомо несовместимых систем или сделать приоритетом решение проблемы их совместимости?

Вступление в «эпоху знаний» требует новых подходов к анализу процессов технологического развития современных обществ и оценке его социальных последствий. С чего начинать? С компьютерной программы, практический смысл и язык которой непонятен управленцу? Или с практики управления, опирающейся на опыт и интуицию, но без ее алгоритмического описания, только на основании понимания программиста? Какова в этих отношениях роль и место руководителей по цифровой трансформации? Где система управления данными? Существует множество вопросов, и компетенции наших специалистов позволяют совместно прорабатывать и отвечать на них.

АО «Уралгеоинформ» работает над производством пространственных данных, а также над их переработкой в интересах различных потребителей. Вектор развития предприятия нацелен на предоставление конечному пользователю не первичных

данных, а информации в виде сервисов или информационных моделей объектов управления, обеспечивающих эффекты в процессах деятельности пользователя. Вопрос практического применения технологий и самих подходов, заложенных в системе преобразования первичных данных, становится ключевым для существования предприятия в новых экономических условиях преобразования отрасли. Для качественного преобразования деятельности предприятия внедряются подходы проектного управления и совершенствуется система управления данными, нацеленная на алгоритмизацию предметной деятельности. В этом мы видим перспективу для развития.

Для эффективной работы над проектами по информационному моделированию АО «Уралгеоинформ» внедряет базу знаний «Семантическая топология». Это обязательный структурный элемент проектного управления, который реализует цели субъекта, осуществляет взаимодействие с объектами деятельности и управления, а также осуществляет производство и поставку продукта, создаваемого в рамках проекта. Благодаря этому происходит переход от концептуальной модели к информационной, пригодной для алгоритмизации процессов управления.

Отметим, что бурный технологический прогресс несет не только сплошное благо. Он сопровождается хаотизацией информационного пространства, ростом объемов бесполезных и недостоверных данных, осложняющих смысловое взаимодействие участников компьютерных коммуникаций. Засорение информационного пространства превращает хранилища данных в их кладбища. Это ставит под вопрос оценку полезности информации по объемам накопления, передачи и обработки. Поэтому одним из результатов работы предприятия станет Сервис по работе с несоответствием пространственных данных. Сервис предназначен для работы с рисками, связанными с массовым несоответствием пространственных данных для осуществления сделок, функций, услуг, принятия управленческих решений при их интеграции из различных юридически значимых источников. Развитие Сервиса актуально и эффективно в контексте развития Национальной системы пространственных данных.

Реализация такого Сервиса позволит значительно снизить транзакционные издержки всех участников рынка недвижимости и обращения пространственных данных, повысить эффективность цифровых платформ, интегрирующих данные на федеральном и региональном уровнях, обеспечить основу для окупаемого функционирования серви-

сов и экспертно-консультативных услуг Центров компетенций в данной области.

Таким образом, деятельность предприятия преобразуется, происходит перестройка работы по управлению данными, на рынок выводится больше коммерческих услуг, основанных на использовании данных.

Литература

¹<http://www.vestnikstroy.ru/articles/building/agressivnaya-strategiya/>

²Algorithm Economy. Gartner: «Данные — ничто, алгоритм — это все!». URL: <http://denreymmer.com/algorithm-economy-gartner>

³NATO Unclassified. Releasable to North Macedonia. Headquarters Supreme Allied Commander Transformation. Act/CAPDEV/REQ/TT-1578/Ser: NU: 0245. SUBJECT: C3 Taxonomy Baseline 3.1. Date: July 2019

Создание геоинформационной модели и интерактивной карты экологических рисков бассейна реки Оки

В.В. Беленко

АО «Роскартография», Москва

Состояние рек Европейской части России вызывает беспокойство на всех уровнях российского общества. Подтверждением служит принятие Федерального проекта «Оздоровление Волги» (Национальный проект «Экология»). Бассейн реки Оки (крупнейший правый приток Волги) – густонаселённый регион с растущей урбанизацией, что отрицательно сказывается на экологическом состоянии реки, судоходстве, устойчивости развития региона в целом. Необходим инструмент для оценки и прогнозирования экологических рисков, связанных с изменением состояния рек волжского бассейна. Таким актуальным и наглядным инструментом решения возникшей социально-экономической и экологической проблемы является создание геоинформационной модели и интерактивной карты экологических рисков.

Для разработки инструмента оценки и прогнозирования экологических рисков бассейна реки Оки решены следующие научно-технические задачи:

1. Создана картографическая база данных современных ландшафтов и состояния экосистем в границах бассейна реки Оки на основе Единой электронной картографической основы (ЕЭКО), включающая в себя данные по следующим тематическим группам: результаты классификации земного покрова по данным спутника Sentinel; изменения в растительном покрове по данным индекса NDVI; температурный режим водных поверхностей; климатические данные; границы водоохранных зон; застроенные территории; полигоны твёрдых бытовых отходов.

2. Разработана методика оценки состояния экологических рисков на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса, которая включает в себя целый комплекс новых разработанных в рамках исследования программных средств и специальных методик для решения частных задач экологического мониторинга:

- программа для автоматизированной классификации множества перекрывающихся космических снимков, полученных на заданную территорию;

- программы для извлечения из наборов данных Global Forest Change и Global Human Settlement Layer заданного подмножества данных;

- методика оценки изменения береговой линии поверхностного водного объекта с использованием

модели свёрточной нейронной сети;

- методика обработки многозональных космических изображений Landsat 8 с целью исследованию температурного режима поверхностных водных объектов;

- методика исследования состояния полигонов твёрдых бытовых отходов (ТБО) по материалам космической съёмки.

3. Выполненные исследования динамики климатических условий в бассейне реки Оки позволили получить следующие результаты:

- рассчитаны синтетические показатели климатических условий с применением математического аппарата и возможностей геоинформационных систем, разработаны соответствующие формулы и коды;

- выявлены климатические изменения, такие как повышение температуры воздуха, количества осадков и др. для исследуемой территории, что было учтено при разработке методов визуализации климатических данных;

- предложены способы картографического изображения, а также изобразительные средства для отображения тематического содержания с учётом выявленной динамики изменения климатических условий;

- разработана серия аналитических карт, на которых наглядно представлена динамика изменения климата за последние десятилетия.

4. Разработана геоинформационная модель бассейна реки Оки, базирующаяся на пространственной базе данных, включающая в себя следующие таблицы (слои): границы бассейнов (до 7-го порядка); речную сеть; степень покрытия лесной растительностью (выше 5 м.); потери лесной растительности с 2000 по 2020 годы; восстановление лесной растительности с 2000 по 2012 годы; застроенные территории; границы особо охраняемых природных территорий; полигоны ТБО: промышленные предприятия; водозаборы; очистные сооружения; населенные пункты; цифровую модель рельефа; экспозицию; крутизну склонов. Созданная модель объекта, используемая при дальнейших исследованиях, определяет набор инструментов анализа и специфику алгоритмов обработки данных. Основная обработка данных осуществляется в геоинформационных системах.

5. Создана интерактивная карта «Экологические риски бассейна реки Оки», которая содержит мультимасштабную картографическую основу, метрическую атрибутивную информацию тематического содержания с интегрированными инструментами моделирования экологических рисков и элементами экспертной системы. Карта представляет собой сложное синтетическое произведение, легенды отражают мельчайшие подробности ландшафтов. Для оценки экологического риска осуществляется расчёт коэффициента экологического риска на основе взаимосвязи всех слоёв и определении весов для расчёта интегрального показателя. Карта интегрирована в WEB-сайт «Экологические риски бассейна реки Оки» (oka.mii.gai.ru) содержит также разделы с текстовой, графической и иллюстративной информацией о регионе, результатах проведённого исследования, исполнителях.

Научная значимость исследования. Заключается в пространственно-временной локализации участков наиболее существенных изменений ландшафтов в границах бассейна реки Оки за последние десятилетия по данным дистанционного зондирования Земли из космоса. Полученные научные результаты позволяют лучше понять процессы, характеризующие динамику ландшафтов бассейна реки Оки за указанный период времени и, в конечном счёте, обеспечить объективную основу для выработки путей снижения экологических рисков в данном регионе. Другим научным результатом является разработка и

реализация комплексного подхода к изучению территорий крупных речных бассейнов по данным космической съёмки. Научные принципы, положенные в основу данного подхода, могут найти применение при исследовании других речных бассейнов.

Практическая значимость. Результаты исследования могут быть использованы при принятии управленческих решений по использованию водных ресурсов бассейна реки Оки, оценки экологической устойчивости природно-территориальных комплексов, находящихся в его границах, а также планировании и реализации региональных программ развития, требующих учёта экологической обстановки в границах бассейна. Результаты исследования показали, что бассейн реки Оки требует постоянного пристального внимания с целью дистанционного мониторинга развития экологической ситуации и прогнозирования дальнейшего развития экологической системы бассейна реки Оки.

Исследование выполнено в рамках научно-исследовательского проекта «Создание геоинформационной модели и интерактивной карты экологических рисков бассейна реки Оки» при финансовой поддержке Русского географического общества. В исследовании принимали участие коллективы кафедры картографии, географии, прикладной информатики и космического мониторинга Московского государственного университета геодезии и картографии.

**Современное состояние Государственной геодезической сети,
Государственной нивелирной сети. Роскартография – выполнение
работ по развитию высокоточных сетей 2021-2022 г.г.**

В.Ю. Малков

АО «Роскартография», Москва

1. АО «Роскартография» создано по Указу Президента Российской Федерации от 12.03.2012 № 296 «Об открытом акционерном обществе «Роскартография» на базе федерального государственного унитарного предприятия «Московское ордена Трудового Красного Знамени аэрогеодезическое предприятие».

В состав АО «Роскартография» входит 27 дочерних акционерных общества с разветвленной филиальной сетью. Они расположены по всей территории России и имеют различную специализацию, что позволяет выполнять работы в любой точке страны.

С 2013 года АО «Роскартография» является единственным исполнителем картографо-геодезических работ федерального значения.

АО «Роскартография» обладает уникальным производственным, кадровым и научно-техническим потенциалом, позволяющим выполнять все виды топографо-геодезических и картографических работ: проводит аэрофотосъемку, создает ортофотопланы, топографические планы, топокарты всего масштабного ряда, осуществляет инженерно-геодезические изыскания, работает с данными спутниковой съемки, разрабатывает географические атласы и тематические карты, формирует фонд пространственных данных, работает над созданием Единой электронной картографической основы, создает специальные геодезические сети, высокоточные геодезические сети, осуществляет создание ГИС.

Космическая география России: прошлое, настоящее, будущее

С.С. Карпухин

АО «НИИ ТП», Москва

Аннотация:

Космическая география – инновационное естественнонаучно-техническое направление – ориентировано на детальное изучение и цифровое моделирование региональных природно-хозяйственных систем субъектов страны на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса в интересах научно-геоинформационного обеспечения управления сбалансированным развитием регионов России

Формирование парадигмы космической географии, вобравшей в себя все достижения научно-технического прогресса конца XX – начала XXI веков: ракетостроения и космонавтики, дистанционного зондирования Земли из космоса, компьютеризации, геоинформационных технологий и ГИС, – кардинально повлияло на трансформацию географической методологии. В статье рассматриваются: концептуальная модель парадигмы и исторические вехи становления космической географии.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли из космоса, естественнонаучно-техническое направление космическая география, парадигма, концептуальная модель, системный космо-географический мониторинг, природно-хозяйственная система (ПХС).

Введение

В соответствии с Законом Российской Федерации «О космической деятельности» одной из важнейших целей космической деятельности является «дальнейшее совершенствование и накопление научных знаний о Земле» в интересах содействия экономическому развитию государства и повышению благосостояния населения Российской Федерации [1].

До начала космической эры, знания о Земле добывались традиционными методами естественных наук. С появлением ДЗЗ из космоса и накоплением отечественного и зарубежного опыта применения космической геопространственной информации в географических исследованиях, постепенно сформировался инновационный концепт: естественнонаучно-техническое направление космическая география (ЕНТН КГ) [2].

В научной литературе по дистанционному зондированию Земли из космоса нередко встречаются такие близкие по звучанию к космической географии термины как «космическое земледование» и «космическое природоведение». Рассмотрим их

наиболее существенные отличительные особенности.

В 1971 г. в работе Б.В. Виноградова и К.Я. Кондратьева [3] раскрывается содержание понятия космическое земледование как изучение геологического строения и рельефа планеты, физики атмосферы, океана, вод суши, почвенного и растительного покрова на основе применения телевизионных изображений и оригинальных фотографий Земли, полученных с различных космических носителей. Дистанционные методы физико-географических исследований Земли с космических летательных аппаратов в 1976 г. описаны в монографии Е.К. Баррета «Введение в космическое земледование» [4]. Академик А.В. Сидоренко в 1980 г. [5] определил космическое земледование как исследование земного и околоземного пространства космическими методами, которое осуществляется с помощью бортовой аппаратуры космических аппаратов и служит для изучения и освоения природных ресурсов и охраны окружающей среды.

В современной трактовке ряда исследователей (академик Садовничий В.А., Козодеров В.В. и др.) [6–8] космическое земледование рассматривается «как междисциплинарное направление научных и технических разработок, способствующее объединению физико-математических, информационно-технологических, биогеохимических и других аспектов использования данных дистанционного аэрокосмического зондирования вместе с данными лабораторных и наземных исследований». Такая трактовка космического земледования определённо входит в противоречие с традиционным пониманием земледования как теоретического базиса географии, ориентированного на исследование наиболее общих закономерностей строения и развития географической оболочки Земли [9]. Таким образом, есть основания рассматривать космическое земледование не как самостоятельное междисциплинарное направление, а как взаимодействующую со всеми естественными, техническими и информационно-технологическими дисциплинами теоретико-методологическую платформу (подсистему) «понимания (иначе – дешифрирования, интерпретации) элементов космических изображений Земли» в рассматриваемой ниже парадигме космической географии.

Космическое природоведение. Термин предложен Ю.П. Киенко в 1979 г. в работе «Основы косми-

ческого природоведения» [10]. Конкретного определения введенного понятия в данной книге, как и в последующих публикациях автора, не приводится. Но из текстов следует, что под космическим природоведением понимается широкое применение материалов ДЗЗ из космоса в различных областях деятельности человека, в том числе, при изучении природных ресурсов и окружающей среды.

Термин *космическая география* в отечественной научной литературе впервые употреблён в работе, вышедшей в 1988 г. под редакцией Ю.Г. Симонова «Космическая география. Полигонные исследования» [11]. Авторы монографии не дают конкретного определения термина, но некоторые соображения на этот счёт можно получить из цитаты: «Снимки из космоса ... обладают принципиально новыми свойствами – большой обзорностью, регулярностью поступления и открывают новую эру в изучении Земли... Возникает надобность в новом техническом оснащении географических исследований – применении новейших вычислительных средств для хранения, обработки и использования космической информации, автоматизации картографического производства и т.п.».

В свою очередь, космонавт В.В. Лебедев в 1998 г., опираясь на уже накопленный к тому моменту большой объем материалов космических съёмок и результаты собственных наблюдений Земли с борта орбитальных станций, высказал мнение о необходимости усовершенствования традиционного курса географии. «Мечтаю, когда в школах страны будет идти урок космической географии...» [12]. Спустя 12 лет мечта В.В. Лебедева сбылась: школьный учебник Л.В. Мазуриной «Космическая география. Начальный курс» в 2010 году вышел в свет [13].

Итак, космическое земледование и космическое природоведение нацелены на широкое применение космической техники при исследовании Земли из космоса, а последнее на исследование и других планет. Идеи и результаты, отражённые в рассмотренных публикациях оказываются весьма продуктивными при формировании представлений о космической географии. По словам Ю.Г. Симонова: «Старая и вечная наука о Земле – география – переживает как бы второе рождение».[11]. Однако феномен космической географии, постепенно накапливая свой научный потенциал в течение более, чем 40 лет развития ДЗЗ из космоса, ещё не определился со своим статусом и тезаурусом, и в настоящее время находится в стадии формирования.

Основные понятия и определения

Самое общее определение ЕНТН КГ (или просто – КГ), согласно тексту статьи 3 Закона «О космической деятельности» [1], выглядит следующим

образом:

Космическая география – это естественнонаучно-техническое направление, ориентированное на дальнейшее совершенствование и накопление научных знаний о Земле в целях содействия: экономическому развитию государства, повышению благосостояния населения Российской Федерации, укреплению обороны и обеспечению безопасности страны, – путем рационального и эффективного использования космической техники, космических материалов и космических технологий.

Сформулированное в [14] определение, точнее передаёт парадигмальную сущность КГ. *Космическая география* – естественнонаучно-техническое направление, интегрированное в единую сложную систему путём сопряжения теоретических разработок, средств и методов естественных, математических, социально-экономических, информационных и технических наук для получения и обработки данных ДЗЗ из космоса, создания системной геопространственной информации о ПХС и формирования космо-географических баз знаний в интересах управления сбалансированным развитием регионов России. *Объектом* космической географии являются региональные природно-хозяйственные системы (РПХС) субъектов страны. *Предмет космической географии* – региональные космо-географические базы знаний (РКГБЗ), функционирующие на основе мониторинговых атласных космо-географических информационных систем (МАКГИС). Системообразующим методом космической географии является комплексный системный космо-географический мониторинг (СКГМ) РПХС России.

Концептуальная (содержательная) модель – это структура моделируемой системы (парадигмы космической географии), свойства её элементов-подсистем и причинно-следственные связи, присущие системе и существенные для достижения цели моделирования. Концептуальная модель даёт специалисту в человеко-машинной системе управления целостную картину и тем самым обеспечивает возможность соотносить разные части процесса с целым, а соответственно, и действовать эффективно.

Материалы и методы исследования

С позиций философии науки, парадигма включает в себя два начала: онтологическое (КГ – научная картина исследуемой реальности – РКГБЗ) и методологическое (КГ – идеалы и нормы научного исследования – СКГМ).

В развитии космической географии, как и в развитии любого научного феномена, можно выделить четыре этапа: допарадигмальный; формирования парадигмы; этап нормальной науки; экстраординар-

ная наука [15].

В основу выявления этапов парадигмы космической географии положен хронологический анализ достижений в области получения и применения данных ДЗЗ из космоса, а также геопространственной информации и продукции, создаваемой на их основе, в интересах науки, социально-экономического развития и безопасности Российской Федерации.

Результаты исследований и их обсуждение

Концептуальная модель

На рисунке 1 отражено взаимодействие основных обобщённых элементов-подсистем системного космо-географического мониторинга регионов России. Названия подсистем в самом общем виде отражают сущность комплекса процессов, происходящих внутри каждой из них.

Подсистемы в силу исторических причин и ведомственной принадлежности в настоящее время,

как правило, разобщены и находятся в разной степени разработанности и актуальности. Естественнонаучно-техническое обеспечение СКГМ обладает своей спецификой и объединяется в единую циклическую структуру благодаря объективному существованию нарабатанных к настоящему моменту механизмов перехода между подсистемами.

Этапы становления космической географии.

Допарадигмальный этап. Этап охватывает период: от создания теории космических полётов (конец XIX – начало XX столетия) до осуществления космических съёмок земной поверхности в интересах народного хозяйства (начало 70-х годов прошлого века).

Первый идеолог и теоретик освоения космического пространства – российский учёный Константин Эдуардович Циолковский – в работе «Порядок космической философии и её выводы» писал: «Наука о земном веществе есть наука космическая» [15].



Рис.1 Концептуальная модель системного космо-географического мониторинга ПХС регионов России в парадигме космической географии

Данное высказывание можно рассматривать как точку отсчёта в возникновении космической географии. Земное вещество (в философской трактовке – всё материальное, вещественное на Земле) – часть космоса. Закономерности его возникновения и эволюции традиционно изучаются географией и другими естественнонаучными дисциплинами: астрономией, геологией, биологией, почвоведением и т.д. А вот природно-хозяйственные системы – носферная составляющая земного вещества, тончайшая ткань сотворчества природы и человека на поверхности Земли, возникшая путём преобразования компонентов географической среды и являющаяся неотъемлемой частью космоса – объект исключительно космической географии. Без помощи космического мировоззрения и стремительно совершенствуемых средств ДЗЗ из космоса и космической географии, как показывают последние десятилетия, человечеству не под силу создать эффективную систему контроля и управления природно-хозяйственными системами регионов планеты.

Для допарадигмального этапа характерно возникновение большого числа аномалий, т. е. такого рода феноменов, которые просто не могли возникнуть на предыдущих этапах развития традиционной географии и сопряжённых с ней научных дисциплин. Уникальная обзорность и эффект оптической генерализации на изображениях из космоса открыли наблюдению глубинные разломы и кольцевые структуры (индикаторы рудоносности). В атмосфере были обнаружены «ячейки» с восходящими и нисходящими потоками воздушных масс, атмосферные вихри. В силу регулярности съёмки стало доступным слежение (мониторинг) за погодой, океаническими течениями, распространением снежного покрова и вечной мерзлоты, запасами воды в ледниках. Возможность трёхмерного моделирования рельефа РЛС-снимков в ГИС позволила осуществить реконструкцию границ продвижения и инфраструктуру краевых зон древних материковых оледенений на Русской равнине. Многозональная и гиперспектральная съёмка позволила осуществить флористическое зонирование и инвентаризацию лесов, мониторинг незаконных рубок и лесных пожаров на огромных пространствах России. Детальное и сверхдетальное пространственное разрешение космических изображений позволило модернизировать кадастровые работы, учёт и оценку земель. Вооружённые силы получили уникальные возможности для наблюдения театров военных действий и др.

На *этапе формирования парадигмы* космической географии (конец 1970-х – конец 1990-х

г.г.) появляются монографии и учебники, раскрывающие парадигмальную теорию: по космическому природоведению, космической геодезии и картографии, космической метеорологии, ГИС-картографированию с использованием данных ДЗЗ из космоса и др. направлениям космической географии.

Определённый резонанс в перестроении методологии географии за счёт внедрения данных ДЗЗ из космоса, методов их обработки и практического применения был получен в ходе реализации региональных государственных Программ комплексного изучения и картографирования природных ресурсов (КИКПР) [16 и др.]. В интересах дальнейшего развития работ по КИКПР страны на основе космической информации был разработан «Проект основных положений по комплексному изучению и картографированию природных ресурсов СССР на основе материалов космической съёмки» [17].

В таблице №1 приведена сводка результатов работ по программам КИКПР, выполненных до 2000 года [18]

После распада СССР (1991 г.), в период развития глубокого экономического кризиса, Российская Федерация располагала лучшей в мире космической системой дистанционного зондирования Земли из космоса, основанной на использовании фотографических спутников типа «Ресурс Ф». Разрешающая способность космических снимков, используемых для гражданских и коммерческих целей, достигала 3м на местности. Выполнялись с высокой производительностью – до 10 млн. кв. км земной поверхности за две недели полёта искусственного спутника – все виды фотографических съёмок: чёрно-белая (панхроматическая), цветная (в естественных цветах), спектральнозональная (в условных цветах), многозональная с обеспечением стереоскопичности и сплошного площадного покрытия. Был накоплен обширный фонд материалов космических съёмок, охватывающий все континенты земного шара

В 1993 г. было подписано трёхстороннее соглашение между «Госцентром “Природа”» Роскартографии, «Джебко Сейсмик» ЛТД и ВО «Росвнешгео» о совместной деятельности по продаже российских космических снимков. Совместные работы с фирмой «Джебко» и её приемником «WorldMap International Limited» (сокращенно «WorldMap» – в переводе «Мировая Карта») по продаже космической информации и созданию цифровой картографической продукции на её основе продолжались до конца 1998 года. В этот период российская космическая информация занимала ~ 4 % мирового рынка космических материалов ДЗЗ из космоса и постав-

лялась в более чем 100 стран мира.

Таблица №1. Сводка результатов работ по программам КИКПР, выполненных до 2000 года.

№/№	Регион работ	Площадь (тыс.кв.км)	Кол во карт (факт./пл.)	Масштаб	Годы проведения работ
Российская Федерация					
1.	Калмыкия	76,1	20	1 : 500 000	1978 – 1991
2.	Ставропольский край	80,6	21	1 : 500 000 – 1 : 200 000	1980 – 1991
3.	Тверская обл.	84,1	20	1 : 500 000	1980 – 1991
4.	Новгородская обл.	55,3	4/17	1 : 500 000	1988 – 1990
5.	Смоленская обл.	5,6	7	1 : 200 000	1977
6.	Самарская обл.	53,6	4	1 : 200 000	1993 – 1994
7.	Архангельская обл.	587,6	18	1 : 500 000	1992 – 1994
8.	Красноярский край	384,0	12/17	1 : 500 000	1986 – 1990
9.	Сев. Прибайкалье	20,0	9	1 : 500 000	1977 – 1990
Ближнее зарубежье					
10.	Таджикистан	143,1	30	1 : 500 000	1977 – 1984
11.	Центр. Памир	8,0	23	1 : 100 000	1976 – 1983
12.	Узбекистан	447,4	20	1 : 500 000	1983 – 1987
13.	Киргизия	198,5	29	1 : 500 000	1983 – 1987
14.	Кызылкум	64,0	9	1 : 500 000	1976 – 1997
15.	Казахстан		5/6	1 : 200 000	1988 – 1991
16.	Армения, бассейн оз. Севан		6	1 : 200 000	1984 – 1988
17.	Грузия	69,7	14	1 : 200 000	1988 – 1990
18.	Белоруссия, Солигорский агр./пр. р-н	2 пом./л.	11	1 : 100 000	1978 – 1979

Одним из поводов для инициации проекта «Цифровая Земля» явились положительные результаты сотрудничества США, в лице Геологической Съёмки (USGS) и Российской Федерации, в лице Минприроды и Роскартографии, по созданию в период 1992-1998 гг. геоинформационной системы на регион озера Байкал (ГИС «Байкал»). В 1996 г. во время визита А. Гора в Российскую Федерацию, ему и Председателю Правительства РФ В. Черномырдину был успешно продемонстрирован пилот-проект «ГИС Байкал». В январе 1998 г. Вице-президент США А. Гор, выступая в Калифорнийском Центре Науки (г. Лос-Анджелес), провозгласил начало глобального проекта по созданию мно-

гофункциональной системы, предназначенной для образовательных и научно-исследовательских целей Digital Earth – Цифровая Земля. Таким образом, научно-исследовательские организации Российской Федерации изначально принимали самое непосредственное участие в формировании концептуальных основ Цифровой Земли [19].

Этап нормальной науки (начало 2000-х – по настоящее время).

На этапе нормальной науки уточняются и совершенствуются теоретические разработки в каждой из подсистем СКГМ регионов. Через механизмы взаимодействия научных коллективов (научно-технические конференции, научная

периодика, нормативно-правовая деятельность и др.) новейшие достижения в той или иной области усваиваются научно-техническим сообществом. Это обусловлено, в первую очередь тем, что учёные и специалисты отраслевых организаций с целью повышения эффективности результатов деятельности по применению данных ДЗЗ из космоса традиционно ориентируются на работу по единым правилам в достаточно жёстких рамках парадигмы.

Этап нормальной науки в развитии космической географии характеризуется:

- продолжением разработки учебных пособий по применению космической геопрограммной информации в различных естественнонаучных приложениях и отраслях экономики;
- формированием концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации;
- реализацией региональных и отраслевых ГИС-проектов с применением материалов космической съёмки;
- дальнейшей научной проработкой и формированием программ деятельности по проекту «Цифровая Земля» и системному подходу к целевому применению космических средств ДЗЗ [20];
- созданием стандартов в области получения и обработки данных ДЗЗ из космоса для практического применения [21];
- развитием геоинформационного обеспечения при создании космо-географических знаний с повсеместным использованием космической геопрограммной информации в сфере изучения, моделирования и экспертизы экологического состояния и экономической трансформации РПХС Российской Федерации.

Этап «экстраординарная наука»

Научная революция – смена парадигмы – начинается с того, что группа ученых отказывается принимать за основу своих разработок совокупность существующих теорий, гипотез и стандартов. Чем выгодно отличается ЕНТН КГ от других научных феноменов, так это тем, что этап экстраординарной науки – т.е. кризис старой и возникновение новой парадигмы ей в ближайшей и отдалённой перспективе не грозит.

Выводы

1. Россия, с её богатейшими природными ресурсами, разнообразием природно-хозяйственных условий на колоссальных просторах Евразии, должна обладать собственной, уникальной – как в техническом, информационном, так и в естественнонаучном отношении – космической географией: эффективнейшим средством обеспечения органов управления регионами детальной, точной, актуальной и достоверной геопрограммной информацией, полученной на основе данных ДЗЗ из космоса.

В этом аспекте большие надежды связываются с разрабатываемой в настоящее время Госкорпорацией «Роскосмос» и фирмой «Национальные космические системы» информационной системы глобального мониторинга с использованием данных ДЗЗ из космоса.

2. Используемые в интересах управления развитием РПХС космо-географические знания – это *сложные когнитивные модели динамики природно-хозяйственных систем*, построенные в результате анализа системной геопрограммной информации, создаваемой на основе данных ДЗЗ из космоса, и всего многообразия географической и отраслевой информации на территорию.

3. Система поддержки принятия решений (СППР) в каждом из 85 субъектов Российской Федерации должна использовать региональную космо-географическую базу знаний, формируемую в региональной МАКГИС (подобно, планировавшейся ранее системы на основе Национального атласа Арктики [25]). Сеть региональных МАКГИС должна функционировать под единым руководством Государственного Центра, сформированного на базе организаций Роскосмоса с привлечением специалистов из организаций отраслевых министерств и ведомств.

СППР в органах власти субъектов страны должны по запросам получать нужные знания и работать с информацией из этих баз знаний. Операторы мониторинговых атласных космо-географических информационных систем, безусловно, должны соответствовать уровню профессионалов-географов, обладающих соответствующими навыками и опытом работы по

специальностям, утверждённым в профессиональном стандарте Географ [26].

4. Парадигма любого научного феномена развивается постепенно и не может быть сразу совершенна. В определённых точках эволюции научной парадигмы возникают проблемы. Одна из таких проблем – «Точка нулевого отсчёта функционирования СКГМ» в каждом субъекте страны. Для субъектов, где в 70-х – 90-х годах осуществлены работы по КИКПР, за такую точку можно принять время завершения космокартографических работ по созданию серий базовых и релевантных карт и использовать их для дальнейших исследований (картографические материалы хранятся в Федеральном фонде пространственных данных Росреестра).

Следует провести тщательную ревизию полученных результатов и осуществить их концентрацию в Центрах управления двойного назначения [27]:

– для субъектов, где во второй половине 90-х были начаты работы по созданию ГИС-Субъект (в рамках концепции ГИС ОГВ, разработанной в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 января 1995 г № 40 «Об организации работ по созданию геоинформационной системы органов государственной власти»);

– для субъектов, где с 2000-х годов и по настоящее время осуществляются работы по комплексному и отраслевому картографированию территорий на основе космической информации в различных масштабах и формированию комплексных ГИС регионального уровня.

5. Региональные космо-географические базы знаний – это информационные объекты, создаваемые «на века» в интересах управления развитием территорий/акваторий самого большого по площади и протяжённости государства в мире – России. Природно-хозяйственная среда ряда субъектов Российской Федерации, например, расположенных к востоку от Уральских гор, по объективным причинам явно недоизучена. И без использования данных ДЗЗ из космоса эту проблему не решить. Базовая космо-картографическая информация, особенно в средних и крупных масштабах, требования по её созданию, обновлению и хранению должны

обладать особым значением и функциональностью как фундаментальный государственный геоинформационный и инфраструктурный ресурс. Сетевые регламенты работы (интернет и др.) допустимы лишь при создании и передаче пользователям релевантной космо-картографической информации и иных пространственных данных.

Литература

1. Закон Российской Федерации «О космической деятельности» (с изменениями на 11 июня 2021 года) // Закон РФ от 20 августа 1993 г. № 5663-1 <http://www.docs.cntd.ru/document903683>.

2. Карпучин С.С. Инструментарий космической географии в информационном обеспечении управления регионом // IX научно-практ. конф. «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем», 2-3 сентября 2020 г. – Казань. 2020. – С. 110-115.

3. Виноградов Б.В., Кондратьев К.Я. Космические методы земледования. – Л.: Гидрометеоиздат. 1971. – 188 с.

4. Барретт Э.К. Введение в космическое земледование [Текст] : Дистанц. методы исслед. Земли / Пер. с англ. В.В. Голосова; под ред. и с предисл. А.А. Лютого. – М. : Прогресс, 1979. – 368 с. : ил., карт.; перевод изд. Barrett, E.C. Introduction to environmental remote sensing / E.C. Barrett, L.F. Curtis London ; New York, 1976.

5. Сидоренко А.В. Задачи исследования природных ресурсов Земли космическими средствами // Исследование Земли из космоса. 1980. – №1. – С. 5-8.

6. Садовничий В.А., Козодеров В.В., Дмитриев Е.В., Борзяк В.В. Инновационная технология обработки данных аэрокосмического мониторинга природно-техногенных объектов // Жизнь Земли. 2012. – № 34. – С. 127-142.

7. Садовничий В.А., Козодеров В.В. Современные методы космического земледования // Жизнь Земли. 2014. – Вып. 35/36. – С. 5 – 18.

8. Козодёров В.В., Никитин Е.Д., Ванчуров И.А., Макеева В.М., Любченко О.В., Комарова Н.Г., Львова Е.В., Ромина Л.В., Сабодина Е.П., Ливеровская Т.Ю., Мякокина О.В. Космическое земледование. Региональные аспекты. // Жизнь Земли. 2016. – 38 (1).. – С. 16-22.

9. Калесник С.В. Основы общего землеведения – М.: Учпедгиз. 1955. – 472 с.

10. Основы космического природоведения / Под. Ред. Ю.П. Киенко. – М. ЦНИИГАиК. 1979. – 259 с.

11. Космическая география. Полигонные исследования / Под. ред. Ю.Г. Симонова – М. : Изд-во МГУ. 1988. – 128 с.

12. Лебедев В.В. Космическая география // Наука и жизнь. 1988. – № 8, – С. 34-39.

13. Мазурина Л.В. Космическая география. Начальный курс. – Изд. 2-е, –М. : – ООО «Традиция», 2015. – 132 с.: ил.

14. Карпухин С.С. Системные основы космической географии // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : материалы VIII Междунар. науч. конф. Красноярск, 14–17 сентября 2021 г. / науч. ред. Е. А. Ваганов ; отв. ред. Г. М. Цибульский. – Электрон. дан. (14,1 Мб). – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2021. – С.22-27.

15. Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс. 1977. – 554 с.

16. Циолковский К.Э. Порядок космической философии и её выводы / Статья. Машинопись. – 15 с. www. Tsiolkovsky.org

17. Кельнер Ю. Г. Комплексное картографирование природных ресурсов с использованием материалов космической съёмки // Географическая картография. Взгляд в будущее – М. : Изд-во МГУ, 1985. – С.118-125.

18. Карпухин С.С., Кельнер Ю.Г. Проект основных положений по комплексному изучению и картографированию природных ресурсов СССР на основе материалов космической съёмки // Передовой опыт в геодезии и картографии, рекомендуемый ГУГК для внедрения в топографо-геодезическом и картографическом производстве. Информационный сборник. – М. : ЦНИИГАиК, 1989. – Вып. 11. – 22 с.

19. Карпухин С.С. Актуальные проблемы комплексного геоинформационного картографирования регионов России на основе материалов дистанционного зондирования Земли // Геодезия и картография. – 2008 – №11. – С. 23-32.

20. Карпухин С.С. Роль и значение между-

народных проектов Digital Earth и Google Earth в формировании глобальной инфраструктуры пространственных данных. / Геодезия, топография, картография – зарубежный опыт. Серия: Дистанционное зондирование Земли для экологии и природопользования. Экспресс-информация. Вып.1. – М. :ЦНИИГАиК, 2007. – 30 с.

21. Заичко В.А., Шведов Д.О., Сизов О.С. Особенности реализации проекта «Цифровая Земля» в Российской Федерации // ДЗЗ в России / Научно-практический журнал Госкорпорации «Роскосмос». – 2019. – №2. – С.6-13.

22. Заичко В.А., Шведов В.И., Селин В.А., Емельянов А.А. Госкорпорация «Роскосмос» реализует системный подход к целевому применению космических средств ДЗЗ // ДЗЗ в России / Научно-практический журнал Госкорпорации «Роскосмос». – 2020. – №2 – С.6-13.

23. Абраменков Г.В., Заичко В.А., Шведов Д.О. Стандартизация данных дистанционного зондирования Земли из космоса // ДЗЗ в России / Научно-практический журнал Госкорпорации «Роскосмос». – 2020. – №3 – С.6-10.

24. Белоусов С.К., Карпухин С.С., Носенко Ю.И. Проблемы, методы и результаты системного космо-картографического мониторинга Арктической зоны Российской Федерации в контексте создания Национального атласа Арктики / Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. Прил. за 2019 г. VII Междунар. науч.-тех. конф. «Актуальные проблемы создания космических систем ДЗЗ». – М. : АО «ВНИИЭМ», 2019 – С. 20–34.

25. «Географ (специалист по выполнению работ и оказанию услуг географической направленности)» // Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 декабря 2020 года № 954н. Регистрационный номер 1394, Код 10.013. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 4 февраля 2021 года, регистрационный № 62379.

26. Соглашение об информационном взаимодействии Правительства Тульской области и Минобороны России /www.militaryplatform.ru/12:52 09.04.2019.

Создание учебных картографических пособий

С.Ю. Толстых

АО «Роскартография», Москва

Учебные картографические пособия – огромный кластер тематической мелкомасштабной картографии.

Учебная картографическая продукция может быть представлена настенными картами, комплектами учебных атласов и контурных карт по истории и географии для 5 — 11 классов, а также новыми видами продукции для средней школы, такими, например, как интерактивные карты и атласы, мульти-

медийные приложения и другие.

Центр разработки и реализации картографической продукции АО «Роскартография» активно занимается учебной продукцией, хотя это довольно сложно в условиях высокой конкуренции и отсутствия внешнего финансирования. Тем не менее, мы разработали и подготовили к изданию два комплекта школьных атласов по истории и географии для 5-11 классов.



В настоящее время мы завершаем работу над созданием еще двух учебных картографических пособий — Большой атлас школьника по географии и Большой атлас школьника по истории. Эти произведения содержат карты и материалы учебного процесса по истории и географии начиная с 5 и заканчивая 11 классом средней школы.

Опыт создания таких атласов был еще в ПКО «Картография», но с тех пор учебный процесс претерпел преобразования — изменились приемы преподавания, расширился изучаемый материал. Накопились объективные причины для разработки новых атласов подобного типа:

1. Атласы компилируют в себе картографическую и справочную информацию по всем пройденным темам за время обучения что удобно при подготовке к ЕГЭ.

2. В процессе учебного года школьный атлас может прийти в негодность или ученик может оставлять его в школе, чтобы не перегружать портфель, а этот атлас всегда будет дома под рукой и даст всю необходимую информацию.

3. В процессе изучения нового материала учи-

тель часто делает отсылки к материалу, пройденному ранее, в прошлом учебном году. В атласах для текущего учебного года такой материал не предусмотрен, а в Большом атласе школьника его всегда можно найти.

4. В новых атласах больше картографической и иной информации по темам учебного процесса и они могут быть интересны не только ученикам средней школы, но и студентам специальных и высших учебных заведений, а так же читателям, интересующимся географией и историей.

При работе над этими проектами мы опирались не только на наш собственный опыт.

Во-первых, мы изучили требования министерства просвещения и санитарно-гигиенические требования к учебникам и учебным пособиям для образовательных учреждений.

Во-вторых, изучили учебники по географии и истории различных издательств: темы учебного процесса, последовательность предлагаемого материала, методику подачи материала, размещение текста и иллюстраций на страницах учебников.

В-третьих, изучили атласы и контурные карты

других издательств — порядок расположения карт по темам учебного процесса, полноту содержания каждой карты, методику подачи материала, картографические приемы для отображения событий и явлений, художественное оформление и другие факторы.

Были отмечены недостатки, имеющиеся в других изданиях: перегруженность карт информацией, что мешает усвоению основного материала; слишком яркое оформление страниц, что отодвигает на второй план картографическую информацию; большое количество иллюстраций и справочных данных, которые отвлекают от карты, а зачастую дублируют информацию из учебника.

Нашей задачей было создать атлас, который станет дополнением к учебнику, будет лаконичным и однозначным в оформлении и представлении материала.

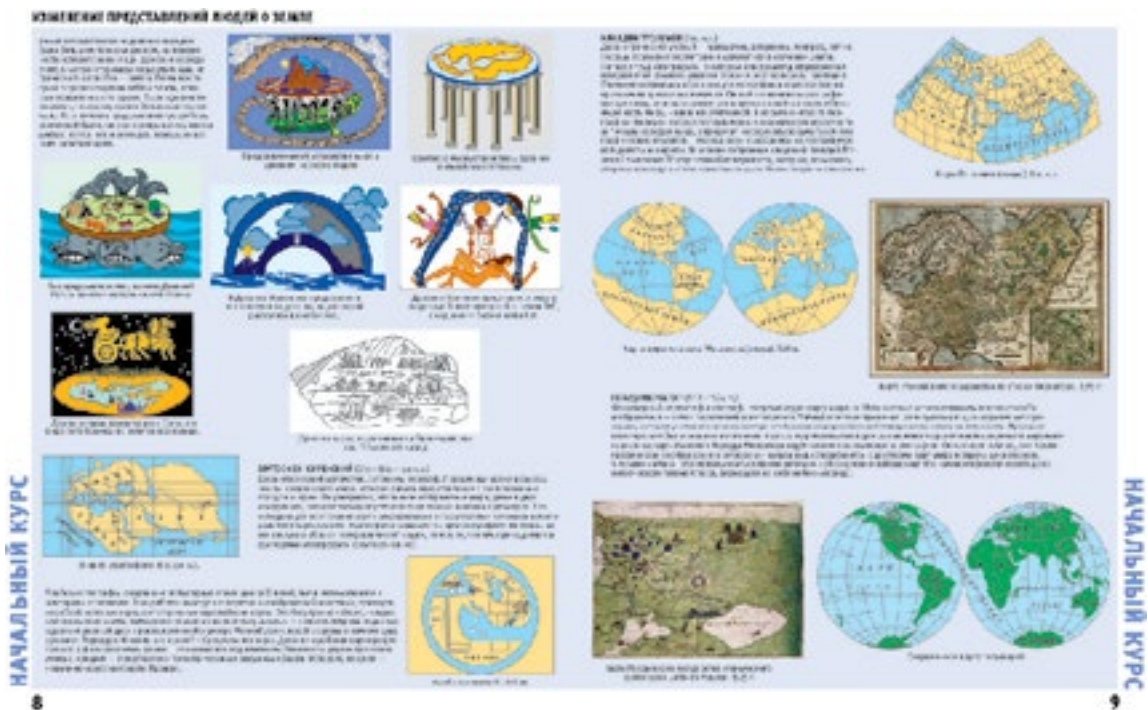
Основная сложность заключалась в разработке оглавления, поскольку в разных учебниках учебный материал освещается по-разному — темы представлены не в одинаковом порядке, с разными примерами, используются различные методики освещения

информации. Большинство издательств создают Атласы конкретно под свои учебники. АО «Роскартография» своего учебника не имеет, поэтому важно было создать универсальный атлас, который станет дополнением к любому учебнику.

Сначала решено было создать комплекты учебных атласов по географии и истории для 5-11-х классов, а потом на их основе разработать Большой атлас для школьников по географии и Большой атлас для школьников по истории.

По географии темы учебного процесса распределены следующим образом:

5 и 6 классы — начальный курс географии. Темы: географические открытия древности и средневековья, маршруты путешествий известных мореплавателей и землепроходцев; представления людей о земле; строение солнечной системы; ориентирование на местности; градусная сеть, координаты, понятие проекции; топографическая карта, условные знаки, виды изображения поверхности земли и способы отображения элементов местности; литосфера; строение атмосферы; гидросфера; физическая карта полушарий; политическая карта мира.



В 5 и 6 классах большинство тем повторяются, но в 6 классе изучаются более углубленно. Согласно требованиям СанПиН вес учебного пособия для учеников 5-6 классов не должен превышать 400 г. Поэтому было решено сделать 2 атласа для 5 и 6 классов. Особенностью атласов является большое количество тем представленных рисунками, иллюстрациями, текстами.

7 класс — физическая география материков.

Темы: физическая географию каждого материка: рельеф, климат, природные ресурсы, полезные ископаемые, политическое устройство, население и хозяйство.

8-9 классы — география России (физическая и экономическая). Темы: 8 класс — формирование территории России с древнейших времен до наших дней, рельеф, климат, природные ресурсы, тектоника, геология, гидрография, растительность, живот-

ный мир, ООПТ, экология; 9 класс — федеративное устройство, промышленность, сельское хозяйство, транспорт, социальная сфера (население, национальный состав, историко-культурное наследие и т.д.), экономические районы. Многие темы из курса 9 класса очень тесно связаны с темами, пройденными в 8 классе, поэтому было решено объединить атласы в один. Согласно требованиям СанПиН вес учебного пособия для учеников 7-9 классов не более 500 г.

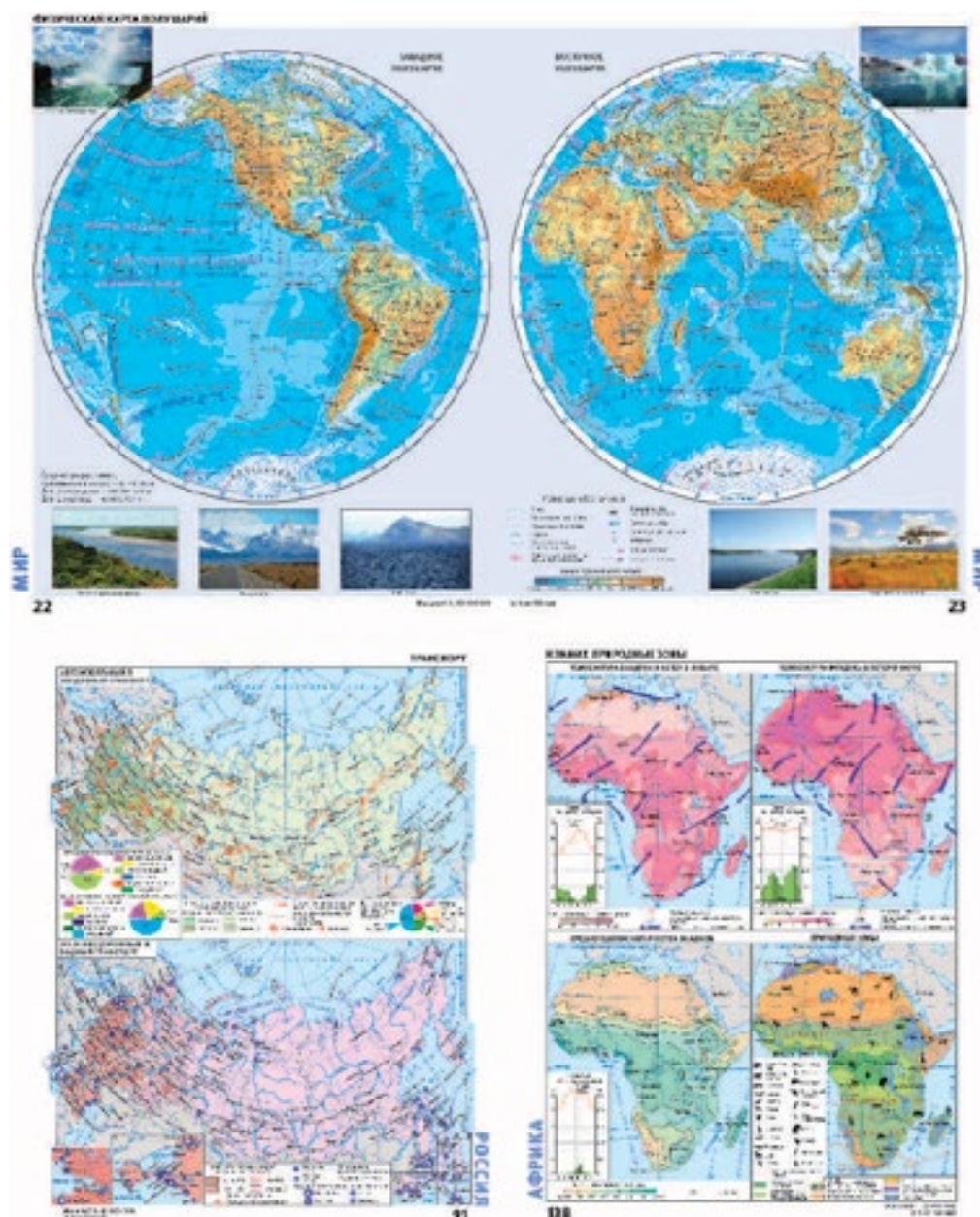
10-11 классы — экономическая география мира. Темы: экономическая география регионов мира и отдельных стран (население, экономика, добывающая и обрабатывающая промышленность, сельское хозяйство, транспорт, природное и культурное наследие). Для удобства пользования этот атлас так же было решено объединить в один. Согласно требова-

ниям СанПиН вес учебного пособия для учеников 10-11 классов не более 600 г.

На основе созданного комплекта атласов был разработан и создан Большой атлас для школьников по географии. Основными задачами было:

- 1) создать общее оглавление, охватывающее весь курс географии с 5 по 11 классы;
- 2) сбалансировать карты и темы, исключая повторы;
- 3) обеспечить логичный и понятный порядок расположения карт в соответствии с учебными планами.

Оглавление разработано по принципу от общего к частному: от карт мира к картам материков, регионов, государств, территориальных единиц отдельных государств.



Структура и методика создания Большого атласа школьника по истории существенно отличается от создания атласа по географии. Карты создаются не столько по территориальному признаку, сколько по историческим эпохам и событиям. Водоразделы исторических эпох условны, что сказывается на расположении карт и тем в атласах. Важным фактором является то, что в процессе учебного года школьники проходят 2 параллельных курса истории: историю мира в первом полугодии и историю России во втором полугодии.

1-й комплект учебных атласов по истории создан в соответствии с историческими периодами:

История древнего мира. Темы: Политическое устройство, исторические события, культура и искусство древних государств Египта, Междуречья, Греции, Римской империи, Азии и Америки.

История средних веков начиная с V по XIV вв. Темы: раннее и позднее средневековье в Европе, Азии, Африке, Америке. Возникновение и крах империй и государств, войны, научные и культурные достижения.

Новая история охватывает временной период с XIV до конца XIX в. Темы: период великих географических открытий, эпоха возрождения, эпоха просвещения в Европе, первая буржуазная революция, предпосылки и причины разрушения империй и создания прообразов первых современных государств.

Новейшая история изучает исторические события с конца XIX в. до сегодняшних дней. Темы: экономическое и политическое развитие общества в XX в., первая мировая война, вторая мировая война, раздел мира в результате мировых войн, националь-

но-освободительные движения в странах мира, современное устройство мирового сообщества.

История России с древнейших времен до наших дней. Школьный курс по отечественной истории представляет карты исторических событий и развития территории нашей страны начиная с расселения древних славян в VIII-IX вв. и заканчивая современными историческими событиями XX-XXI вв.

На основе этого комплекта создан Большой атлас школьника по истории. Отличительные особенности атласа:

- больше карт по темам учебного процесса, более подробное освещение исторических эпох и событий;

- каждый исторический период открывается шмуцтитлом и хронологической таблицей;

- большее количество иллюстраций и фотографий;

- история России также распределена по историческим периодам, которые приведены в соответствии с хронологией мировой истории;

- эпохи мировой и отечественной истории следуют в хронологическом порядке, друг за другом, что дает более полную, достоверную и динамичную картину исторических событий.

На основе созданного Большого атласа для школьников по истории планируется создание 2-го комплекта учебных атласов по истории, который будет разработан не только по историческим периодам, но и разбит по темам, которые школьники проходят в конкретном учебном году с 5 по 11 классы.

На основе созданных атласов планируется также создание мультимедийных картографических произведений для учебного процесса.

Опыт применения носимых ручных лазерных сканеров на объектах гражданского строительства и предприятиях горно-обогатительной промышленности

Д.А. Кукушкин

«Геостройизыскания», Москва

В докладе будут рассмотрены следующие вопросы:

- Методы сбора информации ручным лазерным сканером; Использование технологии SLAM совместно с инерциальной измерительной системой

- Обзор используемого оборудования для сканирования. Возможности применения – съемка с рук, съемка с автомобиля, съемка с БПЛА, съемка труднодоступных мест с использованием вех и подвесов.

- Области применения ручных сканеров. Использование ручных сканеров в составлении планов помещений, топографии, добыче полезных ископаемых, криминалистика, лесотаксация, проектирование и строительство, сохранение культурного наследия, управление имуществом, образование

- Использование оборудования на горно-обогатительных комбинатах; Особенности выполнения сканирования на открытых и закрытых выработках. Преимущества метода ручного сканирования – полнота съемки, скорость выполнения работы, достоверность и точность конечного результата. Возможность съемки с БПЛА – ускорение работ на открытых выработках.

- Использование оборудования на объектах

гражданского строительства; Учет особенностей строящегося объекта – жилые здания, промышленное строительство, Возможность съемки с БПЛА и автомобиля – ускорение работ по съемке линейных объектов. Съемки с БПЛА - мониторинг крупных объектов строительства, подсчеты объемов земляных работ. Использование сканирования в BIM-технологиях.

- Преимущества использования ручных сканеров по сравнению с традиционными методами; Простота метода съемки – может использовать даже неквалифицированный персонал. Скорость съемки – съемка со скоростью пешехода или автомобиля. Простота обработки данных – ПО для обработки интуитивно понятно. Достоверный и полный получаемый результат. Сканирование на данный момент может быть интегрировано в любые технологические цепочки - от этапов изысканий и строительства до этапов эксплуатации и ремонтов объектов.

- Примеры полученных результатов при использовании ручных сканеров. Примеры использования ручных сканеров на открытых и закрытых горных выработках, в гражданском строительстве (здания, промышленные площадки).

Развитие системы управления производственными процессами АО «Роскартография»

Н.К. Малявина

АО «Роскартография», Москва

АО «Роскартография» создано по Указу Президента Российской Федерации от 12.03.2012 № 296 «Об открытом акционерном обществе «Роскартография» на базе федерального государственного унитарного предприятия «Московское ордена Трудового Красного Знамени аэрогеодезическое предприятие».

В состав АО «Роскартография» входит 32 дочерних акционерных общества с разветвленной филиальной сетью. Они расположены по всей территории России и имеют различную специализацию, что позволяет выполнять работы в любой точке страны.

АО «Роскартография» обладает уникальным производственным, кадровым и научно-техническим потенциалом, позволяющим выполнять все виды топографо-геодезических и картографических работ: проводит аэрофотосъемку, создает ортофотопланы, топографические планы, топокарты всего масштабного ряда, осуществляет инженерно-геодезические изыскания, работает с данными спутниковой съемки, разрабатывает географические атласы и тематические карты, формирует фонд пространственных данных, работает над созданием Единой электронной картографической основы, создает

специальные геодезические сети, высокоточные геодезические сети, осуществляет создание ГИС.

Первоначальный мониторинг картографических ГК и задача визуализации производственных процессов при производстве работ по созданию ЦТК масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 привел к накоплению справочников, разнородных данных и сбору информации об информации. Благодаря накопленным данным стало возможно осуществлять мониторинг не только одного звена производственной цепочки, а всего процесса в целом.

Задачи трансформировались и сейчас перед нами стоит глобальная задача по визуализации и внесению корректировок по улучшению всего производственного цикла на этапах геодезических, АФС, фотограмметрических, картографических работ, а также совершенствование методики работ по планированию.

СУПДиПП позволит осуществлять мониторинг всех работ модернизированного производственного процесса со встроенными проверками готовой продукции, а также позволит ввести грамотную систему планирования предстоящих работ.

Современные тематические карты: от разработки до реализации

А.И. Игонин, Д.А. Чебышева
АО «Роскартография», Москва

Тематическое картографирование должно обеспечивать как эффективное комплексное изучение природных и общественных явлений для всей территории страны, так и конкретные запросы рядового потребителя. Поскольку государственные мелкомасштабные тематические карты не издаются, на «передовой» отечественной тематической картографии трудятся разрозненные и немногочисленные коллективы, среди них определяющую роль по-прежнему играют картографы АО «Роскартография» и его дочерних обществ.

Центр разработки и реализации картографической продукции АО «Роскартография» подразделяется на три направления: разработка картографической продукции, рельефное производство, реализация картографической продукции.

Направление разработки картографической продукцией занимается составлением как общегеографических, так и тематических карт.

Тематические карты посвящаются отображению

какого-либо явления (иногда группе явлений) физико-географического или социально-экономического характера. Они отличаются большим разнообразием по содержанию, условным обозначениям, принятыми для выражения содержания и красочному оформлению. В содержание тематических карт всегда входят элементы географического ландшафта, составляющие содержание общегеографической карты, однако они даются с другой степенью полноты и подробности.

В зависимости от назначения карты, территориального охвата и пожеланий заказчика чаще всего исходным картографическим материалом при создании мелкомасштабных обзорных тематических карт являются карта мира масштаба 1:15 000 000 и карта России масштаба 1:4 000 000.

Далее приведём примеры картографических произведений, составленных сотрудниками АО «Роскартография» в период с 2021 по 2022 годы.



Рис. 1. «Карта производства и распространения стрелкового оружия и боеприпасов».

Карта производства и распространения стрелкового оружия и боеприпасов создана на основе информации из открытой базы данных по производству оружия и политической карты мира масштаба 1:15 000 000. Проведен отбор по населенным пунктам,

путям сообщения, гидрографии. Тематическая нагрузка карты представлена:

- картограммой количества гражданского огнестрельного оружия на 100 человек населения;
- способом значков, отражающим количество

компаний и тип производства стрелкового оружия и боеприпасов в населенном пункте.

На карте в левом нижнем углу дана легенда с перечнем производства стрелкового оружия и боеприпасов (более 130 наименований организаций), в правом нижнем углу приведена карта-врезка Ев-

ропы с более детальным отображением тематики карты.

Карта «Космонавтика» создана по эксклюзивным данным Центрального научно-исследовательского института машиностроения (АО «ЦНИИмаш») и Ракетно-космической корпорации «Энергия» (ПАО



Рис. 2. «Космонавтика»

РКК «Энергия») на основе физической карты мира масштаба 1:15 000 000. Объекты гидрографии и орографии даны в полном объеме исходного картографического материала, проведен отбор по населенным пунктам (даны только столицы и самые крупные города), пути сообщения не показаны. Пиктограммами отражены государственные и коммерческие космодромы, космические агентства, центры управления полётами, места приземления космонавтов. Даны траектории движения космических аппаратов «Восток» (Ю.А. Гагарин), «Восток-6» (В.В. Терешкова), «Восход-2» (П.И. Беляев, А.А. Леонов), а также траектории движения орбитальной спутниковой группировки России.

Карта «Транспортная система Российской Федерации» создана специально по заказу Министерства транспорта Российской Федерации на основе политико-административной карты Российской Федерации масштаба 1:4 000 000. Отбор населенных пунктов произведен с учетом приоритета узловых точек транспортных сетей, гидрография ослаблена по цвету. В качестве элементов специального содержания даны: ав-

томобильные дороги – раздельно федеральные с подразделением по принадлежности к управляющей компании (с выделением населённых пунктов, в которых расположены их центры) и прочие, международные и национальные номера автодорог, обозначения платных участков автодорог, участки дорог с раздельными полосами движения, важные автосимники, железные дороги с подразделением по виду тяги, путности (включая сопредельную территорию колеи 1520/1524 мм) и административной принадлежности (в пределах Российской Федерации) с указанием центров территориальных дорог, железные дороги зарубежной колеи, аэропорты опорной сети с подразделением на международные и региональные, разбитые на категории по классу ВПП с кодами ИАТА и названиями на территории Российской Федерации, а также международные аэропорты на зарубежной территории, речные порты, судоходные участки рек с подразделением по бассейновым управ-

лениям, морские порты с подразделением по объёму грузооборота и административной принадлежности, морские пути с указанием портов и расстояний, автомобильные и железнодорожные пункты пропуска через государственную границу РФ, с названиями.

Оригинальная интерьерная «Карта Российской Федерации в стиле хай-тек» создана на основе политико-административной карты Российской Федерации масштаба 1:6 000 000. Все географические объекты даны в полном объеме исходного картографического материала, изме-



Рис. 3. «Транспортная система Российской Федерации»

нено только графическое и цветовое решение карты. Карта издается в трёх цветах: красный, зеленый, синий, также по желанию заказчика можно для карты сделать иную цветовую гамму.

Рельефное производство карт - молодое, но быстро набирающее обороты направление АО «Роскартография». За год работы созданы рельефные формы для карт Российской Федерации масштаба 1:4 000 000, 1:6 000 000, Приволжского Федерального округа масштаба 1:1 600 000, Сибирского Федерального округа масштаба 1:4 000 000, Арктики масштаба 1:7 500 000 (с учетом рельефа морей и океанов).

На примере карты Российской Федерации масштаба 1:6 000 000 рассмотрим создание рельефной карты.

Открытые данные цифровой модели рельефа (ЦМР) в цветовом режиме Grayscale трансформируются в коническую равнопромежуточную

проекцию (проекцию карты). В графических программах с помощью наложения карты на трансформированную ЦМР проверяется расположение береговой линии, гидрографии и рельефа, на этом же этапе на уровне моря (наиболее тёмным цветом) создаются плашки для заголовка карты, легенды.

Затем подготовленное изображение обрабатывается в программах 3D-графики, пишется программа для разных фрез фрезерного станка. Далее идёт процесс изготовления рельефной формы на фрезерном станке с числовым программным управлением (ЧПУ). Следующий этап – это печать на пластике, вакуумная формовка и приладка перспективного тиража.

Основными потребителями тематической картографической продукции, несмотря на возрождающийся интерес федеральных и региональных органов власти, являются частные



Рис. 4. «Карта Российской Федерации в стиле хай-тек»

лица. Направление разработки и реализации картографической продукции АО «Роскартография» благодаря разработке и размещению широкого ассортимента, в том числе и продукции дочерних обществ – АО «Омская картографическая фабрика», АО «ДВ АГП», АО

«НовгородАГП» и других в интернет-магазинах электронной торговли активно наращивает темпы продаж в 2022 году. Так, с начала года уже более 5 тысяч штук атласов и карт реализованы потребителям в 78 регионах Российской Федерации.



Рис. 5. Рельефная форма на фрезерном станке.

Перспективные российские космические системы радиолокационного наблюдения

А.А. Пешкун

Научный центр оперативного мониторинга Земли,
АО «Российские космические системы», Москва

В настоящее время российская орбитальная группировка (ОГ) космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) обеспечивает информационную поддержку при решении широкого спектра задач в различных сферах государственной хозяйственной деятельности. В ближайшем перспективе планируется наращива-

ние группировки перспективными КА радиолокационного наблюдения (РЛН) «Кондор-ФКА» №1, «Кондор-ФКА» №2 и «Обзор-Р», что существенно расширит возможности отечественной ОГ ДЗЗ.

Характеристики КА «Кондор-ФКА»:

Срок запуска – 2022 г.

Режим съемки	Пространственное разрешение, м	Ширина полосы захвата, км	Радиометрическое разрешение, дБ	Поляризация
ДПР (детальный прожекторный режим)	1 - 2	10	3.0	Г/Г
ДНР (детальный непрерывный режим)	2 - 3	10 – 15	3.0	Г/Г или В/В
ОР (Обзорный режим)	6 - 12	20 – 100	2.0-3.0	В/В
Интерферометрический режим съемки обеспечивается – многопроходный, тандемный				
Высота орбиты – 520 км Срок активного существования – 5 лет			Частотный диапазон РСА - S (10 см) Ширина полосы обзора – 2 x 500 км Диапазон углов визирования – 20° – 55°	

Характеристики КА «Обзор-Р»:

Срок запуска – 2023 г.

Режим съемки	Пространственное разрешение, м	Ширина полосы захвата, км	Радиометрическое разрешение, дБ	Поляризация
ВДК (высокодетальный кадровый режим)	1	10	3	Г/Г, В/В, Г/В, В/Г, В/(В+Г), Г(Г+В)
ДК (детальный кадровый режим)	3	50	3	
УМ (узкополосный маршрутный режим)	5	30	2-3	
	2	10-22	2-3	
М (маршрутный режим)	20	90-200	2	
	40	220-370	1.5	
ШМ (широкополосный маршрутный режим)	200	400	1.5	
	300	600	1.3	
	500	750	1	
Интерферометрический режим съемки обеспечивается – многопроходный				
Высота орбиты - 650 км Срок активного существования – 5 лет			Частотный диапазон РСА - X (3 см) Диапазон углов визирования – 15° – 55°	

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПРОДУКТ	КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ	
	«Кондор-ФКА»	«Обзор-Р»
ПЕРВИЧНАЯ И СТАНДАРТНАЯ ОБРАБОТКА		
Комплексное РЛИ (1А)	+	+
Геореференцированное РЛИ (1Б)	+	+
Геокодированное РЛИ (2А)	+	+
Ортотрансформированное РЛИ (2Б)	+	+
ВЫСОКОУРОВНЕВАЯ АМПЛИТУДНАЯ ОБРАБОТКА		
Геокодированное с опорной информацией РЛИ (2А1)	+	+
Ортотрансформированное с опорной информацией РЛИ (2Б1)	+	+
Радиометрически улучшенное РЛИ (цифровая фильтрация, некогерентное накопление)	+	+
ИП совмещения амплитудных РЛИ	+	+
ИП амплитудного детектирования изменений	+	+
Цифровая карта рельефа (стерео, радарграмметрическая) ЦКР-Р	+	+
ИП комплексирования РЛИ	+	+
ВЫСОКОУРОВНЕВАЯ ФАЗОВАЯ ОБРАБОТКА		
Цифровая карта рельефа (интерферометрическая) ЦКР-И	+	+
Карта когерентности	+	+
Интерферограмма	+	+
Цифровая карта смещений (ЦКС) (Методы DInSAR, PSI, SBAS)	+	+
ИП когерентно совмещённых РЛИ	+	+
ИП амплитудно-когерентного детектирования изменений	+	+
ВЫСОКОУРОВНЕВАЯ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА		
ИП поляриметрической декомпозиции		+
ИП неконтролируемой поляриметрической классификации		+
ИП когерентного детектирования, построенный по данным поляриметрической интерферометрии		+
Мозаика	+	+

Космические комплексы РЛИ позволят решать задачи социально-экономического развития РФ и смогут обеспечивать круглосуточное всепогодное наблюдение континентальных районов Земли и акватории Мирового океана. Использование данных ДЗЗ РЛИ сделает возможным решение следующих задач на качественно новом уровне:

- прогноз, мониторинг и информационное обеспечение мероприятий по ликвидации последствий наводнений, лесных пожаров, снежных лавин, других чрезвычайных ситуаций природного характера;
- своевременное обнаружение, определение площади, конфигурации и масштабов разливов нефтепродуктов по водной поверхности;
- мониторинг динамики развития загрязнения

акваторий нефтепродуктами и сточными водами;

- оценка геологической, геодинамической и неотектонической ситуации, выявление потенциально опасных геологических процессов, объектов и явлений в районах строительства и эксплуатации ответственных объектов;

- мониторинг состояния лесных экосистем и сельскохозяйственных угодий, контроль результатов применения агротехнологий, прогнозирование урожая;

- мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, в том числе определение местоположения границ и площади таких земель, а также выявление негативных процессов (зарастание, ветровая и водная эрозия, засоление).

Платформа PHOTOMOD. Версия 7.3. Новые функциональные возможности

Д.В. Кочергин

АО «РАКУРС», Москва

Темой доклада является новый функционал фотограмметрической платформы PHOTOMOD версии 7.3, анонсированной в августе 2022 года.

Новые функциональные возможности:

Колоризация (раскраска) внешнего облака точек LAS по изображениям проекта.

Построение матрицы высот и TrueOrtho по “внешнему” облаку точек (LAS) в PHOTOMOD AutoUAS.

Ускорение процесса построения 3D-модели с использованием LAS по матрице высот.

Преобразование LAS в матрицу высот и TrueOrtho.

Дополнительные коэффициенты дисторсии при самокалибровке.

Изменения в алгоритме встраивания мостов при ортотрансформировании.

Модификации алгоритма вычисления диаграммы Вороного при создании ортофотопланов.

Отбраковка точек по результатам предварительного уравнивания (объектно-ориентированный коррелятор).

Совместная фильтрация DSM по углу наклона и NDVI/NDWI-индексам.

Запись NDVI-индекса в облако точек LAS при наличии ИК-канала в изображениях проекта.

Прототип классификатора изображений с использованием NDVI.

Новое 3D-окно.

Объединение в файл растров из отдельных файлов-каналов.

Поддержка новых китайских космических сенсоров.

Изменения также затронули алгоритмы фототриангуляции, построения цифровых моделей рельефа, ортотрансформирования, 3D моделирования.

Появились новые возможности в PHOTOMOD AutoUAS и PHOTOMOD Conveyor.

Комплексный подход к решению задачи обнаружения и идентификации объектов на радиолокационных изображениях нейросетевым методом, адаптивным к мультимодальным и поляризметрическим данным

Б.С. Савченко, Н.А. Вьюков, И.В. Елизаветин, А.В. Соболев
АО «РАКУРС», Москва

На современном этапе развития систем дистанционного зондирования Земли особое внимание уделяется наращиванию орбитальных группировок малогабаритных спутников, оснащенных как оптическими и инфракрасными, так и радиолокационными средствами наблюдения. Последние, в силу своих характерных особенностей, способны решать задачи круглосуточного и всепогодного мониторинга земной поверхности. Мониторинг земной поверхности может включать в себя как задачи по контролю сельхозугодий, лесных и водных массивов, так и мониторинг чрезвычайных ситуаций, природных катаклизмов, а также, зон локальных конфликтов. Наличие оперативной информации о классе техники и её координатах даёт стратегическое преимущество как при построении оборонных систем, так и при решении задач гражданского характера.

На данный момент, поиском и классификацией объектов на радиолокационных изображениях (РЛИ), зачастую, занимаются профильные операторы-дешифровщики. В условиях постоянного роста объема получаемых данных, актуальным становится вопрос снижения нагрузки на операторов-дешифровщиков путём автоматизации процесса поиска и классификации объектов.

В силу существенных особенностей РЛИ, обусловленных, главным образом, спецификой дифракции электромагнитных волн радиодиапазона на поверхностях сложной формы, объекты на изображении представляются в виде наборов областей ярких точек. С незначительным изменением ракурса наблюдаемого объекта, угла наблюдения, поляризации, частоты электромагнитной волны, или с изменением других параметров съемки, объект на полученном изображении может в значительной степени изменить свой вид. Описанный эффект ощутимо усложняет задачу поиска и классификации объекта. Ещё одним фактором, снижающим дешифровочные признаки РЛИ и усложняющим решение задачи классификации, является спекл-шум. В этих условиях классические алгоритмы, основанные на корреляционном анализе, не всегда способны обеспечить требуемую точность и скорость работы, так что актуальным становится вопрос применения нейросетевых алгоритмов.

Главным преимуществом искусственных ней-

ронных сетей, является то, что их принцип работы аналогичен принципами организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Нейронная сеть, в отличие от традиционных алгоритмов, должна пройти процесс обучения, в ходе которого она сама выявляет сложные зависимости между входными данными и выходными, и выполняет их обобщение. Характерные признаки, описывающие объект интереса, и решающие процедуры классификации также формируются в процессе обучения системы. В последствии, правильно обученная сеть способна давать верный результат на данных, изначально отсутствующих в обучающей выборке (в том числе на зашумленных или частично искажённых данных).

Так, первым принципиально важным этапом при построении систем, работающих на нейросетевом принципе, является формирование обучающей выборки. На данный момент именно объем и качество обучающей выборки играют определяющую роль в создании эффективных систем распознавания, базирующихся на использовании нейросетей. Обучающая выборка должна быть определена достаточным количеством разнообразных обучающих примеров, отражающих закономерности и правила, которые в ходе обучения будут выделены нейронной сетью, то есть, быть репрезентативной. Репрезентативность обучающей выборки определяется 3 аспектами:

- достаточность — количество изображений в обучающей выборке должно быть достаточным для обучения (для сети Alexnet насчитывается порядка 62 млн обучаемых параметров, сети VGG16 – 138 млн, сети Resnet18 – 11 млн). Если это условие не соблюдается, существует вероятность того, что модель может не приобрести способность к обобщению;

- разнообразие — обучающая выборка должна содержать большое число разнообразных комбинаций входных данных и ожидаемых выходных результатов в обучающих примерах. Нейронная сеть не получит способность к обобщению, если обучающих примеров достаточно, но в выборке для интересующего класса представлены только одинаковые, либо очень похожие друг на друга портреты объектов интереса. Так же, если обучающие изображения обладают высоким уровнем закономерности

расположения на них объектов интереса, модель (в зависимости от архитектуры) может обучиться выделять такие области и не будет проверять остальные, потенциально представляющие интерес;

- равномерность представления классов — классы должны быть представлены в обучающей выборке либо равномерно, либо в соответствии с тем, как они представлены в реальных условиях конкретной задачи.

В сетях, решающих задачу обнаружения и классификации объектов на изображениях, обучающая выборка состоит из набора размеченных изображений, имитирующих реальную обстановку наблюдаемой радиолокатором области. Такие изображения должны обладать всеми характерными признаками, которые ожидаются на целевом РЛИ. К таким признакам можно отнести плотность заполнения изображения объектами интереса, уровень зашумленности изображения и характер спекл-шума.

В приложении для поиска и классификации объектов на РЛИ в составе программного комплекса PHOTOMOD Radar реализованы два подхода к формированию обучающей выборки нейронной сети: первый - при помощи разметки реальных РЛИ и второй - с помощью генерации синтетических обучающих РЛИ.

Программный модуль, реализующий разметку реальных РЛИ, содержит набор инструментов для выделения областей интереса оператором, а также задания их класса. Модуль работает с растром, представленным во внутреннем формате и описывающем обобщённую модель радиолокатора с синтезированной апертурой антенны (РСА). Использование подхода обобщённой модели РСА даёт возможность производить разметку РЛИ независимо от изначального формата представленных данных конкретного датчика. Модуль обладает широким функционалом и позволяет оператору, среди прочего, задавать размерности выходных обучающих РЛИ, тип данных, формат в котором изображения будут сохранены (rdp, tif, bmp), формат представления аннотаций (COCO-json, Dlib-xml, Simple-txt annotation formats). Полученная выборка может быть использована как для обучения, так и для проверки качества обнаружения и классификации с использованием нейронной сети.

В настоящее время в открытом доступе практически отсутствуют наборы реальных радиолокационных портретов (РЛП), которые бы учитывали различные углы наблюдения радиолокатора, ракурс объекта и конкретные параметры съёмки. В таких условиях, возникает потребность в моделировании предположительного синтетического РЛП ин-

тересующей техники. В программном комплексе PHOTOMOD Radar описанная задача решается в соответствующем модуле. Модуль Генерации синтетических эталонов по входной трёхмерной модели объекта и заданным параметрам наблюдения РСА с учётом параметров съёмки, угла места и ракурса объекта формирует эталонные РЛП объектов. Полученный эталон представлен в формате с плавающей точкой размером 4 байта и содержит относительные коэффициенты обратного рассеяния. Такой эталон может быть использован для корреляционного поиска объектов на РЛИ, однако, не может быть использован для генерации обучающей выборки нейронной сети, поскольку он в значительной мере не соответствует фактическому виду этого объекта на реальном РЛИ.

Существующий генератор синтетических портретов не учитывает случайные флуктуации фазы. Так, при повторной генерации эталона без изменения параметров съёмки в сформированном РЛП не произойдет никаких изменений. Таким образом, для каждого угла места имеет смысл генерировать только один эталон, ибо вновь сгенерированный эталон будет являться его полной копией. Эта особенность определяет ключевую проблему в формировании репрезентативной синтетической обучающей выборки – недостаточное разнообразие образов объекта интересующего класса для каждого конкретного ракурса и угла наблюдения. Для решения этой проблемы был разработан метод, представленный на рисунке ниже.

Модуль генерации обучающей выборки позволяет создавать наборы искусственных РЛИ, имитирующих фоно-целевую обстановку в условиях ограниченности или отсутствия реальных данных. В состав модуля входят 3 блока: блок формирования наборов синтетических эталонов; блок корреляционного отбора синтетических эталонов и блок формирования обучающих изображений.

Полученный на выходе генератора эталонов РЛП проходит этап синтезирования - создания набора эталонов, отличающихся друг от друга площадью областей ярких точек и фактическими значениями ярости, что способствует искусственному повышению вариативности синтезированных эталонов. На вход блока формирования наборов синтетических эталонов подаётся сгенерированный РЛП и РЛИ, относительно которого будет произведен пере счёт относительных коэффициентов обратного рассеяния в яркость. На выходе блока имеем

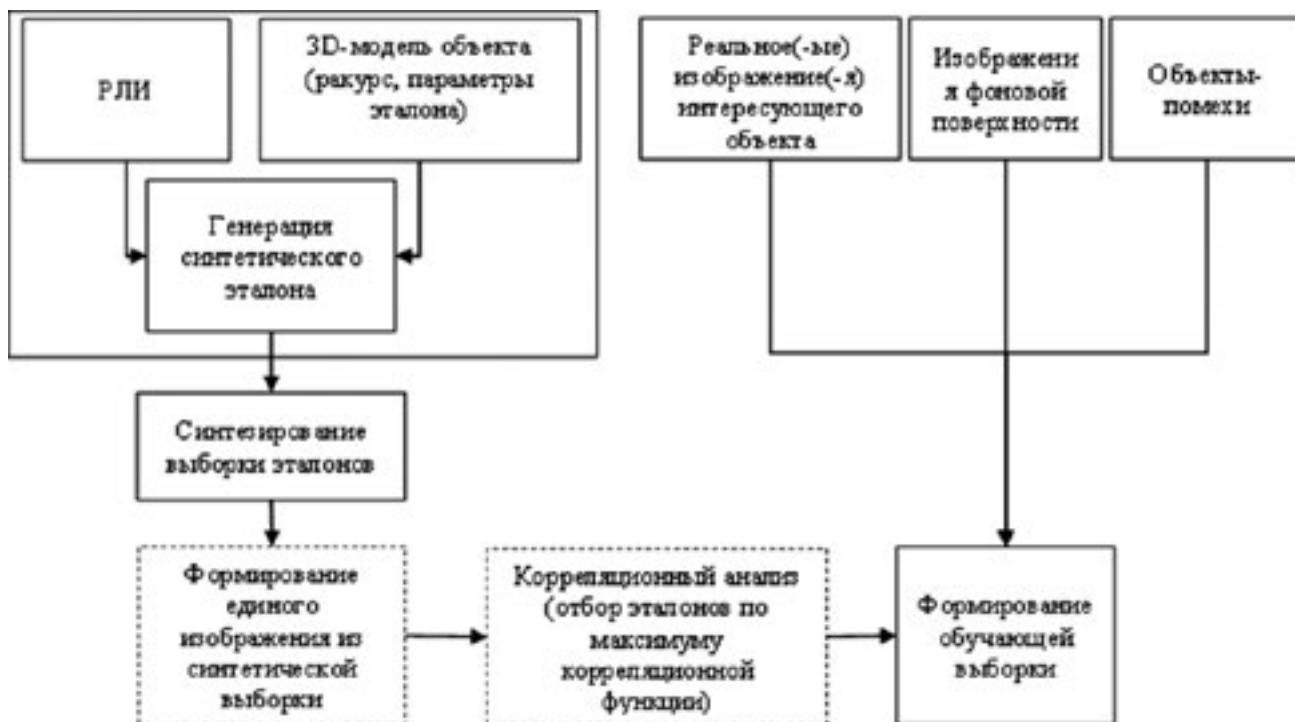


Рисунок 1. Схема формирования обучающей выборки.

набор вариативных искусственно-синтезированных эталонов, отличающиеся от имеющих комбинациями отражающих точек и степень отражения этих точек. Такие эталоны, потенциально, уже могут быть использованы для формирования обучающих изображений нейронной сети.

Блок корреляционного отбора синтетических эталонов ближайших к реальному портрету позволяет из преданных на вход программы эталонов отобрать лишь те, которые обладают наибольшим уровнем взаимной корреляции. Такие синтетические эталоны более приближены к реальным и, за счёт своего количества, формируют вариативность представления объекта интереса для указанного ракурса и угла наблюдения, что при обучении позволит повысить обобщающую способность нейронной сети. Блок отбора эталонов, имеющих наибольший уровень корреляции с реальным изображением представлен на рисунке 1 (отмечен пунктирной рамкой). Этот этап не является обязательным, но рекомендуется для использования, если для синтезированного эталона имеется в наличии как минимум один реальный портрет искомого объекта, совпадающий по углам наблюдения, ракурсу и параме-

трам радиолокатора.

Блок формирования обучающих изображений позволяет объединять имеющиеся в доступе изображения фоновой поверхности, изображения объектов интересующих классов и объектов-шумов в единое РЛИ тем самым, моделируя предположительную ситуацию их расположения. Также, блок подготавливает входные данные в специфическом для выбранной нейросети формате для дальнейшего обучения. Таким образом, от оператора не требуется никаких временных затрат на ручную разметку больших объемов данных. В работе блока реализовано 2 алгоритма генерации синтетических обучающих РЛИ – статический и итерационный. Использование двух алгоритмов в комбинации позволяет моделировать как ситуации плотного расположения объектов одного класса с отсутствием объектов-шумов, что характерно для стоянок техники, аэропортов и т.п., так и ситуации, когда на изображении представлены объекты разных классов с низкой плотностью расположения. При этом, статический метод менее ресурсо-затратный и выполняется быстрее, чем итерационный, однако, обладает низким уровнем нелинейности в расположении объектов. Итерационный

метод позволяет внести нелинейность в закон распределения объектов на изображении за счёт случайного расчёта координат для вставки объекта.

Наличие размеченной обучающей выборки определяет возможность провести обучение нейронной сети. В программном комплексе PHOTOMOD Radar имеется возможность выбора между разными конфигурациями сети Faster-RCNN и RetinaNet в зависимости от решаемой задачи и имеющихся вычислительных ресурсов. Архитектуры сетей были модифицированы под поддержку радиолокационных данных с высоким динамическим диапазоном, что позволяет получать более обширную и полноценную информацию о представленных на них объектах. Оператор имеет возможность корректировать гиперпараметры нейронной сети для более эффективного обучения. По-

сле запуска процесса обучения сети, функции оператора сводятся к контролю работы программы и периодическому анализу отчётов о ходе обучения. По окончании процесса обучения, сформированные весовые коэффициенты нейронной сети могут быть использованы для обнаружения и классификации объектов на новых данных.

В рамках тестирования программного комплекса решались задачи инфраструктурного мониторинга, мониторинга морской поверхности, прибрежных зон, а также, мониторинга аэродромов.

Для обучения и тестирования сети были использованы разновременные снимки, полученные аппаратом TerraSAR-X (X-диапазон, НН-поляризация). Результаты обнаружения объектов класса “нефтедобывающая вышка” представлены на рисунке 2.

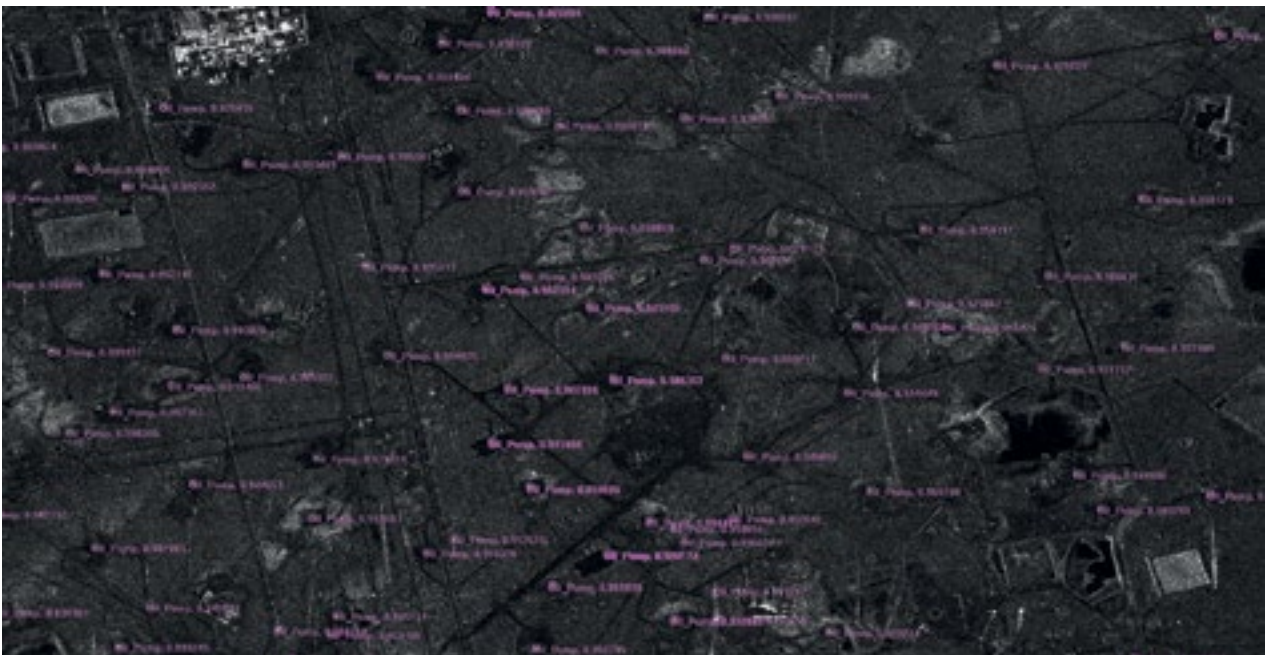


Рисунок 2. Пример обнаружения и классификации нефтяных вышек на РЛИ (фрагмент снимка TerraSAR-X, Kuwait, Burgan oil field).

В рамках другого проекта, обучение сети производилось на сгенерированной синтетической выборке, в состав которой входили реальные РЛП объектов интереса. Тестирование проводилось на снимке, полученном аппара-

том Кондор-Э (S-диапазон, НН-поляризация). Результаты обнаружения объектов класса “В-52”, “КС-135”, “С-5”, “РЗ-С” представлены на рисунках 3, 4.



Рисунок 3. Пример обнаружения и классификации самолётов на РЛИ (фрагмент снимка Кондор-Э, авиабаза Дэвис-Монтен, город Тусон, США).



Рисунок 4. Пример обнаружения и классификации самолётов класса P-3C (фрагмент снимка Кондор-Э, авиабаза Дэвис-Монтен, город Тусон, США).

Предварительные результаты работы нейронной сети Faster-RCNN-FPN показывают максимальную точность обнаружения и классификации объектов равной 97.93% при пороге обнаружения 0.7. Количество ошибочно классифицированных объектов при такой границе, равно 14. Повышение порога обнаружения на 0.2 позволяет снизить количество ложных сра-

батываний до 8.

Результаты мониторинга акватории порта на интерферометрических снимках, полученных аппаратом TerraSAR-X (X-диапазон, НН-поляризация) представлены на рисунке 5. Для обучения и тестирования сети были использованы разновременные снимки.



Рисунок 5. Пример мониторинга портовой акватории на предмет наличия кораблей (фрагмент снимка TerraSAR-X, город Барселона, Испания).

Результаты обнаружения кораблей на снимке, полученном аппаратом GaoFen-3 (С-диапазон, VV-поляризация, режим съемки ScanSAR) представлены на рисунке 6. Для тестирования использовалась модель, ранее обученная на обнаружение кораблей на интерферометрических снимках, полученных аппаратом TerraSAR-X.

Таким образом, на сегодняшний день, в программном комплексе PHOTOMOD Radar реализованы прототипы модулей и инструментов

для подготовки данных, формирования обучающей выборки нейронной сети, обучения сети и обнаружения объектов с использованием обученной модели. Предложен подход, позволяющий обеспечить полную автономность работы в рамках одного программного комплекса. В рамках тестирования программного комплекса получены результаты, демонстрирующие возможность применения нейронных сетей для обнаружения и классификации объектов на снимках, получаемых РСА в разных поляриза-

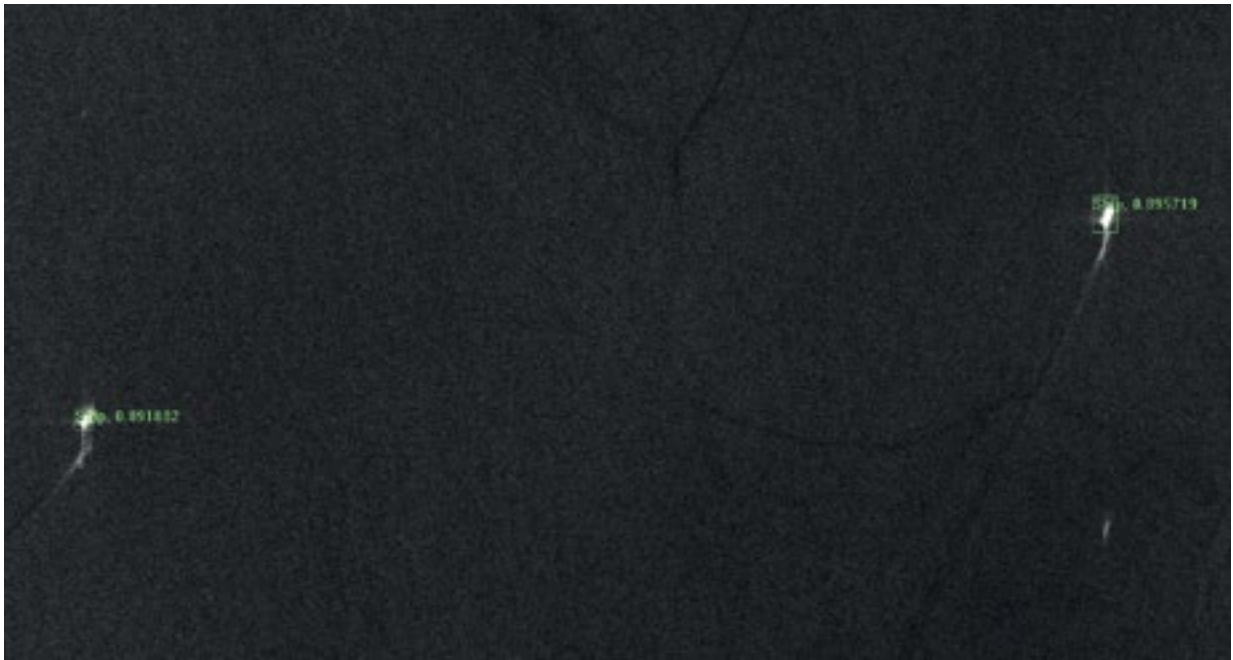


Рисунок 6. Пример обнаружения кораблей (фрагмент снимка GaoFen-3, Охотское море, район острова Сахалин).

циях и при различных длинах волн. При грантовой поддержке фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере ведётся работа по созданию прак-

тически применимого коммерческого продукта нейросетевой обработки радиолокационных данных на базе уже имеющихся наработок.

Модернизация и развитие ГГС и ГВО в Арктической зоне. Проблемы и опыт.

Е.В. Бровков

АО «Аэрогеодезия», Санкт-Петербург

На совещании по вопросам развития Арктической зоны 13 апреля 2022 г. президентом РФ В.В. Путиным было указано, что всем проектам и планам, связанным с Арктикой, нам необходимо уделять особое внимание. Таким образом, актуальность темы подтверждается на самом высоком уровне.

Целью работы является изучение особенностей производства и всестороннего обеспечения геодезических работ в Арктической зоне.

Объектом работы являются созданные пункты ФАГС, ВГС и СГС-1 в Арктической зоне силами АО «Аэрогеодезия».

Предмет работы: подготовка рекомендаций по модернизации и развитию ГГС и ГВО в Арктической зоне.

В результате анализа топогеодезической обеспеченности Арктики было установлено, что последние полевые работы по созданию и развитию геодезических сетей производились в 70-е годы прошлого века. Плановые сети имеют необходимую плотность только на побережье материка. В силу использованных методов, пункты расположены в труднодоступных местах и имеют недопустимые погрешности определения координат. Высотные пункты на материке, расположенные на вечной мерзлоте и склонах подверженных эрозии, изменили свое положение вплоть до полуметра. На островах Арктики и вовсе нет пунктов в Балтийской системе высот.

Другой проблемой Арктики была и остаётся логистика грузов и людей к местам выполнения работ, а также сезонность. При производстве работ следует учитывать возможность повреждения оборудования дикими животными.

В рамках выполненных работ по закладке пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1 в условиях Арктики АО «Аэрогеодезия» разработало новые типы центров для геодезических спутниковых сетей. Целью разработки являлось сокращение расходов на логистику грузов и строительного оборудования в труднодоступные места. За основу для проектирования были взяты согласованные с Росреестром пилоны для пунктов ФАГС, размещаемые в Антарктиде. Предлагаемые центры изготавливаются на производстве. К месту закладки доставляются непосредственно пилон, арматура и ручной электроинструмент. Общий вес груза сокращается в 5-10 раз. Кроме того, использование данной технологии позволяет проводить спутниковые геодезические наблюдения непосредственно после завершения монтажных работ.

В целях передачи высот и дальнейшего развития высокоточной геодезической сети предлагается на всех уровнях постах Росгидромета, не имеющих отметки в балтийской системе высот, установить и определить совмещенный гравиметрический и ВГС пункт. Такое развитие сети позволит обеспечить картографирование Арктики в кратчайшие сроки.



ГЛОНАСС

ВЕСТНИК

Журнал – инновационная интегрированная комплексная медиа-платформа в области практического использования спутниковой навигации в отраслях экономики страны и жизнедеятельности человека.



vestnik-glonass.ru



info@vestnik-glonass.ru



vk.com/vestnik_glonass



www.facebook.com/vestnikglonass



twitter.com/Vestnik_GLONASS



БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

<https://vestnik-glonass.ecwid.com/>

Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС77-64831 от 02.02.2016 года

Фотограмметрическая платформа PHOTOMOD™

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДЗЗ

PHOTOMOD ЦФС
PHOTOMOD UAS, AutoUAS

PHOTOMOD GeoMosaic
PHOTOMOD Radar

ОБЛАЧНЫЕ И КОНВЕЙЕРНЫЕ
РЕШЕНИЯ

PHOTOMOD Conveyor
PHOTOMOD StereoClient

PHOTOMOD @ GeoCloud
PHOTOMOD @ cloudeo

БЕСПЛАТНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

PHOTOMOD Lite
PHOTOMOD GeoCalculator
PHOTOMOD Radar Viewer

Direct Georeferencing
Datum Parameters

PHOTOMOD В МИРЕ

80

стран

1200

организаций

3500

лицензий

10000

рабочих мест



ОРГАНИЗАТОРЫ



РАКУРС



Роскартография



РОСКОСМОС



Росреестр

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ | 2022



Совместная
международная научно-
техническая конференция

ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ:

КОСМИЧЕСКИЕ
И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ,
ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

