

XXIV МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ:
**КОСМИЧЕСКИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ,
ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

22-25 СЕНТЯБРЯ 2025

ЕКАТЕРИНБУРГ





РАКУРС

- 30 лет на рынке геоинформатики
- Разработка программного обеспечения
- Картографические и фотограмметрические работы
- Поставка данных ДЗЗ
- Участие в НИР и ОКР
- Техническая поддержка
- Консалтинг

ОБРАБОТКА ОПТИЧЕСКИХ И РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ



PHOTOMOD



PHOTOMOD
ЦФС



PHOTOMOD
Radar



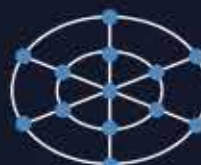
PHOTOMOD
3D-MOD



PHOTOMOD
Conveyor



PHOTOMOD
GeoMosaic



PHOTOMOD
Radar Neuro



PHOTOMOD
UAS



PHOTOMOD
AutoUAS



PHOTOMOD
StereoMeasure



PHOTOMOD
Neuro



PHOTOMOD
StereoClient



PHOTOMOD
GeoCloud



АО «Ракурс»
+7 495 720-51-27
info@racurs.ru
<https://racurs.ru>

ВЫБЕРИ НУЖНЫЙ РАКУРС!

Уважаемые коллеги!

АО «Ракурс» на протяжении десятилетий организует Международную научно-техническую конференцию «От снимка к цифровой реальности: дистанционное зондирование Земли и фотограмметрия». В 2021 году конференция получила новое название: Международная научно-техническая конференция «ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные, технологии обработки» и вышла на качественно новый уровень, расширив тематику, представительность и состав участников.

Целью Совместной конференции является выстраивание профессиональных мостов между участниками рынка, обмен опытом, региональными практиками и лучшими решениями в сфере картографии и геоинформатики, фотограмметрии, космической деятельности.

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

Конференция «Цифровая реальность: космические и пространственные данные, технологии обработки» является базовой коммуникационной площадкой для обсуждения задач развития ДЗЗ и фотограмметрии, картографии и смежных наук, инновационного развития, коммерциализации геопространственных и космических данных, формирования коопераций для эффективной реализации национальных программ и совершенствования отраслевой нормативно-правовой базы.

Мы уверены, что в этом году в Екатеринбурге соберутся коллеги, партнёры и друзья — представители предприятий и организаций нашей отрасли, чтобы поделиться своими успехами, установить новые контакты, показать и обсудить технологии, которые будут определять будущее картографии, геодезии, фотограмметрии и дистанционного зондирования Земли.

С уважением,

Оргкомитет XXIV Международной научно-технической конференции

«ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные, технологии обработки»

Материалы конференции
22—25 сентября, 2025, Екатеринбург, Россия

СОДЕРЖАНИЕ

А. В. Смирнов. Ретроспектива развития PHOTOMOD по обработке БВС (БПЛА) съёмки, АО «РАКУРС» — МИИГАиК.....	3
П. Г. Илюшина, Д. М. Демчев, А. А. Пантелеев. Алгоритмы обработки данных ДЗЗ для определения характеристик ледяного покрова.....	4
Н. А. Герасимов. Оцифровка карт с помощью нейросетей: технологии, вызовы и перспективы.....	6
А. В. Мазуркевич. Метрологическое обеспечение высокоточных наземных лазерных координатно-измерительных средств измерений.....	12
М. П. Богданович, К. А. Васильцов, А. А. Золотой, Е. Е. Коноплин. Программный комплекс для автоматизированного сличения объектов местности по данным аэрофотосъёмки камерой Leica ADS100.....	14
Д. А. Харитонов. Космические и спутниковые решения от Джавад GNSS.....	16
Д. В. Кочергин. Платформа PHOTOMOD. Версия 8.1. Новые функциональные возможности.....	18
П. П. Кукулина. Применение мобильного лазерного сканирования со SLAM-технологией для создания и обновления цифровой картографической продукции: снижение зависимости от ГНСС, сбор метрически точных и наглядных пространственных данных.....	19
Г. Г. Побединский. Стратегия упразднённой отрасли.....	20
В. Я. Ширипов, Н. А. Долгий, П. А. Поздняков, С. Л. Перко, В. С. Куксов. Современные подходы в создании многозонных интерференционных светофильтров для бортовой аппаратуры КА ДЗЗ видимого и ближнего ИК-диапазона.....	30
М. О. Кучма, А. В. Бородицкая, Ю. А. Шапилова. Применение технологий ИИ в ДЗЗ для получения тематической информационной продукции в НИЦ «Планета».....	34
С. Г. Мышляков. Платформа данных компании Спутникс — инструмент оперативного спутникового мониторинга для решения прикладных задач.....	36
Р. В. Пермьяков. Космические данные ДЗЗ и технологии PHOTOMOD для их обработки.....	38
О. И. Козлов, С. В. Староверов, С. С. Нехин, А. Н. Рубенок. Тестовый фотограмметрический полигон для испытаний и калибровки аэрофотосъёмочных систем.....	40
Е. И. Холодов, А. К. Малков, Ю. А. Амелеченко. Возможности ГИС систем НИЦ «Планета» для решения задач мониторинга окружающей среды.....	42
Чжан Хуанхуэй, Э. Д. Кузнецов. Мониторинг оседания поверхности линейных гидротехнических объектов с помощью технологии SBAS-InSAR.....	44
А. В. Капустина, Д. О. Дрыга, Т. Н. Скрыпицына. Фотограмметрия: ключ к объективным данным в медицинской карте.....	50
С. С. Нехин, А. Н. Рубенок, Н. М. Бабашкин, А. А. Ковров. Новые нормативно-технические документы в области лазерного сканирования.....	52
Е. С. Бекчанова, А. Ю. Лапшин, Р. Р. Хамитов, А. Г. Марин, Г. Э. Мельник. Создание и развитие онлайн-сервиса обработки данных спутниковых наблюдений.....	58
Е. А. Бровко. Перспективные технологии использования данных дистанционного зондирования Земли, в том числе, на основе искусственного интеллекта, для мониторинга изменений объектов местности.....	61
И. В. Колгушкина, И. В. Елизаветин, Н. С. Левина, А. Н. Рабочий, совместно с представителями АО «Ракурс». Дифференциально-интерферометрическая обработка серии радиолокационных изображений с КС «Кондор-ФКА» на Гавайские острова.....	65
И. В. Колгушкина, И. В. Елизаветин, Н. С. Левина, А. Н. Рабочий совместно с представителями АО «Ракурс». Исследование возможностей интерферометрической обработки радиолокационных данных космической системы «Кондор-ФКА».....	67
М. И. Макеров, Р. Г. Евсютин. Технология промышленного производства геопространственной продукции.....	69
В. Н. Максимова. Использование проблемных объектов природопользования на основе управления геоинформацией в целях пространственного развития региона.....	71
Д. Я. Говорин. Применение данных ДЗЗ для определения характеристик сельскохозяйственных угодий.....	73
А. Г. Князев, Лю Лян, Ф. З. Зарипова, Э. Д. Кузнецов. Применение InSAR-технологии при наблюдении деформаций искусственных сооружений на застроенной территории.....	75
Ф. З. Зарипова. Оценка точности геометрического нивелирования I класса.....	76
Н. О. Старосотников, Е. А. Шпаковский. Съёмочные оптико-электронные аппараты для группировок миниспутников.....	78
А. Д. Чекурин. Возможности обработки российских радиолокационных данных в пакете Photomod Radar.....	80
А. Ю. Лапшин, В. В. Попадьев, Г. Э. Мельник. Концепция развития спутниковых геодезических сетей.....	81

РЕТРОСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ PHOTOMOD ПО ОБРАБОТКЕ БВС (БПЛА) СЪЁМКИ

А. В. Смирнов

АО «РАКУРС», МИИГАиК, Москва, Россия

Аэрофотосъёмка (АФС) с использованием беспилотных воздушных судов (БВС) является важным инструментом в современном картографировании местности, предоставляя оперативный способ сбора геопространственной информации. Благодаря своей мобильности и возможности работы в труднодоступных местах, БВС значительно упрощают процесс аэрофотосъёмки. Тем не менее, фотограмметрическая обработка съёмки с БВС связана с множеством трудностей и нюансов, что влечёт за собой дополнительную нагрузку и специальную разработку программного обеспечения.

Первые аэрофотоснимки, полученные с помощью беспилотных воздушных судов, были доставлены в компанию «Ракурс» в 2010 году. В фотограмметрической обработке применялись классические подходы, такие же, которые работали при профессиональной аэрофотосъёмке камерами

DMC, UltraCam, Dimac. После первых тестов были сделаны выводы о неэффективности классических алгоритмов.

Первой версией, в которой проводились тесты с БВС снимками, была PHOTOMOD 5.0.

С тех пор за прошедшие 15 лет было выпущено 19 версий программы. Были разработаны PHOTOMOD UAS — специальная программа для обработки данных беспилотных воздушных систем, и PHOTOMOD AutoUAS — полностью автоматическая программа для обработки данных с беспилотников.

В процессе разработки программы и адаптации под БВС съёмку были разработаны новые мощные алгоритмы измерения связующих точек, уравнивания блока, калибровки камеры, создания плотных моделей поверхности, 3D-моделей местности.

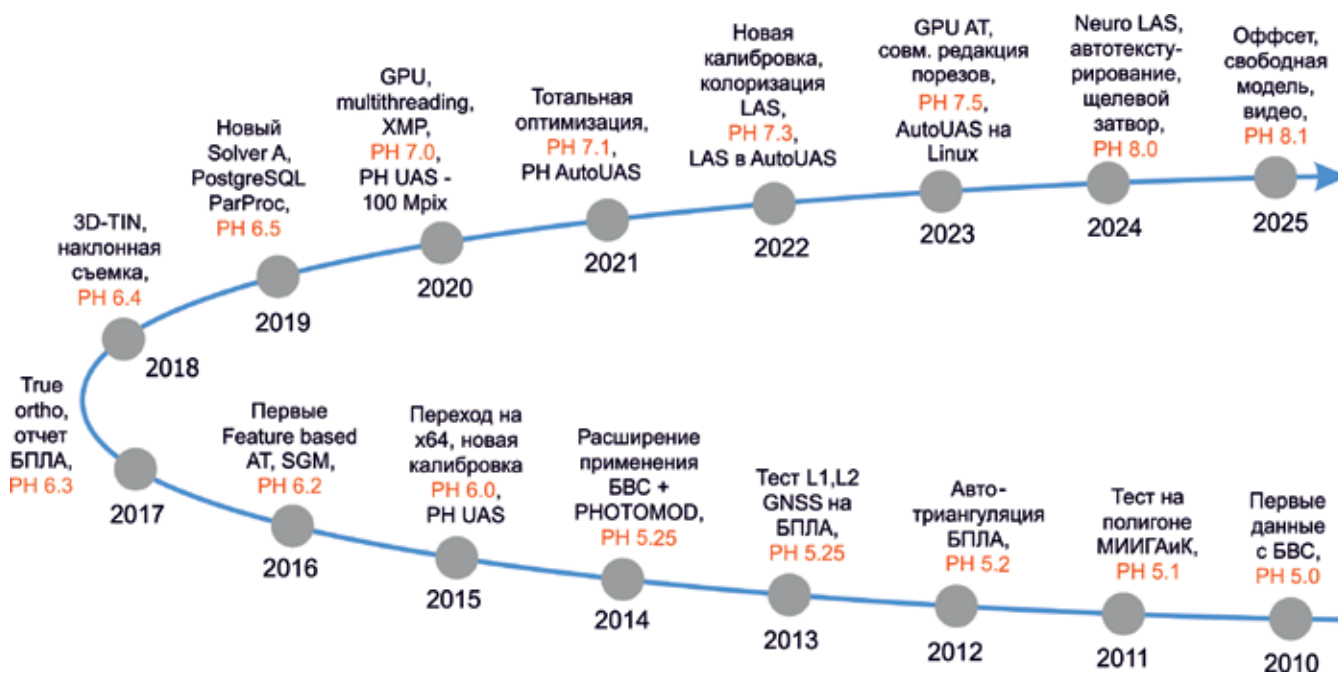


Рисунок 1 — История развития PHOTOMOD по обработке БВС съёмки

В докладе рассматривается история развития семейства программного обеспечения PHOTOMOD по обработке БВС съёмки по годам.

АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

П. Г. Илюшина, Д. М. Демчев, А. А. Пантелеев
ООО «ЦМИ МГУ», Москва, Россия

В ООО «ЦМИ МГУ» ведётся разработка алгоритмов автоматизированного мониторинга ледовой обстановки в арктических морях на основе спутниковых данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) разного пространственного разрешения. В качестве основных данных используются радиолокационные снимки Sentinel-1 (режимы EW и IW), для которых представлены алгоритмы предобработки данных, включая подавление инструментального и спекл-шума, улучшения радиоярких контрастов, методы детектирования областей торошенного (деформированного) льда на основе текстурного анализа и машинного обучения, а также алгоритм определения поля скоростей дрейфа льда. Результаты верифицируются с использованием данных о топографии поверхности льда по данным спутниковой лазерной альтиметрии (IceSAT-2), оптических снимков (Suomi-NPP/VIIRS, Sentinel-2) и траекторий дрейфующих буёв.

В составе алгоритма предварительной обработки (получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2 025 615 085) реализована радиометрическая калибровка, которая приводит значения исходного радиолокационного изображения (DN) в значения удельной эффективной площади рассеяния (σ^0). Для подавления инструментального (термального) шума применялся усовершенствованный алгоритм NERSC, который демонстрирует лучшие результаты по сравнению со стандартным методом ESA для кросс-поляризационных каналов и областей с низкими значениями обратного рассеяния. Для повышения качества экспертной интерпретации изображений применялась локальная коррекция контрастов с помощью алгоритма CLAHE, а также подавление проявлений спекл-шума медианным фильтром. Обработанные сцены проецировались в полярную стереографическую проекцию (EPSG:3413) и использовались для построения точных мозаик акватории морей.

В ООО «ЦМИ МГУ» разработано несколько алгоритмов определения характеристик ледяного покрова по космическим снимкам: алгоритм детектирования деформированного льда, расчёта скорости и направления дрейфа льда, выделения крупных ледяных полей, расчёта вероятности наличия льда в акватории на заданную дату.

1. Алгоритм детектирования деформированного льда (получено свидетельство о регистрации

программы для ЭВМ № 2 025 615 083). Прямое разделение ровного и торошенного льда по пороговым значениям σ^0 затруднительно из-за значительного перекрытия их гистограмм. Для решения этой проблемы разработан алгоритм на основе машинного обучения, который в качестве входных признаков использует текстурные характеристики, вычисленные на основе собственных значений матриц Гесса, с помощью которых выделяются границы линейных и кластерных структур торосов независимо от их ориентации. В качестве метода машинного обучения используется Random Forest, обученный на размеченном экспертами наборе данных. Результаты детектирования проверялись путём сопоставления с данными VIIRS (в безоблачных условиях) и профилями высоты льда с IceSAT-2, с помощью которых определяются аномалии, связанные с торосами.

2. Алгоритм определения дрейфа льда восстанавливает поля скоростей дрейфа (получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2 025 615 084) по парам последовательных радиолокационных изображений с интервалом от 0,5 до 5 суток. Используется комбинированный подход, включающий прослеживания особых точек (feature tracking) на основе градиентного описания их окрестностей (дескрипторов), и многомасштабный кросс-корреляционный анализ изображений для надёжного определения фактических перемещений льда как в сплочённых льдах, так и в условиях интенсивной динамики прикромочных зон. В качестве выходных данных формируются векторные карты (GeoJSON) с модулем и направлением скорости дрейфа с пространственным шагом от 800 м. Точность алгоритма оценивается путём сравнения с траекториями дрейфующих буёв с помощью метрик RMSE, MSE и MAE.

3. Алгоритм детектирования крупных ледяных полей. Для разработки алгоритма определения ледяных полей был подготовлен массив размеченных изображений Sentinel-1 для Карского и Восточно-Сибирского морей, содержащий границы ледяных полей на основе обработки 200 сцен. В качестве ядра алгоритма были выбраны нейросетевые архитектуры EfficientNet и SAM, на которых было проведено обучение и валидация результатов. Комбинация данных сетей показала высокую эффективность обнаружения границ различных ледяных полей как в условиях прикромочной зоны,

так и в сплочённом льду. Алгоритм позволяет реконструировать границы полей даже в случаях частичного наличия контрастов.

4. Алгоритм расчёта вероятности наличия льда в акватории на заданную дату выполняет расчёт на основе архивных данных о наличии ледяного покрова в акватории и долгосрочных прогнозов. В результате формируется растровое изображение, где в каждом пикселе указано значения вероятности наличия льда от 0 до 1.

Таким образом, в рамках выполнения производственных задач в ООО «ЦМИ МГУ» разработаны и протестированы основные компоненты системы автоматизированного мониторинга ледовой обстановки. Методика демонстрирует высокую эффективность при обработке данных Sentinel-1 и их интеграции с другими источниками ДЗЗ, и может быть интегрирована как информационная компонента системы ледового менеджмента.

ОЦИФРОВКА КАРТ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕЙ: ТЕХНОЛОГИИ, ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Н. А. Герасимов

Филиал ППК «Роскадастр» «Уралгеоинформ», Екатеринбург, Россия

Введение

В эпоху цифровой трансформации оцифровка карт становится ключевым этапом для сохранения исторического наследия и оптимизации работы с геопространственными данными. Традиционные методы цифровой векторизации трудоёмки и подвержены ошибкам. Нейросети предлагают революционный подход, автоматизируя распознавание объектов и ускоряя процесс. Этот доклад исследует, как нейросети меняют подход к картографии, проверять это будем в следующих программах: Qgis, MapFlow, GIS Panorama.

Задачи оцифровки и роль нейросетей

Основная цель — преобразование растровых изображений (цифровых ортофотопланов, растровых изображений) в векторные форматы с распознанными объектами: дорогами, зданиями и т. д. Нейросети решают несколько задач:

1. Сегментация изображений — выделение областей, соответствующих разным классам объектов.
2. Детекция объектов — идентификация символов, подписей, условных обозначений.
3. Векторизация — преобразование пиксельных контуров в линии и полигоны.

Обучение нейросетей: данные и аугментация

Качество моделей зависит от обучающих данных. Используются размеченные датасеты, такие как ONNX Open Neural Network Exchange или пользовательские наборы. Аугментация (повороты, искажения, наложение артефактов) повышает устойчивость к вариациям входных данных. Важна балансировка классов, чтобы модель не игнорировала редкие объекты (например, колодцы на сельских картах).

Технологические вызовы

- Низкое качество исходников: пятна (размытые участки), низкое разрешение, перекосы (растяжение/сжатие сканов старых карт). Решение: предобработка GAN-сетями. Например, EnhanceNet — нейросеть для улучшения качества изображений. Она использует глубинное обучение и высокопроизводительные алгоритмы, чтобы по-

вышать разрешение фотографий, делать их более чёткими и детализированными.

- Семантическая сложность: пересечение объектов (дорога через реку). Здесь помогает постобработка правилами GIS.
- Языковые барьеры: распознавание рукописных или устаревших шрифтов (OCR на основе Transformer-моделей).

Примеры применения

- Используют для автоматизации производства по обновлению карт.
- Извлечение семантической информации из изображения и пространственных данных.
- Коммерческие решения: компании Mapillary используют ИИ для обновления карт в реальном времени.

Преимущества и ограничения

- Скорость: обработка тысяч листов за дни вместо месяцев.
- Точность: снижение человеческих ошибок.
 - Ресурсоёмкость: требование к GPU (графический процессор) для обучения.
 - Зависимость от данных: низкое качество исходников снижает результат.
 - Использовать можно для векторизации масштабов 1:2 0500 и 1:5 000.

Перспективы

Интеграция с GIS и IoT (Интернет вещей (internet of things) — это сеть физических устройств, подключённых к интернету, которые собирают, передают и анализируют данные): автоматическое обновление карт по данным датчиков.

- 3D-реконструкция: построение объёмных моделей местности из старых топокарт.
- Генеративные модели: создание синтетических карт для тренировки моделей.

Примеры использования нейросетей

В данной статье рассматривались 3 программы: **QGIS с модулем Deepness (бесплатное пользование)**

Модуль Deepness — плагин для геоинформационной системы QGIS, который позволяет интегри-

ровать современные модели глубокого обучения для обработки и анализа данных дистанционного зондирования (ДЗЗ).

Возможности:

- Классификация спутниковых снимков. Deepness автоматически определяет типы объектов, таких как растительность, водные объекты или застройка.
- Семантическая сегментация. Изображение разделяется на тематические классы — лес, дорога, здания и другие элементы.
- Обнаружение объектов на изображениях. Это полезно для мониторинга инфраструктуры или отслеживания изменений в ландшафте. Например, можно выявить вырубку леса или строительство новых объектов на основе сравнения изображений, сделанных в разные временные периоды.
- Работа с предобученными моделями. Это значительно сокращает время подготовки и анализа данных.

Технологической основой плагина являются библиотеки TensorFlow и PyTorch, которые предоставляют доступ к передовым архитектурам глубокого обучения.

Deepness делает сложные технологии доступными даже для пользователей без специальной подготовки в области машинного обучения.

На рисунке 1 можно увидеть, как загрузить модель ONNX и задать ей параметры для распознавания аэроснимка.

По окончании обработки программа создаёт 2 слоя: один слой полностью с тем, что запрашивали (дороги, здания), второй — всё, что не относится к ним.



Рисунок 1 — Окно плагина Deepness

MapFlow (платное пользование)

Mapflow — это платформа для обработки изображений с использованием искусственного интеллекта (ИИ). Она предоставляет модели для извлечения данных и доступ к спутниковым и аэроснимкам.

Возможности:

- Автоматическое получение футпринтов зданий. Это контуры зданий с типологией, высотами и расчётом проживающего населения.



Рисунок 2 — Результат работы нейросети Deepness



Рисунок 3 — Результат ручной векторизации

- Картирование лесной растительности. Классификация по породным характеристикам и высотам для лесного хозяйства и контроля охранных зон.
- Детектирование строительства. Обнаружение строительных площадок и строящихся зданий для обновления карт и принятия решений.
- Выделение дорог. Выделение маски и классификация дорог для привязки треков и навигации.
- Сегментация сельскохозяйственных полей. Разделение отдельных сельскохозяйственных полей по спутниковым снимкам высокого разрешения.

Платформа включает в себя:

- Mapflow Web. Приложение обеспечивает привлечение функций с использованием моделей ИИ по интерфейсу без кода.

- Плагин MAPFLOW QGIS. Плагин для работы в бесплатной и полностью профессиональной ГИС.

- Mapflow API. Сторонняя интеграция программного обеспечения для разработчиков, которая увеличивает возможности решений, добавляя инструменты картирования ИИ.

На рисунке ниже представлен интерфейс Mapflow Web. Локализация есть на русском языке, сначала выбираем источник данных его можно нарисовать на карте или подгрузить свой в формате .GeoJSON, далее выбираем модель нейросети, которая будет нам обрабатывать нашу область, выбрать можно только 1 вариант, по окончании результат можно просмотреть и, если есть платная подписка, сохранить.

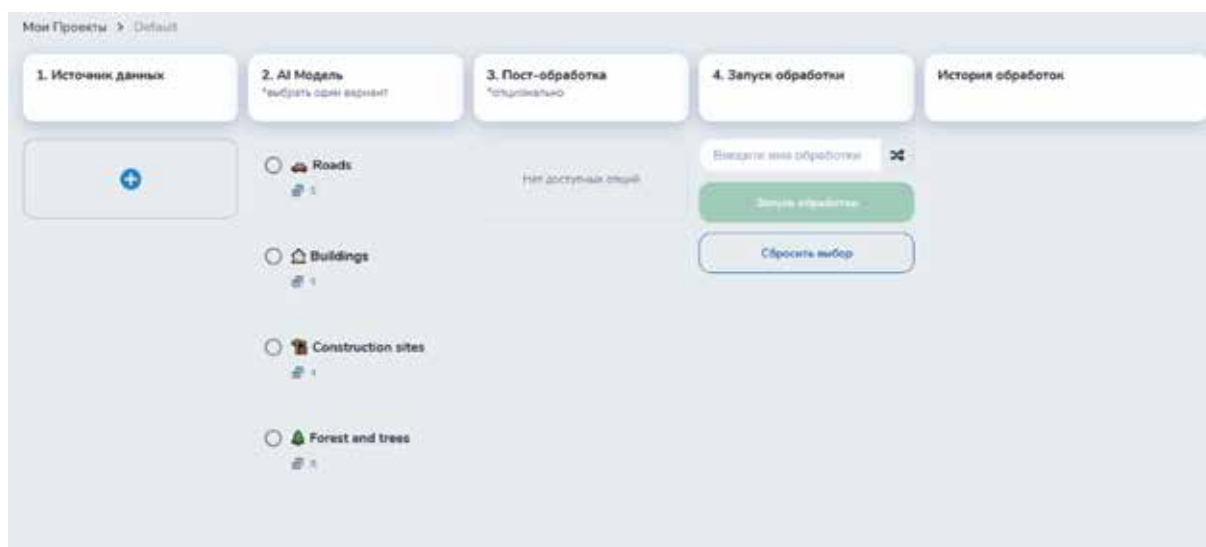


Рисунок 4 — Окно интерфейса MapFlow



Рисунок 5 — Результат работы нейросети MapFlow



Рисунок 6 — Результат ручной векторизации

GIS Panorama (условно бесплатная)

В компании КБ Панорама серьёзный подход к технологическому прорыву, они создали комплекс автоматического распознавания и векторизации «Panorama Vision». Созданный комплекс на Python работает на СНС (Сверточных нейронных сетях) и использует для вычисления видеокарты с поддержкой технологий NVIDIA CUDA (для повышения производительности параллельных вычислений).

Комплекс «Panorama Vision» работает очень просто: в GIS Panorama необходимо найти функцию «Автоматическое распознавание снимков»,

далее выбрать необходимую модель из списка представленных: Сельхоз поля, Гидрография, Лес, Здания, Дороги, Город. Далее необходимо выбрать область вывода, здесь уже и будет начало платных услуг, если у вас карта в границах 25 км, то можно отправить заявку на сервер и ждать когда её выполнят, если же необходимо больше — оплатить объём обработки и после этого отправить запрос. Мы опробовали данный метод как в бесплатном режиме так и в платном: скорость обработки была быстрая, если сравнивать с плагином Deepness для QGIS — обработка в разы быстрее.

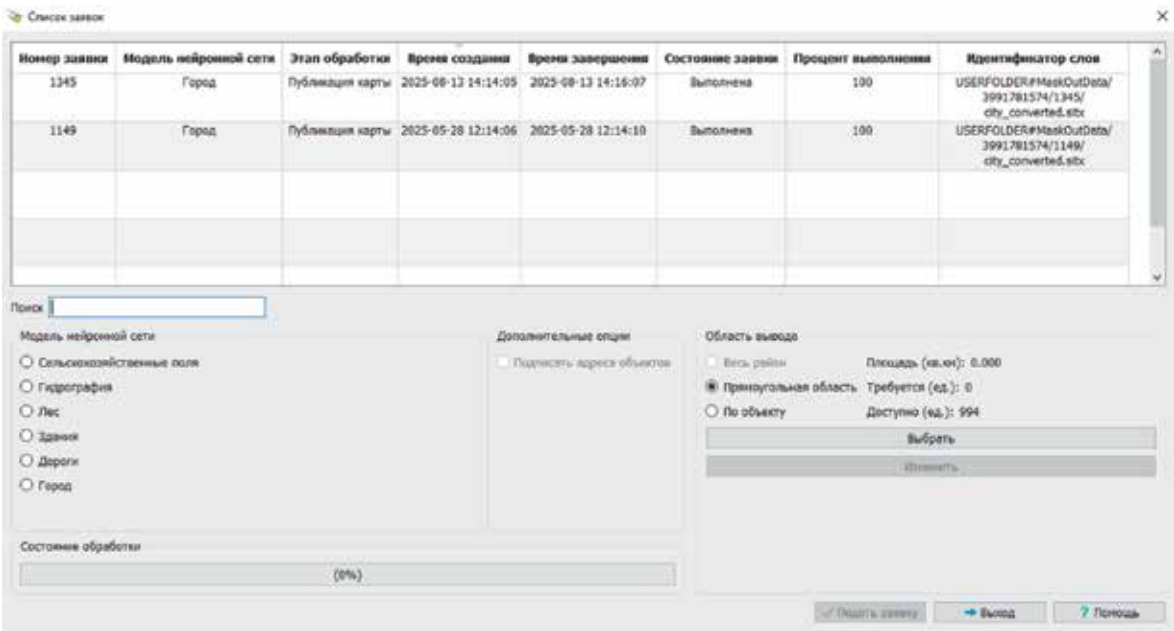


Рисунок 7 — Окно интерфейса Panorama Vision









Рисунок 8 — Результат работы нейросети Panorama Vision



Рисунок 9 — Результат ручной векторизации

Таблица сравнения результатов

	QGIS с модулем Deepness	MapFlow	GIS Panorama
Слой Дорога			
Слой Здания			

Недостатки использования нейросетевых моделей в данный момент:

- Хотя модели и распознают дома, дороги, но делают много лишних точек, или создаются артефакты, проблемы с распознаванием сложных контуров домов.
- Страдает точность, не все здания сидят по ортофотоплану.

Заключение

Оцифровка карт с помощью нейросетей открывает новые горизонты в картографии, геоинформационных системах и смежных областях. Современные технологии глубокого обучения, такие как сегментация изображений, позволяет автоматизировать процесс распознавания и векторизации карт, существенно сокращая время и затраты по сравнению с ручными методами.

Однако остаются вызовы, связанные с качеством исходных данных, интерпретацией сложных

символов и необходимостью постобработки результатов. Кроме того, важно учитывать вопросы безопасности при работе с картографической информацией.

В перспективе развитие нейросетевых алгоритмов, улучшение их адаптивности и интеграция с другими технологиями (например, дополненной реальностью и большими данными) позволят создавать более точные и функциональные цифровые карты. Это, в свою очередь, будет способствовать более эффективному управлению территориальными ресурсами, развитию умных городов и улучшению навигационных систем.

Таким образом, оцифровка карт с применением нейросетей — это динамично развивающееся направление, которое уже сегодня демонстрирует значительный потенциал и в ближайшем будущем станет неотъемлемой частью цифровой инфраструктуры.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ НАЗЕМНЫХ ЛАЗЕРНЫХ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

А. В. Мазуркевич

ФГУП «ВНИИФТРИ», Московская область, Россия

Лазерные координатно-измерительные системы (НЛКИС) повсеместно применяют во многих отраслях промышленности, активно используют при мониторинге геометрических характеристик опасных объектов, в том числе атомных электростанций и гидроэлектростанций, выполнении измерительных задач в рамках цифрового производства, построении объектно-ориентированных моделей строительных объектов [1], в геодезии, картографии и архитектуре.

Исследования в области разработки методов и средств метрологического обеспечения НЛКИС коллектив ФГУП «ВНИИФТРИ» ведёт более 10 лет, результаты исследований представлены, например, в [2—7]. В период 2021—2024 гг. специалистами института разработан эталонный комплекс трёхмерных измерений (измерений координат, приращений координат) в диапазоне 0—60 м, входящий в состав Государственного первичного специального эталона единицы длины ГЭТ 199—2024 [8] и предназначенный для передачи единицы длины в режиме измерений приращений координат при определении метрологических характеристик НЛКИС и их аналогов в режиме координатных измерений.

Разработанный способ передачи единицы длины НЛКИС в режиме измерений координат (приращений координат), реализованный в работе вышеуказанного эталонного комплекса, основан на использовании набора эталонных сфер, расположенных на специальных высокостабильных основаниях. К достоинствам сфер можно отнести их правильную геометрическую форму. Из определения сферы известно, что она является фигурой вращения и соответственно все точки на её поверхности равноудалены от центра. Сферу можно установить в любом положении относительно исследуемого средства измерений, так как при любой ориентации часть поверхности сферы всегда будет направлена на исследуемый прибор. В этом случае при обработке измерительных данных (трёхмерных облаков точек) с помощью заранее известных математических алгоритмов, центр сферы всегда можно однозначно определить с необходимым запасом метрологической точности. Другие преимущества применения сфер вместо плоских целей, таких как специализированные чёрно-белые марки (мишени), описаны в [9].

Однако стоит отметить, что существенная погрешность определения центра сферы вызвана именно неточностью работы алгоритмов программного обеспечения. Это вносит дополнительный вклад в бюджет неопределённости эталонов, находящихся в ведении центров стандартизации и метрологии и других аккредитованных метрологических лабораторий, и следовательно, необходимо гарантировать, что вычисленный по трёхмерному облаку точек центр сферы максимально точно соответствует её истинному геометрическому центру. В настоящее время алгоритмы расчёта центра сферы, используемые в специализированном программном обеспечении обработки данных наземного лазерного сканирования, в большинстве случаев работают только с уникальным форматом данных конкретного производителя лазерных сканеров и предназначены для совмещения результатов измерений облаков точек, полученных с разных позиций (станций) при сканировании одного и того же объекта. Так, например, экспериментально установлено, что программное обеспечение Leica Cyclone Register 360, входящее в комплект поставки лазерного сканера Leica RTC360 (Leica Geosystems AG, Швейцария) и предназначенное для регистрации и совмещения облаков точек, позволяет определять координаты положения центров сфер с погрешностью более 1 мм, что соответствует всей суммарной погрешности данного лазерного сканера на нижней границе диапазона измерений. Соответственно, применение такого программного продукта для метрологического обеспечения лазерного сканера не представляется возможным из-за недостаточного запаса метрологической точности при расчёте с его помощью координат центра сферы. Отсутствие в настоящее время унифицированного алгоритма, позволяющего определять координаты центров сфер по результатам измерений НЛКИС, совместимого с форматом данных многих существующих и перспективных НЛКИС, может приводить к недовольной оценке метрологических характеристик средств измерений одного типа ввиду использования разных вычислительных алгоритмов. Следует особо отметить, что вопросы оценки точности, с которой существующее программное обеспечение позволяет вычислять координаты центров сфер, на сегодняшний день изучены в недостаточном объёме.

ме. Большая часть исследований по данной тематике не касается вопроса способов обработки измерительных данных. Отсутствие объективной и полной информации о точностных характеристиках такого программного обеспечения не позволяет пользователям сделать рациональный выбор, особенно в тех случаях, когда требуется обеспечить максимальную точность вычислений, например для НЛКИС типа трекер, работающих с погрешностью до 100 мкм.

Для единообразного подхода к вопросу метрологического обеспечения НЛКИС, а именно обработки результатов измерений, специалисты института предложили алгоритм, реализованный в программной среде MATLAB. Функционально алгоритм построен на методе RANSAC, который является итерационным методом оценки математической модели на основе набора данных, содержащего выбросы. Данный алгоритм широко применяется при решении задач машинного зрения [10], и в том числе для построения трёхмерных моделей по результатам сканирования. Разработанный алгоритм позволяет с высокой точностью и эффективностью реализовать калибровку НЛКИС по эталонным сферам в условиях большинства промышленных метрологических лабораторий. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность определения основной метрологической характеристики НЛКИС, в части определения координат точек лазерного отражения с необходимым запасом метрологической точности. Также, нашими специалистами выполнен сравнительный анализ работы предложенного алгоритма и специального программного обеспечения, предназначенного для обработки данных НЛКИС. Результаты вычислений предложенного алгоритма подтвердили его эффективность и возможность применения в аппаратно-программных комплексах по определению координат центров сфер при решении задач метрологического обеспечения НЛКИС с погрешностью измерений до 100 мкм.

Список литературы

1. Сельдюшов А.А. Использование лазерного сканера для упрощения в создании BIM модели объекта. *Colloquiumjournal*, (9—1(96)), 59—61 (2021). <https://elibrary.ru/tvbzqa>.
2. Сильвестров И.С., Печерица Д.С., Мазуркевич А.В., Карауш Е.А., Лесниченко В.И. Метрологическое обеспечение координатных и координатно-временных средств измерений в РФ. *Геопрофи*, (6), 8—14 (2023).
3. Мазуркевич А.В. Совершенствование Государственного первичного специального эталона единицы длины ГЭТ 199—2018 с целью обеспечения единства измерений для высокоточных тахеометров в режиме трёхмерных измерений. Материалы X Международного симпозиума «Метрология времени и пространства». Менделеево, 6—8 октября 2021 года. С. 131—134. ВНИИФТРИ, Менделеево (2021). <https://elibrary.ru/ticeee>.
4. Мазуркевич А.В. Метрологическое обеспечение лазерных координатно-измерительных систем. *Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Производство и образование. Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции 2021 г.*, Санкт-Петербург, 2—3 ноября 2021. С. 148—153. Политехника, Санкт-Петербург (2021). <https://doi.org/10.25960/7325—1191—85>.
5. Голуб Д.А., Мазуркевич А.В. Комплекс для метрологического обеспечения лазерных координатно-измерительных систем. Материалы VI научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и специалистов «Метрология в XXI веке». Менделеево, 22 марта 2018 года. С. 67—72. ВНИИФТРИ, Менделеево (2019). <https://elibrary.ru/zezxqt>.
6. Лесниченко В.И. Совершенствование методов определения точностных характеристик абсолютных трекеров. Материалы IX научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и специалистов «Метрология в XXI веке». Менделеево, 25 марта 2021 года. С. 82—87. ВНИИФТРИ, Менделеево (2022). <https://elibrary.ru/qpczeh>.
7. Денисенко О.В., Сильвестров И.С., Мазуркевич А.В., Голуб Д.А., Печерица Д.С., Фролов А.А. Изменения в обновлённой государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений. *Альманах современной метрологии*, (3(19)), 25—30 (2019). <https://www.elibrary.ru/bmcjox>.
8. Донченко С.И., Денисенко О.В., Сильвестров И.С., Мазуркевич А.В., Лесниченко В.И. Государственный первичный специальный эталон единицы длины ГЭТ 199—2018: обеспечение единства измерений высокоточных тахеометров и их аналогов в режиме трёхмерных измерений. *Измерительная техника*, 73(1), 12—18 (2024). <https://doi.org/10.32446/0368—1025it.2024—1-12—18>.
9. Muralikrishnan B. Performance evaluation of terrestrial laser scanners — a review. *Measurement Science and Technology*, 32(7), 072 001 (2023). <http://doi.org/10.1088/1361—6501/abdae3>.
10. Букин А.Г., Садеков Р.Н., Махаев А.Ю. Применение метода RANSAC в задаче стерео-визуальной одометрии. *Известия Института инженерной физики*, (4(26)), 67—69 (2012). <https://elibrary.ru/pncget>.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СЛИЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ МЕСТНОСТИ ПО ДАННЫМ АЭРОФОТОСЪЁМКИ КАМЕРОЙ LEICA ADS100

М. П. Богданович², К. А. Васильцов¹, А. А. Золотой¹, Е. Е. Коноплин¹

¹УП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси, Минск, Беларусь

²УП «Проектный институт «Белгипрозем», Минск, Беларусь

Топографо-геодезическое и картографическое обеспечение является базовым элементом эффективного государственного управления. Основой картографического обеспечения являются государственные топографические карты и планы, создание и обновление которых относятся к работам государственного значения. В настоящее время, установленные законодательством нормы периодичности обновления государственных топографических карт и планов плохо соблюдаются. Обусловлено это высокой трудоёмкостью и стоимостью работ по их комплексному обновлению. Несоблюдение установленных норм приводит к устареванию картографического обеспечения.

Автоматизированное сличение разновременных данных аэрофотосъёмки для определения фактов произошедших изменений пространственных объектов местности за установленные периоды времени позволяет существенно сократить временные затраты, трудоёмкость и стоимость работ по мониторингу, обновлению и актуализации государственной топографической информации.

В рамках одного из мероприятий государственной программы «Научные технологии и техника» был разработан специализированный программный комплекс, выполняющий автоматизацию процессов сличения разновременных данных аэрофотосъёмки, решающий следующие задачи:

- установление фактов произошедших изменений пространственных объектов местности по данным аэрофотосъёмки за заданный интервал времени;
- локализация мест произошедших изменений;
- определение направления произошедших изменений (какой класс был в локализованном месте на и на какой класс он изменился);
- определение объёма накопившихся изменений за заданный интервал времени.

Входными данными ПК АСД являются:

- ортотрансформированные и геопривязанные мультиспектральные аэрофотоснимки с пространственным разрешением 0,3 м на пиксель, полученные с камеры Leica ADS100 и представленные в проекции WGS 84 UTM 35 N;

- полигоны приоритета семантической сегментации (опционально);
- полигоны областей интереса, определяющие участки местности для выполнения сличения (опционально).

Программный комплекс имеет клиент-серверную архитектуру. Клиентская часть выполнена в виде плагинов расширения геоинформационных систем ArcMap и QGIS с логическим разделением на два программных компонента. Один компонент реализует логику взаимодействия с серверной частью ПК АСД, а другой — организует графические интерфейсы на рабочем месте оператора под управлением геоинформационной системы. Программное взаимодействие между компонентами клиентской части согласовано протоколом.

Серверная часть включает в себя базу данных на основе PostgreSQL (БД), вычислительное ядро, сервисы координации и управления работой вычислительного ядра, REST API. Функционирование серверной части осуществляется в фоновом режиме. При появлении новых данных аэрофотосъёмки задание в БД на их семантическую сегментацию создаётся с рабочего места пользователя. Новым заданиям в БД устанавливаются в статус «new». Сервисы координации и управления отслеживают новые задания и при их появлении, если есть доступные вычислительные ресурсы, отправляет задания в очередь на исполнение, которой управляет специальный сервис. После запуска процесса выполнения задания, ему в БД статус устанавливается «doing». При успешном завершении процесса выполнения, заданию устанавливается статус «closed», а при аварийном завершении процесса устанавливается статус «error». В процессе выполнения исходное изображение задания фрагментируется. Результаты семантической сегментации фрагментов задания сохраняются в БД по мере завершения их обработки.

Серверная часть может выполнять стандартные команды: «start», «stop», «restart», а также команды «pause», «stop», «continue», управляющие выполнением отдельных заданий в статусе «doing». Команда «pause» устанавливает в БД статус задания в «pause» и дожидается завершения обработки те-

кущего фрагмента задания и сохранения результатов в БД. Затем выполнение задания останавливается и задействованные вычислительные ресурсы освобождаются. Команда «stop» устанавливает статус задания в «pause» и останавливает выполнение задания, не дожидаясь завершения обработки текущего фрагмента. Команда «continue» снова отправляет задание в очередь на исполнение.

Результаты семантической сегментации заданий накапливаются в БД и зависят от настройки конфигурации вычислительного ядра и выбранных моделей. Часть настроек хранится в БД и может редактироваться с рабочего места пользователя. Другая часть настроек хранится на виртуальной машине в файлах конфигурации и может быть изменена только непосредственным редактированием этих файлов. Самостоятельно изменять настройки в файлах конфигурации пользователям не рекомендуется.

Управление работой серверной части осуществляется с рабочего места пользователя через графические интерфейсы, позволяющие:

- изменять настройки, приоритет выполнения и атрибуты заданий;
- задавать приоритеты обработки фрагментов задания.

Сличение данных аэрофотосъемки производится по запросу с рабочего места пользователя через графические интерфейсы, позволяющие:

- просматривать в БД задания на семантическую сегментацию с фильтрацией по заданным критериям;
- задавать на картографической или растровой подложке полигоны области интереса пользователя;

- просматривать атрибуты заданий, по которым есть сегментированные фрагменты с фильтрацией по заданному времени съёмки и по пересечению с заданной областью интереса пользователя;

- просматривать атрибуты сегментированных фрагментов заданий с фильтрацией по пересечению с заданной областью интереса пользователя;

- наносить на картографическую или растровую подложку выбранные контуры сегментированных областей заданий.

Сличение выбранной пары данных ДЗЗ для заданной области интереса пользователя выполняется по запросу с рабочего места пользователя. При этом в БД создаётся задание на сличение, извлекаются результаты семантической сегментации для сличаемых данных, выполняется сличение и векторизация выявленных изменений. Результаты сличения сохраняются в БД. Просмотреть результаты сличения можно по запросу с рабочего места пользователя после завершения процесса выполнения задания на сличение. Объём накопившихся изменений вычисляется на клиентской части программного комплекса, результаты вычисления отображаются на рабочем месте пользователя.

Мониторинг процессов серверной части осуществляется с рабочего места пользователя через графические инструменты панели мониторинга. Панель мониторинга предоставляет возможности графического отображения на рабочем месте пользователя текущего состояния выполняемых процессов вычислительного ядра, а также основных атрибутов и прогресса выполнения заданий. Панель мониторинга позволяет передавать серверной части команды управления вычислительным ядром и контролировать результаты их выполнения.

КОСМИЧЕСКИЕ И СПУТНИКОВЫЕ РЕШЕНИЯ ОТ ДЖАВАД GNSS

Д. А. Харитонов

ООО «УГТ-Холдинг», Екатеринбург, Россия

В докладе рассматриваются следующие вопросы.

1. Высокоточное GNSS-позиционирование для космических аппаратов

Обеспечение сантиметровой точности для низ-коорбитальных спутников и космических миссий.

2. Защита от помех в условиях космоса

Встроенная система J-Shield для обнаружения и блокировки помех.

3. Компактные и радиационно-стойкие решения для LEO-спутников

Модули и антенны, разработанные для работы в экстремальных условиях: радиация, перегрузки, вибрация.

4. Полный цикл разработки и поддержки GNSS-решений

От проектирования до производства и сертификации — полный контроль качества и соответствие международным стандартам.

5. Опыт успешного внедрения в проекты ESA и образовательные программы

Подтверждённые кейсы использования в миссиях ESA и студенческих космических программах.

НОЗ.С

Н О В Ы Й О Б О Р О Н Н Ы Й З А К А З . С Т Р А Т Е Г И И

Ж У Р Н А Л

К О Н С А Л Т И Н Г

С Е М И Н А Р Ы

DEFENSE.
АГЕНТСТВО
МАРКЕТИНГОВЫХ
КОММУНИКАЦИЙ **MEDIA®**

e-mail: avg@dfnc.ru
www.dfnc.ru

ПЛАТФОРМА PHOTOMOD. ВЕРСИЯ 8.1. НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Д. В. Кочергин
АО «Ракурс», Москва, Россия

Доклад посвящён новому функционалу системы цифровой фотограмметрии PHOTOMOD, который был включён в последнюю версию данного программного обеспечения (8.1), выпущенную в сентябре 2025 года.

В числе новых функциональных возможностей — радикальное повышение скорости уравнивания проектов с большим количеством космических изображений, новые инструменты абсолютной и взаимной привязки изображений в модуле PHOTOMOD GeoMosaic, обработка проектов с изображениями БПЛА в случае отсутствия

элементов внешнего ориентирования и наземных опорных точек, импорт кадастровых планов и семантической информации из стандартного XML-формата.

Доклад также освещает ряд менее значительных функциональных изменений в модулях азротриангуляции, уравнивания, построения плотных моделей рельефа и местности (DTM/ DSM), ортотрансформирования, 3D-моделирования, стереовекторизации и обработки космических изображений, а также в таких программных продуктах, как PHOTOMOD Conveyor и PHOTOMOD AutoUAS.

ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ СО SLAM-ТЕХНОЛОГИЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ОБНОВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ: СНИЖЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГНСС, СБОР МЕТРИЧЕСКИ ТОЧНЫХ И НАГЛЯДНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

П. П. Куклина

Филиал ППК «Роскадастр» «Аэрогеодезия», Санкт-Петербург, Россия

Создание и обновление цифровой картографической продукции требуют оперативного получения пространственных данных, сочетающих метрическую точность, высокую плотность и визуальную наглядность. Методы съёмки с использованием исключительно ГНСС-оборудования зачастую оказываются малоэффективны или неприменимы в условиях отсутствия стабильного спутникового сигнала, плотной городской застройки, под мостовыми и тоннельными сооружениями и в густых лесных массивах.

Мобильное лазерное сканирование (МЛС) с алгоритмом SLAM (Simultaneous Localization and Mapping — одновременная локализация и картографирование) позволяет сканеру в реальном времени вычислять собственное положение в пространстве на основе анализа трёхмерной модели окружающей среды, что минимизирует зависимость от спутникового сигнала.

Многолетний опыт филиала ППК «Роскадастр» «Аэрогеодезия» в сфере геодезии и картографии, а также в выполнении и использовании материалов лазерного сканирования позволил в короткие сроки внедрить технологию МЛС в производственные процессы. Работы выполнялись комплексом GreenValley LiGrip H300. Предварительная обработка данных осуществлялась в программном обеспечении (ПО) Lidar360MLS, а работа с облаками точек — в ПО TerraScan и Lidar360.

Технология мобильного лазерного сканирования с алгоритмом SLAM доказала свою эффективность, особенно в условиях отсутствия

ГНСС-сигнала. Она кардинально ускоряет проведение полевых работ по сравнению с традиционными методами, однако требует значительных временных затрат на камеральную обработку, которая напрямую зависит от сложности объекта, количества маршрутов и требуемой точности. Результатом съёмки являются визуально наглядная трёхмерная модель в виде облака точек, окрашенных в естественные цвета, а также панорамные изображения с известными координатами центров съёмки. Точность конечных продуктов и полнота собранного материала подтверждают их соответствие требованиям для задач крупномасштабного картографирования.

Мобильное лазерное сканирование имеет как ряд преимуществ, так и определённые ограничения. В процессе внедрения и использования технологии была преодолена часть барьеров, выявлены и учтены факторы, влияющие на качество материала, однако направления для развития остаются. Полнота, наглядность и точность материалов МЛС позволяют многократно использовать один и тот же массив данных для решения различных задач. В связи с этим необходимо подчеркнуть важность передачи данных лазерного сканирования в Федеральный фонд пространственных данных (ФФПД). Облака точек могут служить основой для алгоритмов автоматического дешифрирования и векторизации на основе искусственного интеллекта; разработка подобных методик позволит значительно ускорить процесс создания цифровой картографической продукции.

СТРАТЕГИЯ УПРАЗДНЁННОЙ ОТРАСЛИ

Г. Г. Побединский

Российское общество геодезии, картографии и землеустройства, Москва, Россия
Нижегородский архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород, Россия

Введение

В соответствии с указанием Президента Российской Федерации от 18.05.2022 №Пр-856 Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и организациями разработан проект «Стратегии развития сферы геодезии, картографии, пространственных данных и использования геоинформационных технологий до 2030 года и на перспективу до 2036 года». Проект опубликован на сайте Росреестра 27 февраля 2025 года [26]. На Федеральном портале проектов нормативных правовых актов проект не размещён.

Это не первый проект Росреестра по разработке стратегического документа в сфере геодезии и картографии.

Одним из первых стратегических документов Минэкономразвития и Росреестра в сфере геодезии и картографии следует считать Концепцию развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года [21] и план мероприятий по её реализации [22].

Недостаточный уровень проработки мероприятий Концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года, несогласованность сроков реализации мероприятий привели к неполному выполнению мероприятий Концепции [1, 4, 5].

Известен разработанный в 2015 году проект «Стратегии топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации на перспективу до 2030 года» [3, 4]. Проект не был утверждён, и до настоящего времени сфера геодезии и картографии лишена стратегических документов и соответственно стратегических целей [14].

В 2019—2020 гг. предпринимались попытки разработать Основы государственной политики в области геодезии и картографии. К сожалению, проект документа не был размещён на сайте Федерального портала проектов нормативных правовых актов, на официальных сайтах Росреестра, АО «Роскартография» и ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» [14].

В настоящем докладе рассмотрены история стратегического планирования, вопросы планирования геодезических и картографических работ и выполнен краткий анализ «Стратегии развития сферы

геодезии, картографии, пространственных данных и использования геоинформационных технологий до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

Из истории стратегического планирования

Существует точка зрения, что стратегическое планирование в Российской Федерации началось после выхода в 2012 году известной книги Анатолия Александровича Вассермана и Нурали Нурисламовича Латыпова «Острая стратегическая недостаточность. Страна на перепутье», основным мотивом которой был «Лучше маленькая стратегия, чем большая тактика» [6]. И действительно, создаётся впечатление, что очень многие предложения из этой книги были самым внимательным образом рассмотрены и приняты к реализации.

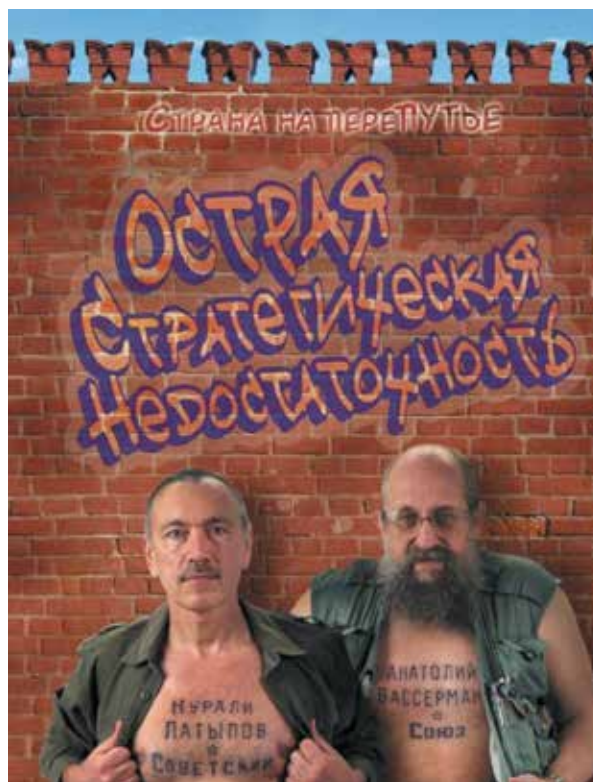


Рисунок 1 — Обложка книги «Острая стратегическая недостаточность. Страна на перепутье» [6]

Россия имеет многолетний опыт методологических разработок по стратегическому планированию, разработок долгосрочных планов развития экономики страны и уникальный опыт их реали-

зации в своей практической деятельности ВСНХ и Госплана СССР. Советское планирование начиналось с отраслевых годовых планов, но уже в начале 20-х гг. прошлого века был принят долгосрочный государственный план, разработанный по заданию и под личным руководством В. И. Ленина в 1920—1922 гг. Государственный план электрификации России (ГОЭЛРО) был разработан Государственной комиссией по электрификации под руководством Г. М. Кржижановского.

С 1926 г. по 1928 г. под руководством П. С. Осадчева и В. А. Базарова комиссия Госплана СССР разработала генеральный план развития народного хозяйства СССР на 1928—1940 гг. Данные работы были неоценимым вкладом в становление теории и практики стратегического планирования.

Основной формой стратегического планирования были пятилетние планы. На их основании разрабатывались также годовые планы, которые уточняли задания пятилеток. Кроме того, создавались 10-летние планы, отражавшие ключевые направления экономического, научно-технического и социального развития.

Термин «стратегическое планирование» появился в конце 60-х и начале 70-х годов для разграничения между стратегическим и текущим планированием.

Пик развития стратегического планирования в Советском союзе пришёлся на конец 70-х годов. В июле 1979 г. было принято Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы» [16], которое предусматривало создание стройной многоуровневой системы планирования социально-экономического развития на срок до 20 лет. Основными документами, определяющими образ будущего советского государства, были:

- комплексная программа научно-технического прогресса (срок 20 лет);
- генеральная схема развития и размещения производительных сил (срок 15 лет);
- основные направления социально-экономического развития (срок 10 лет);
- пятилетний план социально-экономического развития (срок 5 лет);
- баланс народного хозяйства (срок 1 год);
- целевые программы (сроки различные).

Прототипом современных комплексных государственных программ являются, например, комплексные программы научно-технического прогресса периода позднего СССР. Во второй по-

ловине 1970-х годов в СССР произошло организационное оформление общегосударственной системы прогнозных исследований. С этого времени эти исследования рассматривают как официальный этап, предшествующий разработке Государственных планов экономического и социального развития страны.

Разработка Комплексной программы научно-технического прогресса СССР (КП НТП) стартовала в начале 1970-х гг. Всего были сформированы четыре редакции программы: от 1973 г., 1978 г., 1983 г. и от 1988 г.

Редакции Программы от 1973 и 1978 гг. разрабатывались по инициативе Академии наук СССР, Государственного Комитета СССР по науке и технике (ГКНТ СССР), Госплана СССР, а также ряда отраслевых министерств и представителей высшей школы. Постановление «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работ» [16] предусматривало разработку КП НТП, рассчитанной на 20 лет, или четыре пятилетних плана, с продлением и корректировкой каждые пять лет. С учётом заданных пятилетними периодами временных рамок последняя из имеющихся редакций КП НТП охватывала период 1991—2010 гг. Основная сложность работы по тематике КП НТП заключалась в том, что вся документация, относившаяся к КП НТП, была закрытой. Публикация основных положений и содержания КП НТП, их перевод в категорию общедоступной информации, состоялись только в конце 1990-х гг. [12].

Советское планирование не было идеальным и неизменным. В работе «Ликвидация системы планирования в СССР» [31] рассмотрены основные этапы реформирования механизма стратегического управления экономикой страны. Это и переход от отраслевого планирования к территориальному, сокращение показателей планирования и закрепление приоритета денежных показателей плана над натуральными, усиление роли предприятий в составлении планов и др. [31].

Актуальность советского опыта централизованного планирования подтверждается многочисленными публикациями, такими как «Опыт государственного стратегического планирования в СССР в теоретических и эмпирических исследованиях» [7], «Анализ опыта КП НТП СССР с позиций формирования современных научных подходов к модернизации промышленности России» [12] и др.

О сохраняющейся актуальности опыта советского планирования свидетельствует выход тре-

тьего, переработанного издания учебника (первое издание 1979 г.) заслуженного профессора экономических систем, специалиста по экономике переходного периода Амстердамского университета Майкла Элмана «Socialist Planning» [32].



Рисунок 2 — Обложка книги «Socialist Planning» [32]

Вопросы стратегического планирования в Российской Федерации рассматривались задолго до выхода в 2012 году книги «Острая стратегическая недостаточность. Страна на перепутье» [6]. В июле 1995 г. был подписан Федеральный закон «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации» [28]. Закон определил Государственное прогнозирование социально-экономического развития Российской Федерации как систему научно обоснованных представлений о направлениях социально-экономического развития Российской Федерации, основанных на законах рыночного хозяйствования. Закон установил, что Правительство Российской Федерации обеспечивает разработку государственных прогнозов социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочную, среднесрочную и краткосрочную перспективы в целом по Российской Федерации, по народнохозяйственным комплексам и отраслям экономики, по регионам.

Прогноз социально-экономического развития на долгосрочную перспективу разрабатывается раз в пять лет на десятилетний период, на среднесрочную перспективу разрабатывается на период от трёх до пяти лет и ежегодно корректируется, на краткосрочную перспективу разрабатывается ежегодно.

Первый в современной истории России опыт законодательного регулирования процессов стра-

тегического планирования относится к 2009 году. В мае 2009 г. был подписан Указ Президента Российской Федерации «Об основах стратегического планирования в Российской Федерации» [27]. Широкую известность он не получил по одной специфической причине: на нём стоял гриф «Для служебного пользования» и он не был опубликован. Что, впрочем, не помешало тексту Указа появиться в интернете примерно через год после издания. В соответствии с Указом стратегическое планирование осуществляется на долгосрочную (10—20 лет), среднесрочную (5—10 лет) и краткосрочную (3—5 лет) перспективу на федеральном, региональном (федеральный округ, субъект Российской Федерации), межрегиональном (межрегиональные территориально-производственные комплексы), межотраслевом и отраслевом уровне.

Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [29] вместе с рядом подзаконных постановлений и распоряжений Правительства Российской Федерации составляет на сегодня основу правового регулирования в сфере стратегического планирования.

Федеральный закон определяет:

- понятие стратегического планирования и базовую терминологию в данной сфере (целеполагание, планирование, прогнозирование, программирование);
- понятия долгосрочного и среднесрочного периодов для целей планирования, прогнозирования и программирования;
- полномочия органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ и органов местного самоуправления в сфере стратегического планирования;
- структуру системы стратегического планирования.

Структура системы стратегического планирования включает:

- принципы и задачи стратегического планирования;
- участников стратегического планирования и их полномочия;
- документы стратегического планирования;
- информационное обеспечение стратегического планирования.

Законом определены:

- среднесрочный период продолжительностью от трёх до шести лет включительно;
- долгосрочный период продолжительностью более шести лет.

Отраслевые документы стратегического планирования Российской Федерации разрабатываются

на период, не превышающий периода, на который разрабатывается прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочный период.

Перечень видов документов стратегического планирования, разработка которых регулируется ука-

занным федеральным законом, приведён в таблице. Коды для видов документов стратегического планирования федерального уровня утверждены приказом Минэкономразвития «Об утверждении структуры и порядка присвоения уникального реестрового номера документа стратегического планирования» [17].

Таблица 1

Виды и коды документов стратегического планирования, разрабатываемых на федеральном уровне

Код	Вид документа
0	Ежегодное послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации
1	Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации
2	Стратегия национальной безопасности Российской Федерации, а также основы государственной политики, доктрины и другие документы в сфере обеспечения национальной безопасности Российской Федерации
5	Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации
10	Отраслевые документы стратегического планирования Российской Федерации
11	Стратегия пространственного развития Российской Федерации
12	Стратегии социально-экономического развития макрорегионов
20	Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации
21	Стратегический прогноз Российской Федерации
22	Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочный период
23	Бюджетный прогноз субъекта Российской Федерации на долгосрочный период
24	Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочный период
30	Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации
31	Государственные программы Российской Федерации
32	Государственная программа вооружения
33	Схемы территориального планирования Российской Федерации
34	Планы деятельности федеральных органов исполнительной власти

В соответствии с Федеральным законом «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [29] Отраслевые документы стратегического планирования Российской Федерации (Код 10) должны разрабатываться на долгосрочный период продолжительностью более шести лет.

Стратегические документы в сфере геодезии и картографии

О разработке стратегических документов в сфере геодезии и картографии Федеральной службой геодезии и картографии России и Федеральным агентством геодезии и картографии сказано и написано достаточно много, например [2, 15]. Следует отметить, что практически все стратегические разработки в конце 90-х и в начале 2000-х

годов тесно увязывались с одной глобальной целью — приватизация государственных предприятий. Если в 2003 г. на рабочей группе рассматривался проект Концепции развития геодезической и картографической отрасли страны на среднесрочный период и перспективу до 2010 года [2]. То уже в 2004 г. была образована рабочая группа по подготовке предложений по совершенствованию управления федеральным имуществом, переданным федеральным государственным унитарным предприятиям, подведомственным Роскартографии. А уже в 2007 г. была образована Межведомственная рабочая группа для проведения работы по оптимизации структуры отрасли и реформированию подведомственных предприятий. Было определено, что целью реформирования отрасли

геодезии и картографии является приведение в соответствие современным политическим, техническим и экономическим условиям правовых, управленческих и организационных вопросов отрасли в соответствии с реализацией Административной реформы в Российской Федерации, современных тенденций создания крупных отраслевых корпораций с учётом отраслевых организационных и экономических особенностей топографо-геодезического и картографического производства [15].

В результате проведения уже основательно забытой Административной реформы в 2004 г. Федеральная служба геодезии и картографии России была упразднена, было образовано подведомственное Минтрансу России Федеральное агентство геодезии и картографии, которое в 2008 г. было переподчинено Минэкономразвития, а затем упразднено, и был образован Росреестр.

Одним из первых стратегических документов Минэкономразвития и Росреестра в сфере геодезии и картографии следует считать Концепцию развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года [21] и план мероприятий по её реализации [22].

Поручением Президента Российской Федерации от 10.07.2009 г. № Пр-1752 было установлено до 21.12.2009 г. разработать и утвердить концепцию развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года. До утверждения указанной концепции, исключить из плана приватизации федерального имущества на 2009 год предприятия и организации геодезии и картографии. Естественно, что в установленные сроки поручение не было выполнено. Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года была утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации в декабре 2010 г., а План мероприятий по её реализации был утверждён в июле 2011 г. [4, 5].

Недостаточный уровень проработки мероприятий Концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года, несогласованность сроков реализации мероприятий привели к неполному выполнению мероприятий Концепции [1, 4, 5].

В рамках реализации Концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года была проведена определённая работа по структурным преобразованиям отрасли геодезии и картографии.

С учётом материалов проверки, проведённой Контрольным управлением Президента Российской Федерации, Поручением Президента Российской Федерации от 30.09.2013 г. № Пр-2263 было определено принять неотложные меры по завершению в полном объёме мероприятий по соз-

данию вертикально-интегрированной структуры ОАО «Роскартография», меры по совершенствованию системы государственного управления в области геодезии и картографии и осуществлению эффективного федерального государственного надзора в данной сфере. Внести в нормативно-правовую базу изменения, предусматривающие обеспечение координации картографо-геодезических работ федерального, регионального и отраслевого назначения, и создание единой картографической и геодезической основы, используемой в интересах органов государственной власти Российской Федерации, органов местного самоуправления, а также в целях обеспечения обороноспособности и безопасности государства.

Постановка и рассмотрение проблемы восстановления и развития топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации определена поручением Правительства Российской Федерации от 09.12.2014 г. № РД-П9—9074.

Поручением определено в срок до 01.04.2015 г. разработать и внести в Правительство Российской Федерации в установленном порядке проект Стратегии топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации на перспективу до 2030 года. В срок до 01.05.2015 г. подготовить предложения о целесообразности разработки государственной программы Российской Федерации топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации на 2016—2020 годы и последующие годы. С участием ОАО «Роскартография» разработать предложения по финансовому оздоровлению, модернизации и развитию производства ОАО «Роскартография», а также по наделению его функциями единственного исполнителя по работам в области геодезии и картографии на 2016—2020 годы. До 01.06.2015 г. организовать мониторинг потребностей федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в использовании единой картографической и геодезической основы, а также необходимости выполнения топографо-геодезических и картографических работ федерального, регионального и отраслевого значения и представить предложения о подготовке нормативно-правовых актов, предусматривающих обязательное использование геодезических и картографических данных, созданных за счёт средств федерального бюджета, при выполнении указанными органами государственных контрактов в сфере геодезии и картографии и при разработке государственных информационных систем.



Рисунок 3 — Решения по системе геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации в 2009—2014 гг. [4]

Проведённый в 2014—2015 гг. системный анализ кризисного состояния топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации определил основные пути решения проблемных вопросов.

Это централизация управления, консолидация финансовых ресурсов, качественное научно-техническое и кадровое обеспечение и формирование мощного производственного картографо-геодезического холдинга.

Стратегической целью топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации является создание эффективной инновационной системы топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации с использованием инфраструктуры пространственных данных, обеспечивающей в режиме реального времени потребности органов государственного и муниципального управления, а также иных потребителей геопространственными данными требуемой точности и подробности, содержащими достоверную информацию о текущем состоянии территории в целях решения задач социально-экономического развития Российской Федерации, обеспечения её обороноспособности и безопасности [4].

Проект «Стратегии топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации на перспективу до 2030 года» был разработан в установленные сроки. 17 марта 2015 г. проект был размещён на Федеральном портале проектов нормативных правовых актов и 1 апреля 2015 г. было завершено его общественное обсуждение [20]. Основные положения Стратегии были одобрены участниками XXXVII сессии Межгосударственного совета по геодезии, картографии, кадастру и дистанционному зондированию Земли государств-участников СНГ в 2015 г. Проект размещён в справочной правовой системе КонсультантПлюс [19]. К сожалению, Стратегия, Государственная программа по её реализации и проекты нормативных документов не были представлены Минэкономразвития в Правительство Российской Федерации и, соответственно не были приняты. Заменить стратегические документы по мнению Минэкономразвития должен был новый Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [30] и подзаконные акты. Как результат до последнего времени сфера геодезии и картографии была лишена стратегических документов и соответственно стратегических целей [14].

В 2019—2020 гг. предпринимались попытки разработать Основы государственной политики в области геодезии и картографии. Выступая на конференции «Исследование и прогнозирование потребностей экономики в пространственных данных, данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологиях», которая состоялась 7 ноября 2019 года в Москве заместитель руководителя Росреестра Вячеслав Александрович Спиренков заявил: «Совместно с Министерством обороны мы разрабатываем программный документ на долгосрочный период, где будут поставлены глобальные цели и задачи по развитию отрасли» [23]. На состоявшейся 8—9 октября 2020 года в Сочи II-й Международной конференции «Геодезия, картография и цифровая реальность» заместитель руководителя Росреестра Александр Валерьевич Ребрий заявил, что до конца 2020 года АО «Роскартография» по заказу Росреестра проведёт научно-исследовательские работы, в результате которых впервые в России создадут документ по основам государственной политики в области геодезии и картографии. К сожалению, проект документа не был размещён на Федеральном портале проектов нормативных правовых актов <http://regulation.gov.ru/>, на официальных сайтах Росреестра, АО «Роскартография» и ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» [14]. Подготовленный в феврале 2020 г. Ассоциацией «Объединение профессионалов топографической службы» (Ассоциация «ОПТС») и направленный для обсуждения в Комиссию по геодезии, картографии и инфраструктуре пространственных данных при Росреестре «Проект основ государственной политики РФ в области геодезии, картографии и пространственных данных до 2030 г.» [18] не является официальным документом и не был размещён на сайте Росреестра.

В рамках подготовки доклада Президенту Российской Федерации о результатах мониторинга правоприменения в Российской Федерации Минюст России в феврале 2022 г. учитывая опыт Межрегиональной общественной организации «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства» в области земельных правоотношений, просил содействовать в подготовке доклада, а именно сообщить об известных проблемах законодательства и правоприменения в сфере осуществления геодезической и картографической деятельности и о предложениях по изменению законодательства. Российское общество геодезии, картографии и землеустройства в своих предложениях сформулировало несколько проблем законодательства и правоприменения в сфере осуществления геодезической и картографической

деятельности [14]. Часть предложений Общества реализованы поправками в Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» в 2023 и 2024 гг. [30]. Одна из центральных проблем по мнению Общества это отсутствие стратегических документов и соответственно стратегических целей в сфере геодезии и картографии. Предложения Общества были включены в «Доклад о результатах мониторинга правоприменения в Российской Федерации за 2021 год», в который был включён раздел «Геодезическая и картографическая деятельность» [8]. В докладе отмечено, «в связи с тем, что Концепция развития отрасли геодезии и картографии, утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. №2378-р, действовала до 2020 года, Правительством Российской Федерации во исполнение указания Президента Российской Федерации от 18 мая 2022 г. №Пр-856 Росреестру совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти поручено рассмотреть вопрос о разработке документа стратегического планирования, определяющего целевые ориентиры развития отрасли геодезии и картографии» [8].

Разработанный Росреестром проект «Стратегии развития сферы геодезии, картографии, пространственных данных и использования геоинформационных технологий до 2030 года и на перспективу до 2036 года» опубликован на сайте Росреестра 27 февраля 2025 года [26]. На Федеральном портале проектов нормативных правовых актов проект не размещён.

Не вдаваясь в подробный анализ представленной Стратегии, хотелось бы отметить некоторые моменты. Первый из них — сроки. Выполнение указания Президента Российской Федерации от 18 мая 2022 г. №Пр-856 осуществлялось 3 года с 2022 по 2025. Срок действия Стратегии формально больше 6 лет, но фактически стратегия подготовлена до 2030 года.

Второй момент — целеполагание. Целями разработки и реализации Стратегии обозначены:

- завершение цифровой трансформации и обеспечение долгосрочного устойчивого развития рассматриваемой сферы государственного управления;
- увеличение роли пространственных данных в решении задач социально-экономического и пространственного развития страны, обороны и безопасности государства;
- обеспечение ускоренного перехода к использованию отечественных геоинформационных технологий.

Кроме того, сформулированы ещё 8 основных целей развития сферы геодезии, картографии, пространственных данных и использования геоинформационных технологий до 2036 года. Первая из которых «обеспечение пространственными данными процессов принятия решений в сфере государственного управления, обороны страны, безопасности государства, обеспечения правопорядка, ведения бизнеса ...». Разработчики Стратегии по-видимому считали, что ранее пространственные данные для принятия решений решительно не использовались.

Третий момент — ресурсное обеспечение.

Для достижения поставленных 11 (3+8) целей в Стратегии сформулированы 15 требующих решения задач, в том числе выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. И достижение всех этих целей и решение всех задач возложено на публично-правовую компанию «Роскадастр», «к полномочиям, функциям и видам деятельности которой отнесено осуществление геодезической и картографической деятельности (в том числе для нужд обороны и безопасности), включая поиск, сбор, хранение, обработку, предоставление и распространение пространственных данных, в том числе с использованием информационных систем, метрологическое обеспечение геодезической и картографической деятельности. Также к видам деятельности указанной компании отнесены организация и осуществление производства, а также ремонт геодезической, маркшейдерской, картографической, фотограмметрической и навигационной техники, приборов и инструментов» [26].

При этом в Стратегии отмечено, что для выполнения работ, оказания услуг в целях обеспечения реализации предусмотренных законодательством Российской Федерации полномочий Минобороны России по отдельным направлениям геодезической и картографической деятельности создано 2 федеральных бюджетных и одно казённое учреждение:

- ФБУ «945 Главный центр космический геодезии, навигации и картографии Минобороны России»;
- ФБУ «946 Главный центр геопространственной информации Минобороны России»;
- ФКУ «280 Центральное картографическое производство Военно-Морского Флота».

И это не считая 27-го Центрального научно-исследовательского института Минобороны России, в состав которого входит «Научно-исследовательский центр топогеодезического и навигационного обеспечения (НИЦ ТГНО)».

Все хорошие стратегии в своих принципах похожи друг на друга, поэтому основные вопросы, которые нужно держать в фокусе внимания, универсальны и подходят для любой структуры. Система стратегического планирования предполагает применение цикла Деминга-Шухарта, или круга качества: Планируй — Делай — Анализируй — Корректируй (Plan — Do — Check — Act, PDCA). Любая организация, государственная или коммерческая, ориентирована на достижение целей, и выстроенный цикл для этого необходим.



Рисунок 4 — Цикл Деминга-Шухарта (PDCA) [25]

Иногда аббревиатуру PDCA в шутку расшифровывают как Promise — Delay — Cancel — Apologise (обещай — задерживай — отменяй — извиняйся). [25].

Заключение

Вопросам анализа мировых трендов развития сферы геодезии и картографии, разработки стратегических направлений и первоочередных задач посвящены многочисленные исследования последних лет, такие как «Геодезическая отрасль как объект стратегического управления» [24], «Исследование мировых трендов и обоснование направлений развития сферы геодезии и картографии РФ до 2030 года» [10], «Развитие геопространственной деятельности в России: стратегические направления и первоочередные задачи» [11] и др. К сожалению, эти исследования практически не нашли отражения в проекте «Стратегии развития сферы геодезии, картографии, пространственных данных и использования геоинформационных технологий».

до 2030 года и на перспективу до 2036 года» опубликованном на сайте Росреестра [26].

Предпринимаемые в 2025 году действия ППК «Роскадастр» по присоединению межрегиональных филиалов — «бывших предприятий Роскартографии» к территориальным филиалам — «бывшим кадастровым палатам» приведёт к окончательной ликвидации отрасли геодезии и картографии как «совокупности всех производственных единиц, осуществляющих преимущественно одинаковый или сходный вид производственной деятельности» [13].

Для чего в сложившейся ситуации нужны «Стратегии развития сферы геодезии, картографии, пространственных данных и использования геоинформационных технологий до 2030 года и на перспективу до 2036 года», как отраслевой документ стратегического планирования Российской Федерации? Для формального исполнения указания Президента Российской Федерации?

Список литературы

1. Бородин А.В., Яблонский Л.И. О государственной политике в отрасли геодезии и картографии // Государственная служба. — 2020. — Т. 22, № 6(128). — С. 23—27. — DOI 10.22 394/2070—8378—2020—22—6—23—27. — EDN XWTHPB
2. Бородко А.В. Картографо-геодезическая отрасль России: проблемы и решения // Геодезия и картография. — 2003. — № 7. — С. 1—9.
3. Васильев И.В. О разработке стратегии топографо-геодезического и картографического обеспечения РФ на перспективу до 2030 года // Геопрофи. — 2015. — № 5. — С. 4—15.
4. Васильев И.В., Коробов А.В., Побединский Г.Г. О проекте Стратегии топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации // Великие реки'2015. Труды научного конгресса 17-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 19—22 мая 2015 г. В 3 т. Т. 1. — Нижний Новгород: ННГАСУ, 2015. — С. 400—417. — EDN: VNNBKL
5. Васильев И.В., Коробов А.В., Побединский Г.Г. Стратегические направления топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации // Вестник СГУГиТ. — 2015. — Вып. 2 (30). — С. 5—23. — EDN: UJYBOL.
6. Вассерман А.А., Латыпов Н.Н. Острая стратегическая недостаточность. Страна на перепутье. — Москва : Астрель, 2012. — 448 с. — ISBN 978—5—271—43 934—6. — EDN QPXSHP
7. Диденко Д.В. Опыт государственного стратегического планирования в СССР в теоретических и эмпирических исследованиях // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12. № 5. С. 211—228. DOI: 10.15 838/esc.2019.5.65.14
8. Доклад о результатах мониторинга правоприменения в Российской Федерации за 2021 год. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/aXxLmDUeO96yRJysxOYcBYZd8BLxIGHn.pdf>
9. Закон СССР от 30 июня 1987 г. № 7284-XI «О государственном предприятии (объединении)»
10. Карпик А.П., Лисицкий Д.В. Исследование мировых трендов и обоснование направлений развития сферы геодезии и картографии РФ до 2030 года // Геопрофи. — 2021. — № 1. — С. 4—11.
11. Карпик А.П., Лисицкий Д.В., Мусихин И.А. Развитие геопространственной деятельности в России: стратегические направления и первоочередные задачи // Геодезия и картография. — 2023. — № 12. — С. 49—58. DOI: 10.22 389/0016—7126—2023—1002—12—49—58.
12. Кротова М.В. Анализ опыта КП НТП СССР с позиций формирования современных научных подходов к модернизации промышленности России // Россия: тенденции и перспективы развития : Ежегодник. Материалы XXI Национальной научной конференции с международным участием, Москва, 16—17 декабря 2021 года / Отв. редактор В.И. Герасимов. Том Выпуск 17. Часть 1. — Москва: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2022. — С. 443—448. — EDN OBFXSJ
13. Орлов С.В., Побединский Г.Г. Задачи и перспективы развития отрасли геодезии и картографии // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. — 2013. — № 6. — С. 3—15. — EDN: XBKCYT
14. Побединский Г.Г. Ликвидация геодезической и картографической службы страны через призму времени // Вестник СГУГиТ. — 2022. — Том 27. — № 4(274). — С. 16—30. DOI 10.33 764/2411—1759—2022—27—4—16—30. — EDN: KFQUZG.
15. Побединский Г.Г., Прусаков А.Н. Варианты реформирования отрасли геодезии и картографии. Объем и источник финансирования для обеспечения территории Российской Федера-

ции // Великие реки'2011. Труды конгресса 13-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 17—20 мая 2011 г. В 2 т. Том 1. — Нижний Новгород. — ННГАСУ. — 2012, с. 381—384. — EDN: VMNSQJ

16. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г. № 695 «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы»

17. Приказ Минэкономразвития России от 11 ноября 2015 г. № 832 (ред. от 12.12.2018) «Об утверждении структуры и порядка присвоения уникального реестрового номера документа стратегического планирования»

18. Проект основ государственной политики РФ в области геодезии, картографии и пространственных данных до 2030 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://geoprofi.ru/news/proekt-osnov-gosudarstvennoj-politiki-rf-v-oblasti-geodezii-kartografii-i-prostranstvennykh-dannykh-do-2030-g>

19. Проект Распоряжения Правительства Российской Федерации «Об утверждении Стратегии топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации на перспективу до 2030 года» (по состоянию на 01.04.2015). [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PNPA&n=9111&cacheid=18120A694B195F866817A8FB61A82423&mode=splus&rnd=1rC4RQ#9fZ4XsUoDCd5JvHB3>

20. Проект. Об утверждении Стратегии топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации на перспективу до 2030 года. Опубликовано 17 марта 2015 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://regulation.gov.ru/Regulation/Npa/PublicView?npaID=20889>

21. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 2378-р «Об утверждении Концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года»

22. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 1177-р «Об утверждении Плана мероприятий по реализации Концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года»

23. Росреестр совместно с Министерством обороны России разрабатывает стратегию развития картографической отрасли до 2030 года // Электронная газета «Вестник геодезии и картографии». Опубликовано 08.11.2019. [Электронный ресурс].

Режим доступа: https://cgkipd.ru/press-office/vestnik/vestnik_2019/rosreestr-sovmestno-s-ministerstvom-oborony-rossii-razrabatyvaet-strategiyu-razvitiya-kartograficheskoy-otrasli-do-2030-goda

24. Рязанцева М.В., Якушова Е.С. Геодезическая отрасль как объект стратегического управления // Современные научные исследования и инновации. — 2013. — № 8. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2013/08/25898>

25. Семь главных задач разработчика стратегии / М.В.Крель, М.В.Петров, Е.Г.Потапова, П.М.Потеев, В.А.Сазонов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://strategy.cdto.ranepa.ru/7-sem-glavnyh-zadach-razrabotchika-strategii>

26. Стратегия развития сферы геодезии, картографии, пространственных данных и использования геоинформационных технологий до 2030 года и на перспективу до 2036 года. Проект. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/19-upr/Стратегия_развития_Гик_2030\(41 л.\).pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/19-upr/Стратегия_развития_Гик_2030(41 л.).pdf)

27. Указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 536 «Об Основах стратегического планирования в Российской Федерации» <https://crystalbook.ru/wp-content/uploads/2021/06/Указ-президента-Об-основах-стратегического-планирования-в-рф.pdf>

28. Федеральный закон от 20 июля 1995 г. № 115-ФЗ (с изм. от 09.07.1999) «О государственном прогнозировании и программах социально — экономического развития Российской Федерации». Утратил силу в связи с принятием Федерального закона от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»

29. Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ (ред. от 13.07.2024) «О стратегическом планировании в Российской Федерации»

30. Федеральный закон от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

31. Щербаков А.К. Ликвидация системы планирования в СССР. [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://proza.ru/2021/07/21/383>

32. Ellman, M. (2014). *Socialist Planning* (Cambridge).

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В СОЗДАНИИ МНОГОЗОННЫХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ СВЕТОФИЛЬТРОВ ДЛЯ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КА ДЗЗ ВИДИМОГО И БЛИЖНЕГО ИК-ДИАПАЗОНА

В. Я. Ширипов, Н. А. Долгий, П. А. Поздняков, С. Л. Перко, В. С. Куксов
ООО «ИнтерНаноТехнологии», Минск, Беларусь

Многозонные светофильтры в паре с фоточувствительными модулями являются критически важными компонентами для получения снимков высокого качества со спутников дистанционного зондирования Земли. В зависимости от задач светофильтры для ДЗЗ, как правило, имеют от 2 до 11 световых зон, совмещённых на одном компактном элементе.

Согласно классификации ОСТ 3—854—88 данные светофильтры относятся к подтипу составных (состоящих из нескольких элементарных). При этом часть элементарных фильтров используется для выделения рабочей полосы пропускания (этот фильтр называют основным), а остальные (дополнительные) — для подавления излучения в заданных областях спектра вне рабочей полосы.

На протяжении более 12 лет компания ООО «ИнтерНаноТехнологии» является производителем светофильтров для космической отрасли. За это время было изучено и реализовано на практике три основных конструктивно-технологических метода создания таких изделий:

1. Склеивание подложек плоскостями в единый моноблок;

2. Склеивание отдельных фотозон на монолитном основании;

3. Монолитная подложка с локальными фотозонами.

Далее мы рассмотрим преимущества и недостатки отмеченных выше технологических методов изготовления многозонных светофильтров.

1. Склеивание подложек плоскостями в единый моноблок.

Сперва на отдельные пластины наносятся фильтрующие и отрезающие покрытия. Затем отдельные пластины с интерференционными покрытиями склеиваются с использованием оптического клея в один монолитный элемент.

Преимуществами такого исполнения является возможность использования до 4-х покрытий (при 2-х подложках) для формирования одной световой зоны. Это позволяет упростить используемые покрытия.

Обратной стороной такого подхода является необходимость совмещения и склеивания подложек с высокой точностью (вплоть до нескольких мкм).

Примером 4-зонного склеенного светофильтра является светофильтр СФЗ-С.

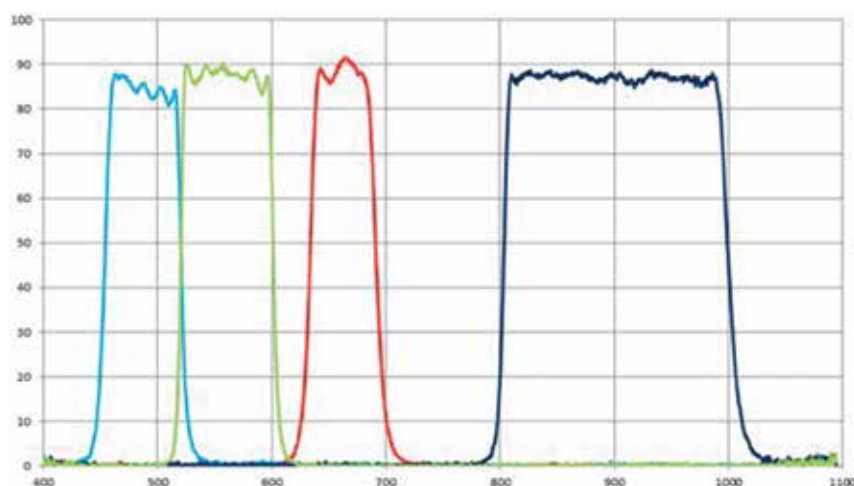


Рисунок 1 — Пример изготовленного четырёхзонного светофильтра

Последними технологическими улучшениями в таком варианте изготовления светофильтров стали:

- Формирование обеих границ пропускания выделяемого спектрального диапазона в одном производственном цикле для снижения величин

ны разброса ширины полосы пропускания;

- Расположение фильтрующих покрытий ближе к фотоприёмнику;
- Чёрные покрытия образуют «колодец» для уменьшения переотражений и засветок.

2. Склеивание отдельных фотозон на монолитном основании.

При таком методе каждая фотозона напыляется на отдельных подложках большого размера. После

напылительных процессов фотозоны вырезают на элементы нужного размера и объединяют в монолитный светофильтр путём склеивания (либо сборки в оправу).

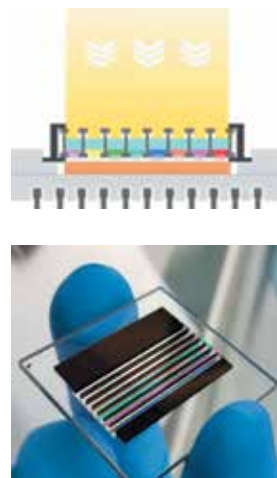
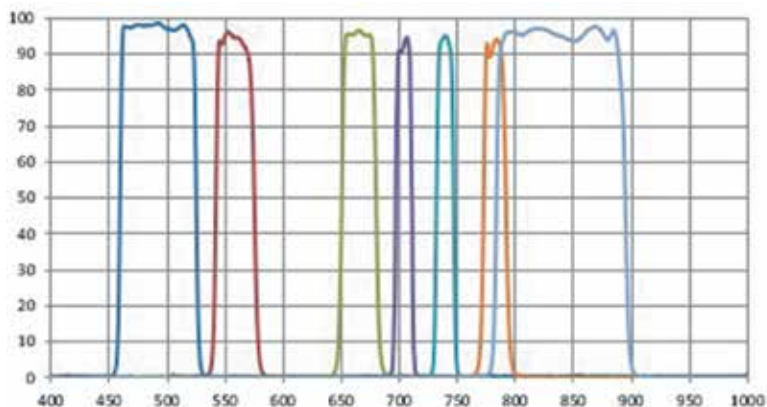


Рисунок 2 — Пример изготовленного семизонного светофильтра

Основным преимуществом данного подхода является возможность реализации светофильтров с количеством зон более 6 при сохранении экономически приемлемого выхода годных изделий. Это позволяет предлагать универсальные решения по доступной для серийных космических аппаратов стоимости.

Отрицательным моментом данной технологии является повышенная трудоемкость операции склеивания при большом количестве составных частей светофильтра. Минусом также является отсутствие возможности контролировать плоскостность таких изделий и добиваться низкой клиновидности в местах склейки.

3. Монолитная подложка с локальными фотозонами.

В данном методе фильтрующие фотозоны формируются

на одной стеклянной подложке. Как правило, для формирования каждой фотозоны используется 2 покрытия: фильтрующее и блокирующее.

Преимуществом такого светофильтра является повышенная надежность ввиду отсутствия склейки. Процессы фотолитографии позволяют сформировать зоны необходимого размера с высокой точностью. Поверхность вне световой зоны закрывается черным поглощающим покрытием с двух сторон стекла для минимизации засветок и переотражений. Также плюсом такого подхода является возможность достигать контролируемых значений по плоскостности.

Примером 5-зонного монолитного светофильтра, выполненного на одной подложке из белого стекла, является светофильтр СФЗ-Ш.

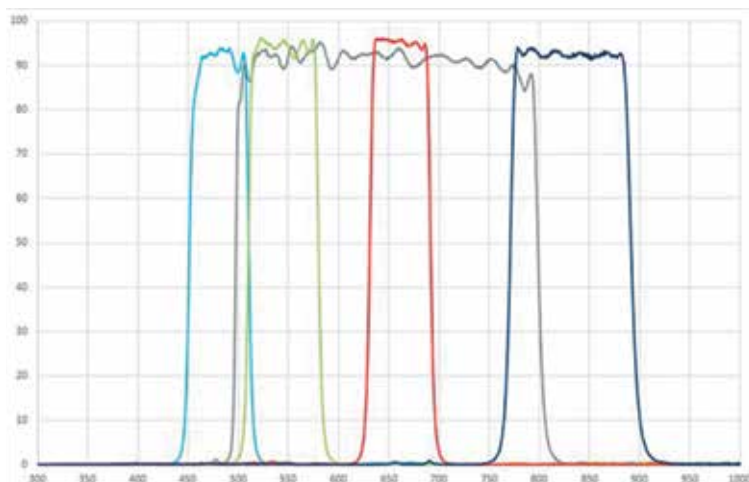


Рисунок 3 — Пример изготовленного пятизонного светофильтра

Среди недостатков можно выделить невысокий выход годных изделий, что связано с большим количеством технологических процессов нанесения покрытий и фотолитографий на один оптический элемент, а также усложнение конструкции покрытий в связи с необходимостью обеспечить высокий уровень пропускания/блокировки только двумя покрытиями.

Среди последних улучшений данной технологии производства светофильтров можно отметить:

- Реализация интерференционных покры-

тий повышенной сложности (80+ слоёв) для достижения резких границ полос светофильтров, высокого пропускания в каждой полосе и хорошего уровня блокировки в требуемом диапазоне;

- Распределение толщин слоёв покрытий для обеспечения контролируемых параметров по плоскостности изделий.

Ниже представлен ещё один пример изготовленного 4-зонного монолитного светофильтра на подложке из белого стекла.

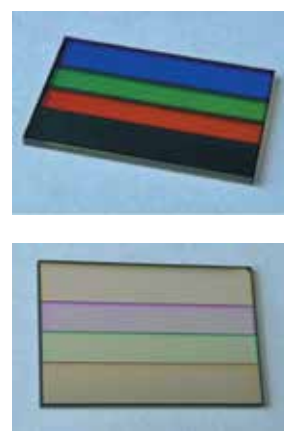
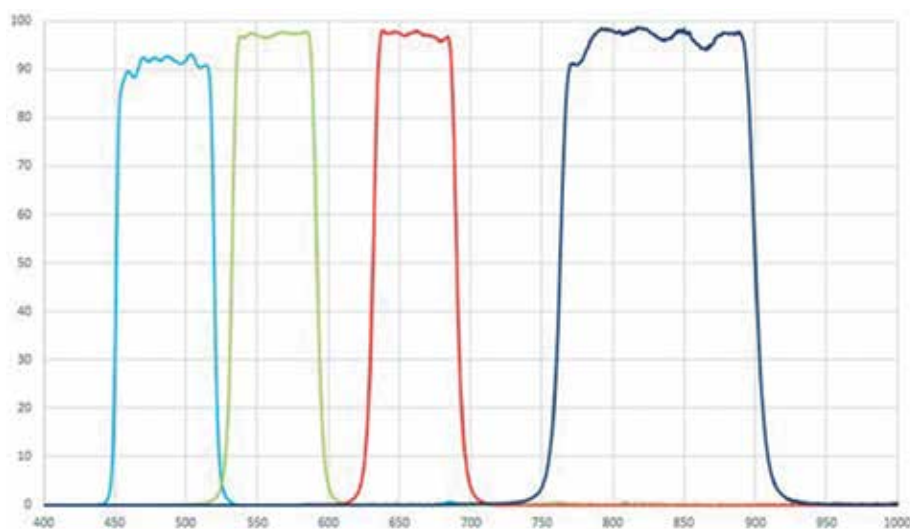


Рисунок 4 — Пример изготовленного четырехзонного светофильтра

Независимо от реализуемой технологии изготовления, можно отметить постоянную тенденцию к ужесточению требований, предъявляемых к многозонным светофильтрам ДЗЗ по следующим характеристикам:

- пропускание, степень блокировки, крутизна границ светофильтров;
- точность габаритов формируемых зон;
- контроль плоскостности изделий;
- дефекты покрытия в световой зоне и чёрных масках.

Квалифицированный технический персонал вкупе с высокоточным и полностью автоматизированным ионно-лучевым оборудованием, технологией взрывной фотолитографии и современными системами контроля качества позволяет нашей компании регулярно улучшать технические характеристики изготавливаемой продукции, а также продолжать исследовательскую работу над развитием новых

конструктивно-технологических решений для изготовления многозонных светофильтров, среди которых можно выделить:

- Нанесение фильтрующих покрытий непосредственно на фотосенсор;
- Создание линейно перестраиваемых фильтров;
- Создание мультизонных светофильтров с количеством зон 16—32—64.

В начале 2024 года группа компаний «ИЗОВАК» завершила строительство собственного здания, где в конце 2025 года будет создано абсолютно новое производственное помещение с самыми современными системами и оборудованием необходимым для изготовления многозонных светофильтров ДЗЗ. Данный шаг позволит нам обеспечить наивысшее качество изготавливаемой продукции и сократить сроки её производства.

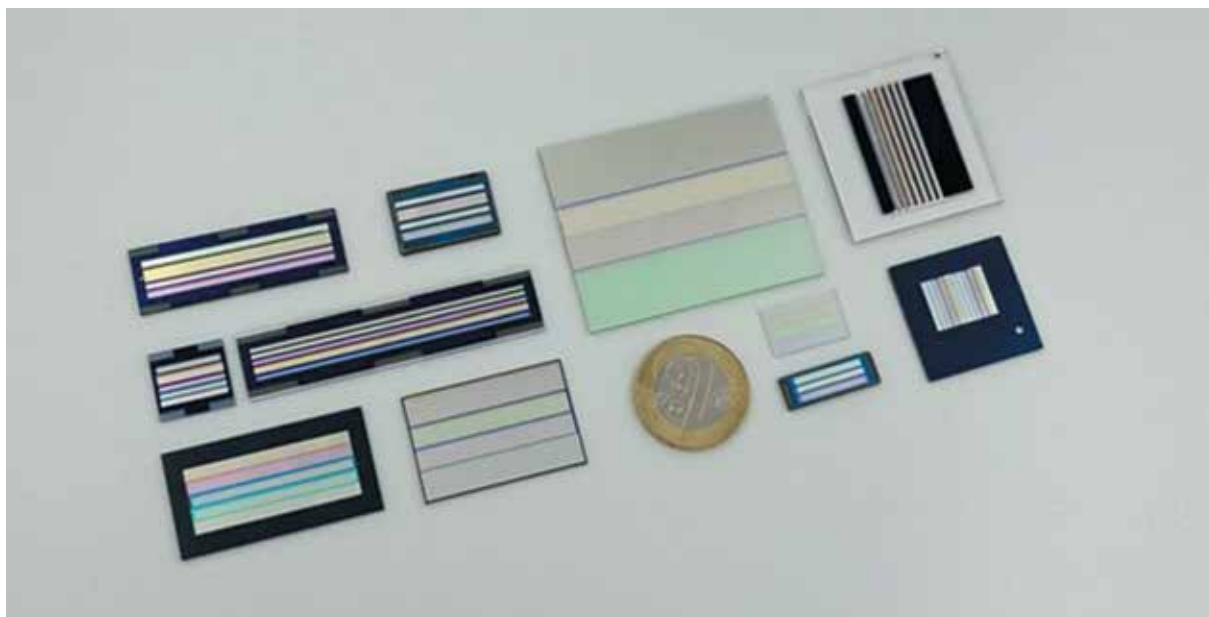


Рисунок 5 — Общее фото всех выполненных проектов

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ В ДЗЗ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ В НИЦ «ПЛАНЕТА»

М. О. Кучма, А. В. Бородицкая, Ю. А. Шаилова
Дальневосточный Центр ФГБУ «Научно-исследовательский центр
космической гидрометеорологии «Планета», Хабаровск, Россия

Введение

Разработка и оптимизация алгоритмов анализа и интерпретации данных спутниковых наблюдений в гидрометеорологических целях обеспечили значительное увеличение потенциала использования космической информации в процессе ежедневного анализа и прогнозирования погодных условий. Этому способствует возможность глобального и непрерывного мониторинга поверхности Земли и состояния атмосферы, предоставляемого спутниковыми инструментами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). С учётом увеличения группировок гидрометеорологических космических аппаратов эти данные позволяют более эффективно решать ряд прикладных научных проектов и задач оперативной метеорологии, включая прогнозирование различных атмосферных явлений и мониторинг климатических изменений. Но вместе с этим происходит и увеличение числа ограничений, обусловленных необходимостью обработки большого объёма разнородных данных, которые не всегда обладают логически связанными характеристиками.

Физическое моделирование для спектрального анализа спутниковых данных, а также методы машинного обучения и нейронных сетей, требуют не только больших вычислительных ресурсов, но и адаптированных под региональные особенности методик расчёта.

Методы обработки спутниковых данных. Использование представленных аппаратных средств и вычислительных технологий позволяет производить расчёты и использовать большое количество зависимых и независимых переменных для задач, требующих оперативного получения конечного результата.

Например, для высокоэллиптического космического аппарата (КА) Арктика-М №1 на основе применения сверточной нейронной сети с вейвлет-преобразованиями был разработан алгоритм минимизации помех в виде полос на данных инфракрасных каналов спутникового прибора [1]. Внедрение алгоритма в оперативную работу позволило без ограничений получать весь перечень информационной продукции, предусмотренной техническим заданием.

Разработаны и внедрены алгоритмы на основе физического моделирования для расчёта тематической продукции: высоты верхней границы облачности, эффективного радиуса облачных частиц, оптической толщины в спектральном канале 0.6 мкм и фазового состава воды в облаке [2]. Также на основе сверточных нейронных сетей разработаны алгоритмы для детектирования облачного [3], снежного [4] и ледяного покровов [5]. Они реализованы для приборов МСУ-МР, МСУ-ГС и АНІ, установленных на космических аппаратах (КА) серий Метеор-М, Арктика-М и Электро-Л, Himawari соответственно.

Одной из актуальных разработок является расчёт вертикальных профилей температуры и влажности в атмосфере [6] по измерениям прибора МТВЗА-ГЯ, установленного на КА серии Метеор-М. Особенностью разработки является то, что для обучения нейронной сети прямого распространения на основе многослойного персептрона используется обучающая выборка, которая содержит в себе практически все вариации атмосферных параметров за несколько лет.

Другими важными продуктами, рассчитываемыми по данным приборов МСУ-ГС КА серии Арктика-М и Электро-Л, а также прибора АНІ КА серии Himawari, являются типы облачности [7] и оценки интенсивности осадков для территории Азиатско-Тихоокеанского региона с применением методов искусственного интеллекта. Поскольку на Дальнем Востоке практически нет метеорологических радиолокаторов, эти параметры являются важным дополнением к аэросиноптическому материалу при составлении прогнозов погоды. Для оценки интенсивности осадков разработан алгоритм на основе двух нейросетевых модулей: классификатора полей осадков и регрессора для оценки их мгновенной интенсивности.

В ходе работ большое внимание уделяется оценке точности получаемых тематических продуктов. Для каждого тематического продукта применяется несколько этапов валидации: расчёт различных метрик на тестовом наборе данных; сравнение с результатами ручного дешифрирования спутниковых изображений или с данными наземных измерений; сравнение с аналогичными тематическими про-

дуктами зарубежных спутниковых приборов. По результатам представленной комплексной оценки точности делается вывод об уровне достоверности и точности работы алгоритмов.

Заключение

Получаемые информационные продукты крайне важны для Дальневосточного региона, поскольку практически полное отсутствие радиолокационных и редкая сеть наземных метеорологических наблюдений не позволяют в полной мере отслеживать обстановку в регионе и проводить полноценный её анализ. Все разработанные в Дальневосточном центре НИЦ «Планета» технологии обработки и получения продуктов по данным российских космических аппаратов, имеют логическое завершение, позволяющее комплексно использовать эти данные в целях мониторинга метеоусловий, сельхозземель, мониторинга паводковой обстановки, наукастинга осадков и для решения ряда других задач.

Список литературы

1. Кучма М.О., Андреев А.И., Крамарева Л.С. Нейросетевой алгоритм минимизации помех в инфракрасных каналах прибора МСУ-ГС космического аппарата Арктика-М №1 // Материалы 20-й Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН. 2022. с. 45. DOI: 10.21 046/20DZZconf-2022a.
2. Филей А.А. Восстановление оптической толщины и эффективного радиуса частиц облачности по данным дневных измерений спутникового радиометра МСУ-МР // Оптика атмосферы и океана. 2019. Т.32, №8. с. 650—656. DOI: 10.15 372/AOO20 190 807.
3. Андреев А.И., Шапилова Ю.А. Детектирование облачности по данным КА Himawari-8 с применением сверточной нейронной сети // Исследование Земли из космоса. 2021. №2. с. 42—52. DOI: 10.31 857/S0 205 961 421 010 036.
4. Bloshchinskiy V.D., Kuchma M.O., Andreev A.I., Sorokin A.A. Snow and cloud detection using a convolutional neural network and low-resolution data from the Electro-L No. 2 Satellite // J. Appl. Rem. Sens. 2020. Vol. 14, No. 3. pp. 034 506. DOI: 10.1117/1. JRS.14.034 506.
5. Кучма М.О., Лотарева З.Н., Слесаренко Л.А. Определение маски ледяного покрова дальневосточных морей по данным прибора МСУ-МР спутника «Метеор-М» №2 // Исследование Земли из космоса. 2021. №2. с. 31—41. DOI: 10.31 857/S0 205 961 421 020 032.
6. Филей А.А., Андреев А.И., Успенский А.Б. Использование искусственных нейронных сетей для восстановления температурно-влажностного состояния атмосферы по данным спутникового микроволнового радиометра МТВ3А-ГЯ КА Метеор-М №2—2 // Исследование Земли из космоса. 2021. №6. с. 83—95. DOI: 10.31 857/S0 205 961 421 060 087.
7. Андреев А.И., Давиденко А.Н., Пустатинцев И.Н. Алгоритм классификации типов облачности на основе нейронной сети и метода опорных векторов // Материалы 17-й Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН. 2019. с. 14. DOI: 10.21 046/17DZZconf-2019a.

ПЛАТФОРМА ДАННЫХ КОМПАНИИ СПУТНИКС — ИНСТРУМЕНТ ОПЕРАТИВНОГО СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

С. Г. Мышляков, ООО «ГК Спутникс», Москва, Россия

Веб-сервисы, построенные в соответствии с принципами клиент-серверной архитектуры, давно стали фактическими стандартами взаимодействия при работе с «большими» данными, в т. ч. с пространственными.

Группа компаний «Спутникс» является оператором крупнейшей в России частной группировки спутников, которая насчитывает на орбите 3 спутника дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) Зоркий 2М в режиме промышленной эксплуатации, десятки спутников Sitro AIS для автоматической идентификации судов (АИС) в режиме промышленной эксплуатации и 2 спутника интернета вещей (IoT) в режиме опытной эксплуатации. До конца 2025 года ожидается запуск ещё 3 спутников ДЗЗ Зоркий 2М. В настоящее время в стадии разработки находится спутник сверхвысокого разрешения Киноспутник, ведётся проектирование аппаратов радиолокационного дистанционного зондирования АтомСат. Помимо этого, компания предоставляет возможность заказа данных ДЗЗ с китайских спутниковых съёмочных систем сверхвысокого разрешения.

Для работы с данными ДЗЗ с собственной группировки и внешних операторов, ГК «Спутникс» раз-

вивает собственную платформу. В настоящее время реализован функционал сервиса, позволяющий выполнять поиск архивных снимков и заказ новой съёмки по набору пользовательских параметров (поиск на заданную территорию, в т. ч. произвольно задаваемую пользователем, поиск по заданному диапазону дат, учёт угла отклонения от надира при выполнении съёмки, уровень допустимой облачности (%) и допустимый угол положения Солнца в момент съёмки). Реализован личный кабинет пользователя, позволяющий управлять заказами и отслеживать статус их выполнения. Фрагмент пользовательского интерфейса сервиса поиска и заказа данных приведён на рисунке 1.

Всё более широкое распространение получают тематические прикладные веб-сервисы, основанные на данных спутниковой съёмки. Первым таким сервисом, реализованным ГК «Спутникс», является сервис мониторинга пожаров. Сервис основан на оперативном получении данных о тепловых аномалиях (термоточках) и картографировании температуры земной поверхности, используя возможности глобальной группировки спутников низкого разрешения: Suomi NPP VIIRS, NOAA VIIRS, TERRA MODIS, AQUA MODIS, AVHRR, FY-3E и др. Прин-

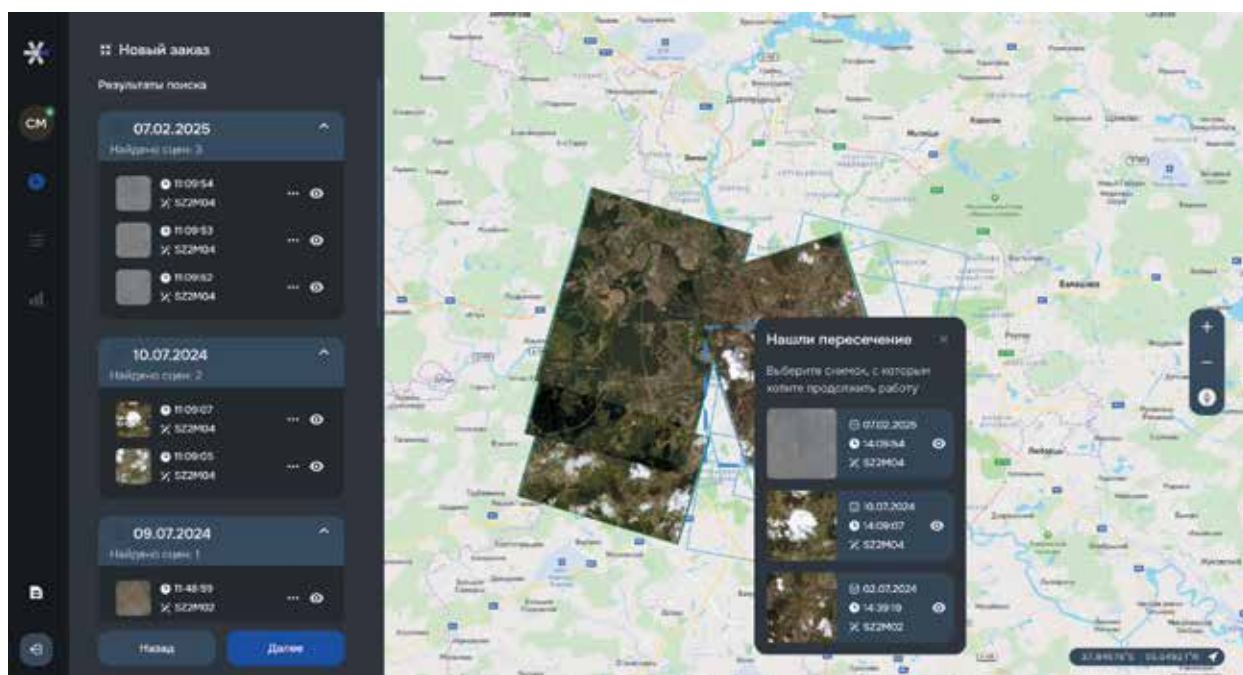


Рисунок 1 — Пользовательский интерфейс сервиса поиска и заказа данных ДЗЗ

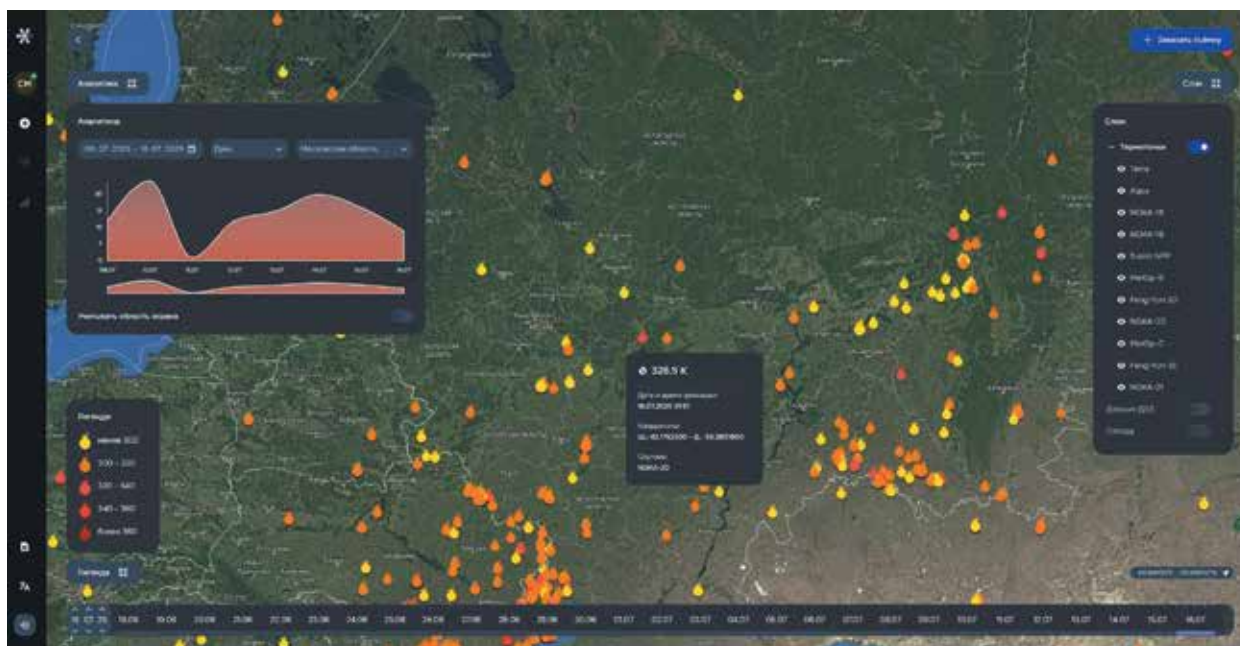


Рисунок 2 — Пользовательский интерфейс сервиса мониторинга пожаров

ципиальным отличием сервиса от аналогичных доступных сервисов мониторинга тепловых аномалий, основанных на открытых данных, таких как FIRMS, является оперативность. Данные в сервисе появляются не позднее 15 минут с момента приёма на собственную сеть приёмных станций, что открывает широкие возможности для быстрого реагирования при обнаружении потенциальных мест возникновения пожаров. Сервис имеет картографическую панель с временным слайдером, позволяющим оценивать пожароопасную ситуацию во времени и аналитическую панель, позволяющую сравнивать текущую интенсивность пожаров с прошедшими временными периодами. Наличие у сервиса API обеспечивает интеграцию с внешними системами и сервисами. Фрагмент пользовательского интер-

фейса сервиса мониторинга пожаров приведён на рисунке 2.

В компании развивается направление, связанное с использованием нейросетей для обработки данных ДЗЗ. В настоящее время разработаны прототипы сервисов обнаружения конкретных объектов (target detection), таких как транспортные средства, контейнеры, здания, сооружения, дороги, виды земель (леса, сельскохозяйственные угодья, водоёмы, естественные ландшафты). Вторым направлением использования нейросетей является искусственное увеличение пространственного разрешения снимков (симуляция снимков сверхвысокого разрешения). При использовании данного подхода пространственное разрешение снимков Зоркий 2М может быть увеличено с исходных 2,7 м до 0,5 м.

КОСМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДЗЗ И ТЕХНОЛОГИИ PHOTOMOD ДЛЯ ИХ ОБРАБОТКИ

Р. В. Пермяков
АО «Ракурс», Москва, Россия

Введение

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) из космоса является ключевым компонентом современной космической экономики, обеспечивая критически важные данные для национальной безопасности, управления территориями, мониторинга климата и развития цифровой экономики. Динамичное развитие технологий съёмки, характеризующееся ростом числа спутниковых группировок и повышением детальности данных, предъявляет повышенные требования к программным комплексам для их обработки. В условиях импортозамещения и реализации Национального проекта «Космос» актуальность создания и применения отечественных фотограмметрических и радарграмметрических технологий, таких как PHOTOMOD, многократно возрастает. Данный доклад посвящён анализу мировых тенденций рынка ДЗЗ, доступным для российских пользователей данным и возможностям их высокоточной обработки с помощью российского программного обеспечения.

1. Космическая экономика и национальные проекты

Объём мировой космической экономики, по данным аналитических компаний (BryceTech, SpaceCapital), продолжает устойчивый рост, превышая 500 млрд долларов США. Рынок данных и услуг ДЗЗ является одним из наиболее динамичных его сегментов. Согласно отчётам NovaSpace и ГК «Спутникс», доля России в глобальном рынке ДЗЗ остаётся незначительной (менее 2—3 %), что указывает на значительный потенциал для развития.

Стратегическим ответом на этот вызов является Национальный проект «Космос», в рамках которого Федеральный проект «Спутниковая связь и наблюдение за Землёй» ставит амбициозные цели по созданию к 2036 году орбитальной группировки ДЗЗ из более чем 250 космических аппаратов (КА) различного назначения. Это предполагает не только запуск новых спутников, но и создание полного технологического цикла — от производства КА до предоставления конечным потребителям готовых информационных продуктов.

2. Основные тренды развития отрасли ДЗЗ (2025 г.)

Доминирование государственного заказа с интеграцией частных практик. Правительства остаются ключевыми заказчиками, активно внедряя модели государственно-частного партнёрства (ГЧП) для привлечения инноваций и поддержки эффективности частного сектора.

Демократизация и суверенизация. Всё больше стран развёртывают не единичные кубсаты, а многоспутниковые группировки, обеспечивая независимый доступ к космическим данным в целях обеспечения национальной безопасности.

Консолидация рынка и виртуальные созвездия. Жёсткая конкуренция за госконтракты ведёт к слияниям и партнёрствам между операторами, что позволяет формировать «виртуальные созвездия» для повышения периодичности съёмки.

Диверсификация бизнес-моделей. Сложившиеся бизнес-модели приобретения КА ДЗЗ в целом и спутникового ресурса в частности нацелены на удовлетворение потребностей всех типов заказчиков: от мейнстримных до нишевых, с разным уровнем профессиональной подготовки и разными требованиями к бюджету и срокам развёртывания.

Дефицит решений для климатического мониторинга. Несмотря на остроту проблемы (рекордное повышение температуры в 2024 г.), запуски специализированных КА для мониторинга парниковых газов остаются недостаточными из-за переориентации бюджетов агентств и формального подхода к ESG.

Технологическая конвергенция. Передовые технологии (искусственный интеллект, новые сенсоры, бортовые вычисления), успешно апробированные на спутниках-демонстраторах, массово внедряются в серийные аппараты, повышая их функциональность.

3. Итоги запусков и доступные данные для российских пользователей

В 2024 и первой половине 2025 года продолжился рост числа запусков КА ДЗЗ, преимущественно в рамках развёртывания крупных низкоорбитальных группировок. В 2024 году Россия по числу запусков спутников ДЗЗ заняла третье место. В 2025 году (по состоянию на август) Россия по этому показателю находится лишь во втором десятке стран.

На сегодняшний день российским пользователям доступны оптические и радиолокационные

данные с группировок отечественных и китайских спутников ДЗЗ с пространственным разрешением от 30 см до 10 м, а также свободно распространяемые глобальные цифровые модели рельефа и местности с детализацией около 30 м.

4. Технологии PHOTOMOD для обработки данных ДЗЗ

Программный комплекс PHOTOMOD оперативно поддерживает новые типы запускаемых космических сенсоров и позволяет организовать полный цикл обработки космических снимков для получения метрически точных выходных продуктов: от выполнения паншарпенинга в пакетном режиме до создания цифровых моделей рельефа и 3D-моделей и классификации облаков точек с применением нейросетевых алгоритмов.

Заключение

Мировой рынок ДЗЗ характеризуется высокой

динамикой, технологической сложностью и растущей конкуренцией. Реализация Национального проекта «Космос» является стратегически верным шагом для обеспечения технологического суверенитета России в этой сфере. Однако создание орбитальной группировки — лишь первая часть задачи. Ключевое значение имеет наличие отечественных технологий для превращения сырых данных в точную и полезную информацию.

Российский программный комплекс PHOTOMOD демонстрирует готовность решать эти задачи, предоставляя современные инструменты для фотограмметрической обработки данных с новейших сенсоров, включая применение искусственного интеллекта. Его развитие и интеграция в единый технологический контур с группировкой КА ДЗЗ являются необходимым условием для создания конкурентоспособной отечественной экосистемы предоставления геоинформационных услуг.

ТЕСТОВЫЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ И КАЛИБРОВКИ АЭРОФОТОСЪЁМОЧНЫХ СИСТЕМ

О. И. Козлов, С. В. Староверов, С. С. Нехин, А. Н. Рубенок
Публично-правовая компания «Роскадастр», Москва, Россия

Публично-правовая компания «Роскадастр» осуществляет модернизацию полевой геодезической лаборатории (ЛПГ-М) в рамках опытно-конструкторской работы — ОКР «ГЕОЛАБ», предусмотренной федеральным проектом «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России». В состав ЛПГ-М входит тестовый фотограмметрический полигон (ТФП).

Для метрологического обеспечения комплекса работ по исследованию материалов аэрофотосъёмки и лазерного сканирования на ТФП необходимо использование рабочих эталонов единицы первого разряда. Применение рабочих эталонов позволит измерять на местности любые точечные, линейные, площадные и трёхмерные тестовые объекты.

Особое значение имеет правильный выбор эталонных средств измерений, размер и местоположение ТФП, выбор контурных и маркированных контрольных точек местности на полигоне, их расположение, а также формы тест-объектов для определения изобразительных характеристик аэрофотокамер, исследования мобильных лазерных сканирующих систем и систем воздушного лазерного сканирования, устанавливаемых на пилотируемых и беспилотных воздушных судах (БВС). Необходимость создания ТФП становится особенно актуальной в условиях массового использования филиалами ППК «Роскадастр» аэросъёмки с БВС для целей крупномасштабного картографирования и выполнения комплексных кадастровых работ.

Для фотограмметрической калибровки аэрофотосъёмочных систем и испытания лазерных скани-

рующих систем разработан проект тестового фотограмметрического полигона, создаваемого на базе ППК «Роскадастр».

В докладе приведён состав оснащаемых аппаратно-программных средств и оборудования: комплексы измерительного ГНСС-оборудования, программное обеспечение проектирования АФС, фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъёмки, воздушного и наземного мобильного лазерного сканирования, программное обеспечение спутниковых геодезических измерений. Описано назначение различных перспективных испытательных методов и технологий. Обоснована необходимость создания тестового фотограмметрического полигона в условиях массового использования филиалами ППК «Роскадастр» аэросъёмки с беспилотных воздушных судов для целей крупномасштабного картографирования и выполнения комплексных кадастровых работ.

Список литературы

1. Лобанов А. Н., Фотограмметрия: Учебник для вузов 2-е изд., перераб. и доп. / А. Н. Лобанов. — М.: Недра. 1984—552 с.
2. Титаров П. С. Метод приближённой фотограмметрической обработки сканерных снимков при неизвестных параметрах сенсора / П. С. Титаров // Геодезия и картография. — 2002. — № 6. — С. 30—34.
3. Smith M., Park D. 2000. Absolute and exterior orientation using linear features/ M. Smith, D. Park // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Amsterdam, The Netherlands, 33(B3): pp. 850—857.

ПРОФЕССИОНАЛЬНО ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ!

Электронная версия журнала
на расстоянии клика
на сайте и в социальных сетях

ГЕОПРОФИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ

 www.GEOPROFI.RU

 vk.com/geoprofi_2003

 t.me/geoprofi_2003

Читайте журналы и отдельные
статьи на компьютере и мобильных
устройствах или подпишитесь
на полиграфическую версию.

За 22 года:

- 135+ выпусков журнала
- более 1300 авторов из России
и других стран
- 1400 статей о технологиях,
организациях, учебных заведениях
и специалистах
- изданы шесть книг из серии
«Библиотека научно-технического
журнала по геодезии, картографии
и навигации «Геопрофи»
- оказана информационная
поддержка около 300
мероприятиям

ISSN 2306-8736



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



ВОЗМОЖНОСТИ ГИС СИСТЕМ НИЦ «ПЛАНЕТА» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Е. И. Холодов, А. К. Малков, Ю. А. Амельченко

Дальневосточный Центр ФГБУ «Научно-исследовательский центр
космической гидрометеорологии «Планета», Хабаровск, Россия

Введение

В настоящее время интенсивно разрабатываются и совершенствуются технологии обработки и анализа данных, получаемых с различных космических аппаратов (КА). Данные измерений спутниковых приборов позволяют получать широкий спектр тематической продукции для решения множества фундаментальных и прикладных задач. При этом платформ, позволяющих связать в единый технологический цикл формирование готовых продуктов под нужды потребителя и возможность их отображения и анализа стандартными и специальными инструментами, для российской группировки метеорологических спутниковых систем, практически нет. С запуском 28 февраля 2021 г. высокоэллиптического гидрометеорологического КА Арктика-М №1 стало доступно получение с высокой периодичностью информации по Арктическому региону Земли (выше 60° с. ш.) с российской группировки КА [1]. Вместе с этим возникла необходимость разработки универсального инструментария для доведения абсолютно новых информационных продуктов широкому кругу потребителей в приполярных районах России. Таким инструментом стала геоинформационная система (ГИС) «Арктика-М», разработанная в НИЦ «Планета» [2]. С первых дней функционирования система получила множество положительных отзывов, что дало импульс на её развитие и внедрение новой платформы, позволяющей отображать и комплексировать информационную продукцию и с других российских КА, а также расширение её функционала на всю территорию страны. В докладе представлены описание структуры и технических характеристик геоинформационных систем отображения данных и информационной продукции российских КА, а также их особенности, связанные с требованиями и задачами конкретного пользователя.

Структура и технические характеристики ГИС

Разработанные в НИЦ «Планета» геоинформационные системы метеорологической направленности состоят из 3-х основных компонент, тесно связанных между собой: системы подготовки данных, базы данных хранения векторной и растровой

информации и системы визуализации и распространения информации. При разработке использованы современные технологии, обеспечивающие доступ к данным посредством картографических сервисов, объединённых в веб-интерфейсе. Серверная часть ГИС состоит из ПО GeoServer, СУБД PostgreSQL и исполняемых скриптов, разработанных авторами. Лицензии на всё стороннее ПО не накладывают ограничений на использование или распространение готовой ГИС в широком доступе. Комплекс подготовки данных для ГИС, работающий на кластере серверов, обеспечивает преобразование исходных данных КА в форматы ГИС. Преобразование происходит как с использованием специализированного ПО разработчиков космических систем, так и с использованием программных комплексов, разработанных в НИЦ «Планета». В настоящее время в Geoserver опубликовано свыше 300 слоёв, доступных пользователям для просмотра. Система является универсальной и позволяет подготавливать, обрабатывать, хранить и визуализировать растровую и векторную информацию в различных картографических проекциях. Представленный набор информационных продуктов, их территориальное покрытие, временной диапазон хранения информации и способ её отображения могут подстраиваться под требования и задачи конкретного пользователя и устанавливаться администратором.

В настоящее время в интересах потребителей как в масштабе всей страны, так и на региональном уровне внедрены следующие ГИС разработки НИЦ «Планета»:

ГИС «Арктика-М» — разработана с целью предоставления результатов тематической обработки данных КА серии «Арктика-М» в оперативном режиме. ГИС обеспечивает получение глобальных и региональных карт облачности и земной поверхности районов Крайнего Севера по данным видимого и инфракрасного спектральных диапазонов, метеорологических параметров облачности и прогностических данных;

ГИС «Планета» — создана с целью предоставления в оперативном режиме информации о различных гидрометеорологических параметрах, полученных по данным приборов, установленных на КА «Арктика-М», «Электро-Л», «Метеор-М», а также

ряда зарубежных КА. Функционал ГИС позволяет отображать информацию за разные временные сроки одновременно, что позволяет проводить мультимедийный анализ данных.

ГИС «Грозы-МЧС» — разработана для визуализации и комплексирования данных КА Электро-Л №4 и развёрнутой на Дальнем Востоке грозорегистрационной системы с целью анализа грозовой активности и параметров молниевых разрядов в режиме реального времени. Предоставление таким образом данных о грозовой активности широкому кругу пользователей существенно повысило эффективность мероприятий по предупреждению природных и природно-техногенных чрезвычайных ситуаций, в том числе обусловленных природными пожарами от «сухих» гроз.

Заключение

В ходе оперативной эксплуатации геоинформационные системы метеорологической направленности, разработанные в НИЦ «Планета», продемонстрировали высокую эффективность работы за счёт достоверности информации, оперативности доведения продукции до конечных пользователей, большого количества отображаемых продуктов. Всё это способствует повышению точности прогнозов и штормовых оповещений, сокращению сроков информирования органов власти различных уровней об изменениях гидрометеорологической обстанов-

ки и состоянии окружающей среды для своевременного реагирования и принятия управленческих решений. Использование ГИС позволяет объединить в единую информационную систему данные из различных источников, которые дополняют друг друга и в целом представляют собой эффективное средство мониторинга и прогнозирования. Размещение подобных ресурсов в сети Интернет даёт возможность оперативно информировать как заинтересованные службы, так и обычное население.

Список литературы

1. Асмус В. В., Милехин О. Е., Крамарева Л. С., Хайлов М. Н., Ширшаков А. Е., Шумаков И. А. Первая в мире высокоэллиптическая гидрометеорологическая космическая система «Арктика-М» / Метеорология и гидрология. — 2021. — № 12. — С. 11—26.
2. Холодов Е. И., Давиденко А. Н., Киселева Ю. В. Возможности геоинформационной системы «Арктика-М» для решения задач оперативной метеорологии // Материалы V-й Всероссийской научно-практической конференции «Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России», Иркутск, 23—25 ноября 2022 года / Иркутский государственный университет. — Иркутск: Иркутский государственный университет. — 2023. — С. 443—449.

МОНИТОРИНГ ОСЕДАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ SBAS-INSAR

Чжан Хуанхуэй, Э. Д. Кузнецов

ГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (УрФУ), Екатеринбург, Россия

Введение

Оседание поверхности — геологическая катастрофа, вызванная деятельностью человека и природными факторами, такими как снижение высоты поверхности [1]. Оседание поверхности тесно связано с различными видами человеческой деятельности, добычи нефти, природного газа, минеральных ресурсов и других масштабных разработок, что привело к серьёзным деформационным явлениям во многих городах и регионах Китая [2].

В последние годы из-за горных работ на угольных шахтах вокруг ирригационных каналов в некоторых из них в той или иной степени произошло проседание поверхности, что разрушило водную инфраструктуру каналов. Поэтому необходимо проводить эффективный и длительный последовательный мониторинг оседания поверхности вокруг оросительных каналов, получать своевременную и точную информацию об оседании, изучать особенности эволюции оседания поверхности, закономерности распределения и причины образования. Нивелирование позволяет определять деформации с высокой точностью, но для больших площадей этот метод является весьма затратным. Высокая стоимость, недостаточное пространственное разрешение и относительно небольшая площадь объектов ГНСС-мониторинга затрудняют осуществление крупномасштабного и детального мониторинга деформаций [3]. Интерферометрический радар с синтезированной апертурой (Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR) обладает такими преимуществами, как высокая проникающая способность, большая дальность наблюдения, всепогодность, непрерывность, большой пространственный охват. Именно эти преимущества превратили InSAR в важный космический метод наблюдения Земли [4].

Метод SBAS-InSAR генерирует интерферограммы временной последовательности из нескольких мастер-изображений в соответствии с принципом коротких пространственных и временных базовых линий. Пространственная фильтрация интерферометрических фаз и средняя пространственная когерентность используются для выбора медленных декорреляционно-отфильтрованных фазовых пикселей (slowly-decorrelation filtered phase, SDFP), которые имеют небольшую потерю фазы за короткий период времени.

SBAS-InSAR — это метод InSAR с временной последовательностью, впервые предложенный Берардино и др. [5], [6]. В методе все изображения SAR объединяются для создания серии небольших наборов данных, в которых пространственные и временные базовые линии пар изображений малы, что обеспечивает отсутствие изолированных кластеров пар изображений для улучшения временной частоты дискретизации данных наблюдения.

1. Обзор источников данных SAR и районов исследования

Спутник Sentinel-1 — это спутник радиолокационного наблюдения Земли, запущенный в рамках программы «Коперник» Европейского космического агентства (ЕКА), отличающийся многополяризационностью, разными углами падения, высоким пространственным разрешением и т. д. [7]. В данном исследовании для интервала с января 2023 г. по март 2025 г. использовано 59 сцен Sentinel-1A, по две сцены в месяц. В качестве данных используются однокурсные комплексные (single look complex, SLC) изображения, полученные в режиме широкой интерферометрии. Данные о точных орбитах (Precise Orbit Ephemerides, POD), загружаемые с сайта ЕКА, обеспечивают точность лучше 5 см, устраняя систематическую ошибку, вызванную ошибкой орбит. При использовании данных ЦМР SRTM1 с разрешением 30 м, предоставляемых НАСА и Национальным картографическим агентством Министерства обороны США для моделирования и удаления фазы рельефа, точность определения высоты составляет около 16 м [8].

Уезд Янчэн, входящий в состав города Цзиньчэн провинции Шаньси, расположен на юго-восточной оконечности провинции Шаньси. Он расположен в восточной части гор Тайюэ, к западу от гор Тайхань и на западном берегу среднего течения реки Хуанхэ. Он лежит между $112^{\circ} 00'$ — $112^{\circ} 37'$ восточной долготы и $35^{\circ} 12'$ — $35^{\circ} 40'$ северной широты, имеет длину около 54 км с севера на юг и ширину около 53 км с востока на запад, занимая общую площадь 1 968 кв. км. Все реки уезда Янчэн принадлежат к системе реки Хуанхэ. На возделываемые земли приходится 30 процентов территории.

Строительство ирригационных каналов на притоках реки Хуанхэ давно обеспечило стабильный источник воды для местного сельскохозяйственного производства. На рисунке 1 показан исследуемый район. Район богат минеральными ресурсами, по-

этому в последние годы на соседних угольных шахтах активизировалась добыча полезных ископаемых, и некоторые каналы в зоне орошения в разной степени просели, что привело к повреждению водохранной инфраструктуры каналов.

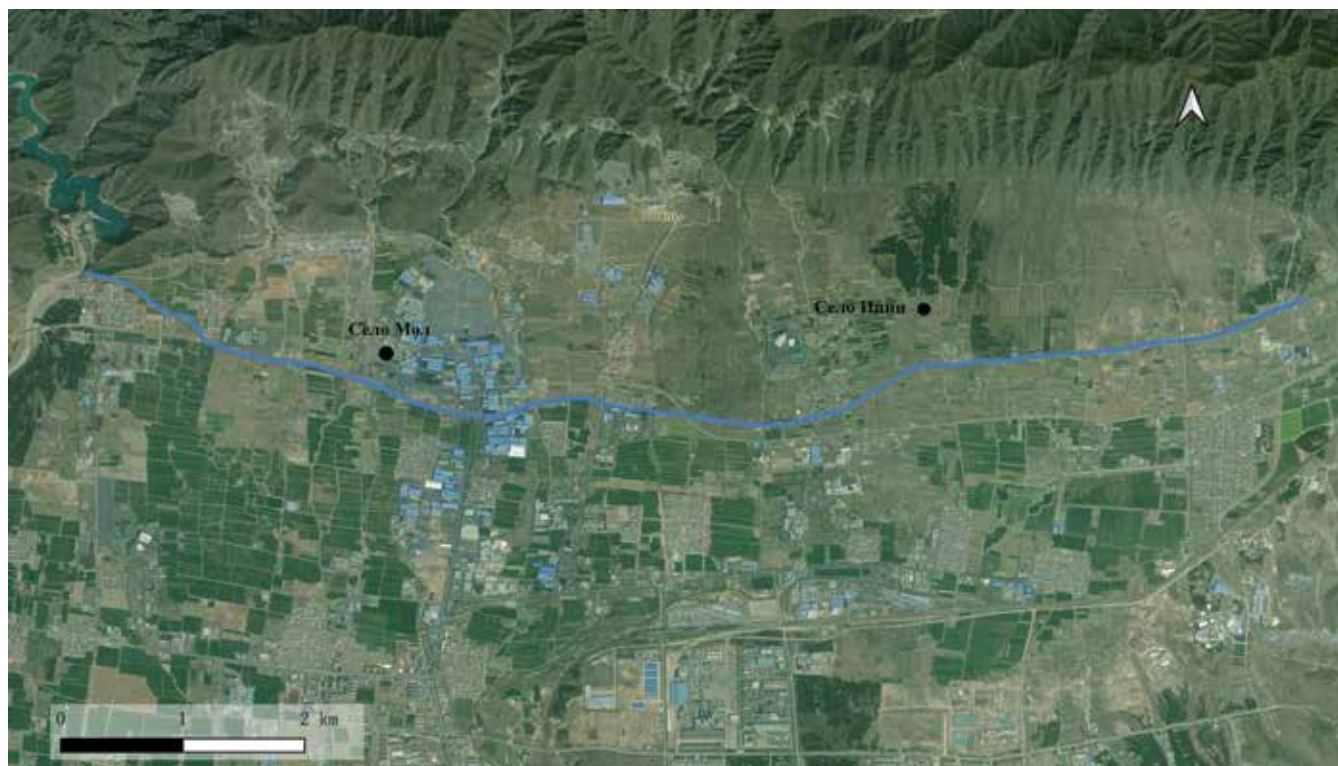


Рисунок 1 — Спутниковое изображение исследуемого района. Синей линией показан канал

2. Обработка данных

Технология SBAS-InSAR была использована для обработки снимков Sentinel-1 района водного канала округа Янчэн для получения данных об оседании поверхности в период с 2023 по 2025 годы. Этапы обработки:

Этап 1 — выделение исследуемой области. Из-за большого объёма исходных данных все оригинальные изображения Sentinel-1 были обрезаны по границе исследуемой территории, чтобы повысить скорость и эффективность обработки данных.

Этап 2 — оценка базовой линии для генерации связанных пар. В качестве мастер-изображения было выбрано изображение, полученное 30 января 2024 года. Остальные изображения были вспомогательными. Максимальная временная базовая линия была установлена на 120 дней, максимальная нормальная базовая линия (Max Normal Baseline, %) была установлена на 2%. Было сгенерировано 194 пары малых базовых помех (Number of pair to analyze). Выяснилось, что пространствен-

но-временная когерентность лучше, что позволяет избежать ошибки пространственно-временной некогерентности, вызванной одним мастер-изображением.

Этап 3 — интерферометрическая обработка. 1) Выполнение точного выравнивания первичных и вторичных изображений, удаление фазы рельефа с помощью ЦМР с разрешением 30 м для создания дифференциальных интерферограмм; 2) моделирование и удаление плоской фазы с помощью точных орбитальных данных; 3) устранение или ослабление шума с помощью адаптивной фильтрации (Filtering method: Goldstein); 4) развёртка фазы с использованием потока минимальных затрат (Minimum Cost Flow, MCF) при пороге когерентности развёртки (Unwrapping Coherence Threshold) на уровне 0.2.

Этап 4 — уточнение орбиты и повторное сглаживание. Остаточная фаза удаляется путём выбора подходящего количества контрольных точек (Geo Control Point, GCP) в стабильной области, свобод-

ной от остаточных топографических полос и скачков фазы.

Этап 5 — инверсия деформации. 1) Инверсия с помощью линейной модели для оценки скорости деформации и остаточной топографической фазы путём развёртки фазы с использованием потока минимальных затрат и критерия наименьших квадратов. 2) Коррекция деформаций за влиянием атмосферы путём низкочастотной фильтрации в пространственной области (Atmosphere Low Pass Size (m): 1600) и высокочастотной фильтрации во временной области (Atmosphere High Pass Size (days): 365).

Этап 6 — геокодирование. Пересчёт деформации из системы координат SAR в географическую систему координат, которая представляет собой деформацию цели в направлении прямой видимости радара (Line of Sight, LOS).

3. Анализ оседания грунта в районе

На основе технологии SBAS-InSAR была получена карта среднегодовой скорости вертикальных деформаций поверхности вдоль исследуемого линейного участка за период с января 2023 года по

март 2025 года (см. рис. 2). Диапазон скоростей деформаций варьируется от -100 мм/год до $+80$ мм/год. Положительные значения указывают на поднятие поверхности, отрицательные — на её оседание. Цветовая шкала визуализирует характер деформаций: красные и жёлтые области указывают на интенсивное оседание, зелёные — на относительную стабильность, а синие и фиолетовые — на поднятие поверхности.

Как видно на карте, вдоль исследуемого участка канала зафиксированы две выраженные зоны оседания:

1. Западная зона вблизи села Мол показывает менее интенсивные, но устойчивые тенденции к просадке.
2. Восточная зона в районе села Ипин характеризуется наиболее выраженным оседанием, местами достигающим -100 мм/год.

Полевые исследования и анализ пространственного положения деформаций показывает, что обе зоны оседания приурочены к районам, прилегающим к зонам добычи полезных ископаемых. Это позволяет сделать вывод, что основной причиной оседания поверхности является подземная горно-

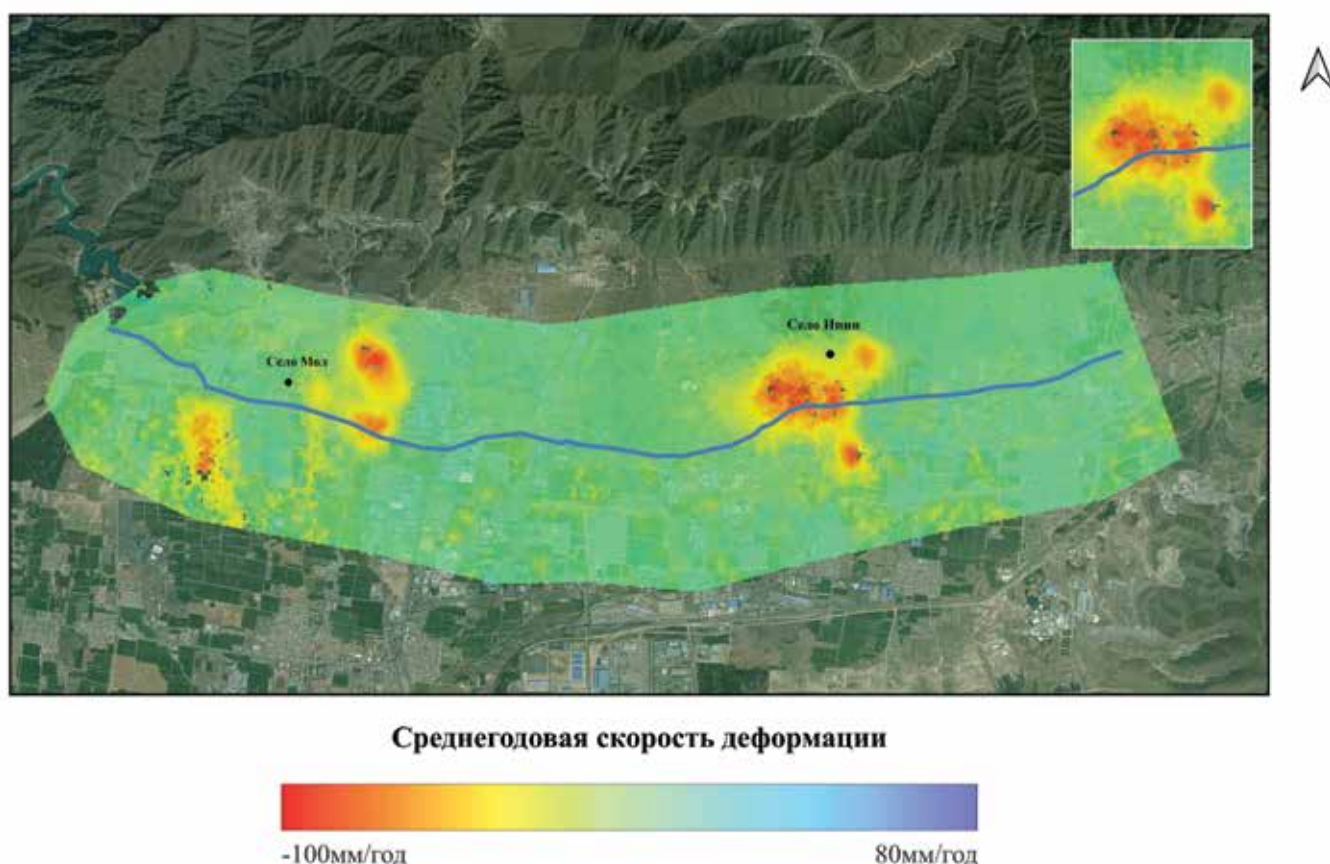


Рисунок 2 — Космический снимок, на котором показаны деформации поверхности в районе исследования

добывающая деятельность. В результате выемки горных пород и последующего перераспределения напряжений в толще земной коры происходит просадка верхних слоёв грунта. Кроме того, деструкция пород и образование пустот вследствие подземных разработок могут способствовать длительным и нерегулярным деформациям.

Остальная часть территории, показанная зелёным цветом, остаётся относительно стабильной, хотя на некоторых участках фиксируются локальные подъёмы, которые могут быть обусловлены геологическими особенностями или техногенными факторами.

Полученные результаты подчёркивают необходимость регулярного мониторинга состояния поверхности в районе прохождения канала, особенно вблизи горнодобывающих участков, чтобы своевременно выявлять и предотвращать возможные риски для инфраструктуры и безопасности населённых пунктов.

3.1 Анализ временного ряда деформаций в западном районе (вблизи села Мол)

Для более детального анализа пространственно-временных характеристик деформаций в северо-западной зоне оседания (см. рис. 3), была

выбрана характерная точка в районе села Мол, расположенного вблизи горнодобывающего участка. На рис. 3 представлена временная зависимость накопленной осадки данной точки за период с января 2023 года по март 2025 года.

Для проверки надёжности мониторинга с помощью технологии SBAS-InSAR, были выбраны контрольные точки в исследуемой области для сравнительного анализа. На рис. 3 показаны результаты мониторинга SBAS-InSAR и нивелирования. Можно сделать вывод, что результаты, получаемые с помощью технологии SBAS-InSAR согласуются с данными нивелирования. Это подтверждает надёжность технологии SBAS-InSAR. Как видно из рис. 3, поверхность непрерывно оседает на протяжении всего периода наблюдений. Суммарная амплитуда вертикального смещения достигает порядка 60 мм, при этом скорость оседания варьируется во времени.

Особенно выраженный спад наблюдается на интервале с сентября 2023 года по сентябрь 2024 года, что может быть связано с активной фазой горных работ в этот период времени. Наличие значительного оседания в данном районе напрямую коррелирует с расположением зоны вблизи действующего горнодобывающего участка, что ука-

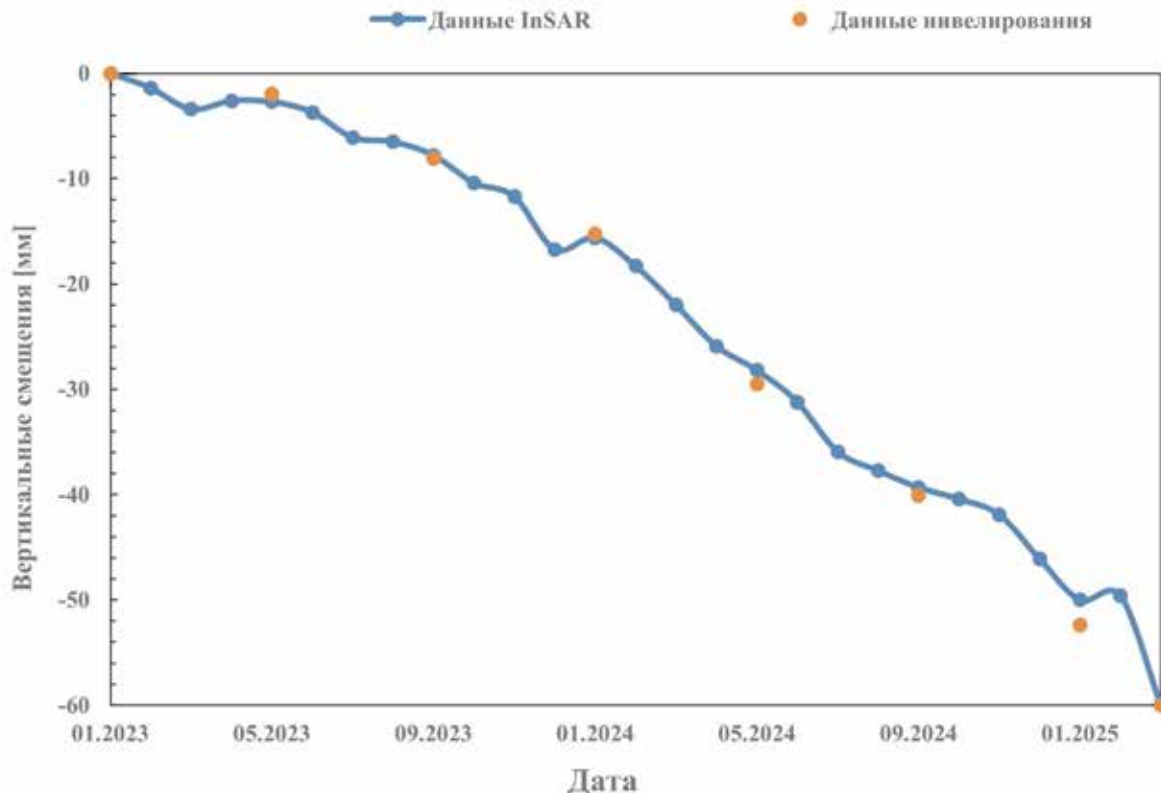


Рисунок 3 — Анализ изменения высот характерных точек в западном районе (вблизи села Мол) оседания поверхности

зывает на техногенную природу зафиксированных деформаций. Полученные результаты подчёркивают необходимость непрерывного мониторинга деформаций в данной зоне и принятия мер по минимизации геотехнических рисков для инженерной инфраструктуры и близлежащих населённых пунктов.

3.2 Анализ временного ряда деформаций в восточном районе (вблизи села Ипин)

На рис. 4 представлен временной ряд вертикальных смещений характерной точки, расположенной в зоне интенсивного оседания в районе села Ипин, в центрально-восточной части исследуемого участка. Изменения деформации показаны за период с января 2023 года по март 2025 года. Также в исследуемой зоне были выбраны контрольные точки для сравнительного анализа. Как видно из рис. 4, результаты, получаемые с помощью технологии SBAS-InSAR согласуются с данными нивелирования.

Как видно из графика, исследуемая точка демонстрирует устойчивую тенденцию к оседанию на протяжении всего периода наблюдений. Накопленное смещение превышает -150 мм. Район Ипин отличается относительно равномерным

и стабильным характером оседания, что может свидетельствовать о длительном и непрерывном техногенном воздействии.

Расположение зоны оседания вблизи действующих горнодобывающих участков указывает на техногенное происхождение наблюдаемых деформаций. Вероятной причиной являются подземные выработки и связанное с ними проседание пород, что вызывает устойчивое оседание земной поверхности. В условиях плотной застройки или прохождения важной инфраструктуры (в том числе канала) такие процессы представляют потенциальную угрозу.

Заключение

Анализ показал, что по периметру водного канала на исследуемой территории происходит неравномерное оседание поверхности с образованием двух зон значительного оседания. В зоне добычи угля суммарное оседание поверхности достигло 150 мм, а развитие оседания было интенсивным. Акведуки в этой зоне должны быть укреплены и регулярно обслуживаться. Необходимо согласовать с шахтой оптимизацию объёма добычи для контроля оседания поверхности. При анализе характерных точек скорость оседания поверхности

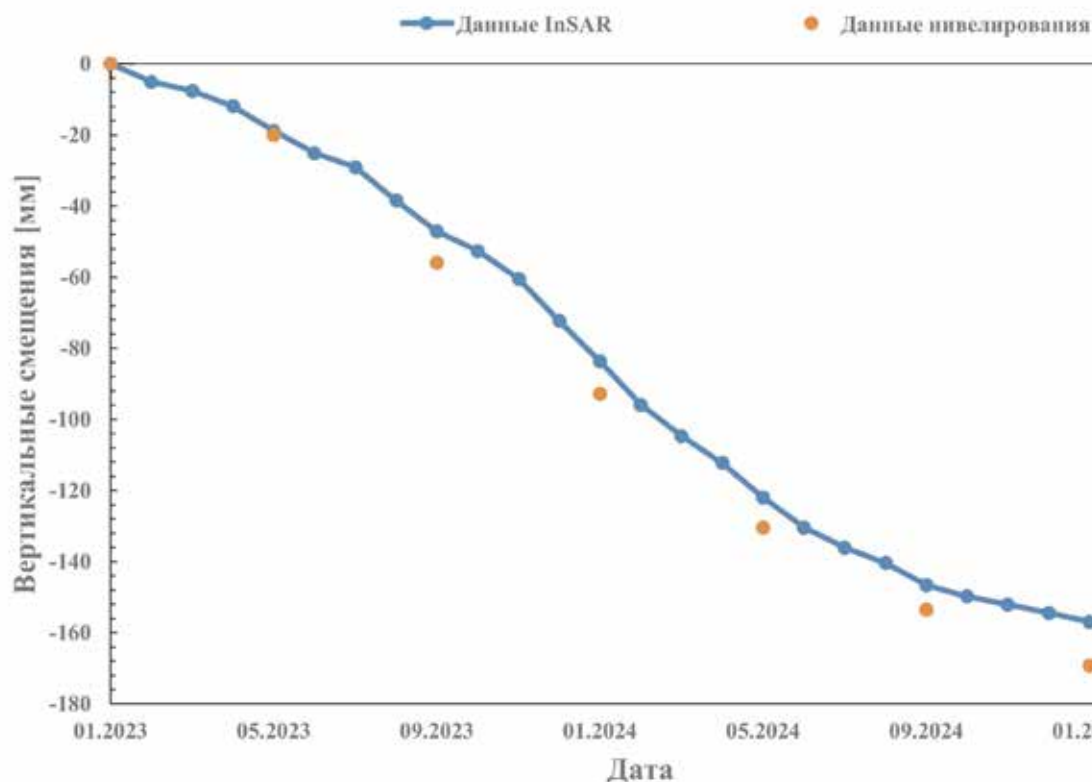


Рисунок 4 — Анализ изменения высоты характерной точки в центрально-восточной районе (вблизи села Ипин) оседания поверхности

составляет от 30 до 100 мм/год. Грунт, скорость оседания которого превышает 20 мм/год, требует срочной стабилизации (См. «Спецификации по оценке риска геологических опасностей», Министерство земельных и природных ресурсов КНР http://www.cigem.cgs.gov.cn/tzgg_4890/201806/W020180605531374031168.pdf).

По результатам полевых исследований известно, что основной причиной оседания грунта в районе оросительных каналов притоков реки Хуанхэ в исследуемом районе является разработка соседних угольных шахт. Результаты, полученные в ходе прямых полевых измерений, согласуются с тенденциями оседания, полученными в данном исследовании. Результаты, полученные методом SBAS-InSAR, заслуживают доверия.

В будущем следует активно развивать мониторинг горизонтальных смещений точек грунта. Между тем, в программном обеспечении для обработки данных радиолокационной интерферометрии, независимо от того, коммерческое это программное обеспечение или с открытым исходным кодом, существуют общие проблемы, связанные с ошибками оценки базовой линии, выравнивания изображения, расчёта высоты и т.д. Совершенствование программного обеспечения позволит более точно описывать изменения земной поверхности.

Список литературы

1. Pang H. Monitoring and analysis of surface deformation in mining area based on InSAR Technology. — Huainan: Anhui University of Science and Technology // In Chinese with English abstract. — 2018. — P. 33—34.
2. Ma Y. Y., Zuo X. Q. Settlement monitoring and analysis of Tianjin area based on PS-InSAR. // Remote Sensing Technology and Application. — 2019. — V. 34. — Id. 6. — P. 1324—1331.
3. Xia Y. P., Wang Y. J. et al. Integration of D-InSAR and GIS technology for identifying illegal underground mining in Yangquan District, Shanxi Province, China. // Environmental Earth Sciences. — 2018. — V. 77. — Id. 8. — 319 p.
4. Tong Y. X., Yang J. Q. et al. Land subsidence monitoring and spatiotemporal evolution characteristics analysis of Datong Coalfield, Shanxi Province based on time series InSAR. // Geology in China. — 2024. — V. 51. — № 1. — P. 170—183.
5. Berardino P., Fornaro G. et al. A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms. // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. — 2002. — V. 40. — № 11. — P. 2375—2383.
6. Lanari, Mora O., Manunta M. et al. A small-baseline approach for investigating deformations on full-resolution differential SAR interferograms. // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. — 2004. — V. 42. — № 7. — P. 1377—1386.
7. Yang K., Yang J. B., Jiang B. R. Sentinel-1 satellite overview. // Urban Geotechnical Investigation & Surveying. — V. 2. — P. 24—27.
8. Xiong W., Sun Z. J., Zhang B. C. Surface subsidence monitoring in Tianjin based on ascending and descending time series InSAR technology. // Geospatial Information. — 2021. — V. 19. — № 12. — P. 45—49.

ФОТОГРАММЕТРИЯ: КЛЮЧ К ОБЪЕКТИВНЫМ ДАННЫМ В МЕДИЦИНСКОЙ КАРТЕ

А. В. Капустина, Д. О. Дрыга, Т. Н. Скрыпицына

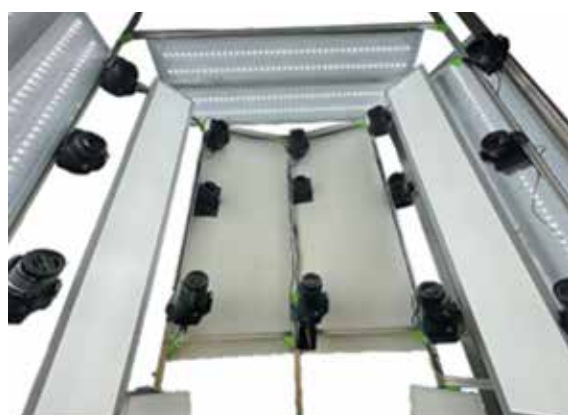
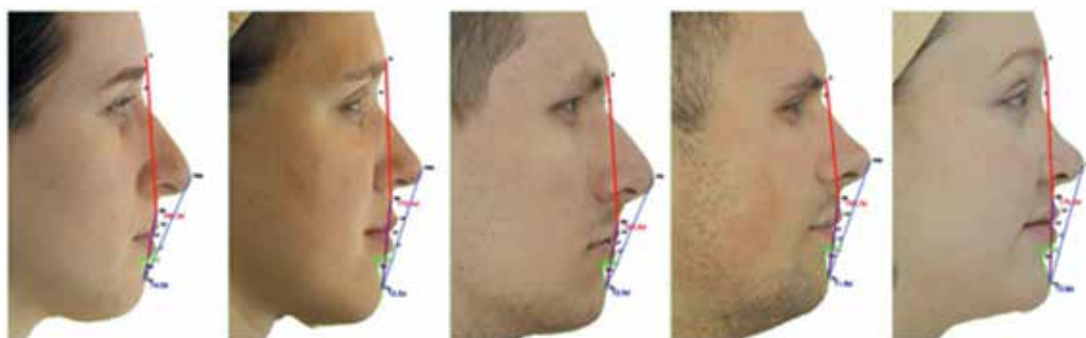
Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), Москва, Россия

Фотограмметрия представляет собой важный инструмент получения объективных данных для медицинских карт. Технологии трёхмерного сканирования тела находят применение в различных областях, таких как кино, игры, виртуальная и дополненная реальность (VR/AR), медицина, мода и подбор одежды. Однако на сегодняшний день существующие технологии не обеспечивают гарантированной воспроизводимости результатов, а доступные системы значительно различаются по реализации.

Отсутствие общепринятой теории для определения ключевых ориентиров в морфологии тела затрудняет стандартизацию процессов. Возможности трёхмерного сканирования зависят от конкретных задач, которые определяют набор измеряемых параметров и необходимую точность. В настоящее время отсутствуют единые требования к точности и детализации трёхмерных моделей человека. Кроме того, высокая стоимость оборудования и необходимость квалифицированных специалистов для обработки и анализа данных являются значительными препятствиями для широкого внедрения технологий.



На рынке представлены различные решения, включая ручное, стационарное оптическое сканирование и фотограмметрию с использованием поворотных столов или одномоментной съёмки. В данном докладе рассматриваются преимущества и недостатки существующих решений, а также опыт разработки сканирующей системы и её использования при создании трёхмерных моделей людей и частей тела. Описаны варианты анализа трёхмерных моделей лица, полезные для специалистов в области неврологии. Также обсуждаются форматы представления данных в медицинской карте, что способствует удобству использования как для медицинских специалистов, так и для па-



циентов, включая интуитивно понятный интерфейс и инструменты для анализа.

В докладе приведены рекомендации по выбору оборудования, освещения и съёмочным параметрам, обеспечивающим наилучшее качество трёхмерных моделей лиц. Рассматриваются вопросы автоматизации обработки и анализа данных, а также предложения по стандартизации измерений и требований к трёхмерным моделям человека.

Перспективным направлением является разработка унифицированных стандартов оценки качества трёхмерных моделей, которые будут включать как технические параметры (точность и детализация геометрии, наличие и разрешение текстуры), так и клинические показатели. Создание таких стандартов позволит объективизировать сравнение различных методик сканирования и упростит внедрение технологий в практику.



НОВЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ В ОБЛАСТИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

С. С. Нехин, А. Н. Рубенок, Н. М. Бабашкин, А. А. Ковров
Публично-правовая компания «Роскадастр», Москва, Россия

Аннотация. Приведены результаты по разработке серии национальных стандартов в области лазерного сканирования, выполненных в рамках НИР «Геокарта-2030». С 1 марта 2025 г. введён в действие ГОСТ Р 71 863—2024 Фототопография. Лазерное сканирование. Общие положения, а также разработаны в его развитие национальные стандарты ГОСТ Р 72 225—2025 Фототопография. Сканирование лазерное наземное. Технические требования и ГОСТ Р 72 226—2025 Фототопография. Сканирование лазерное воздушное. Технические требования (вводятся в действие с 1 января 2026 г.). Стандарты предназначены для применения субъектами геодезической и картографической деятельности, а также субъектами градостроительной и кадастровой деятельности при организации и выполнении работ по воздушному и наземному лазерному сканированию местности и пространственных объектов. Стандартами регламентируется применение наземного мобильного, переносного и стационарного лазерного сканирования, воздушного лазерного сканирования с пилотируемых и беспилотных воздушных судов.

Общие положения

Современное состояние развития и использования технологий дистанционного зондирования применительно к задачам отраслевого производства в области картографирования и кадастра диктует необходимость совершенствования технологий выполнения топографо-геодезических работ, в том числе на основе внедрения методов и технологий лазерного сканирования.

Лазерное сканирование является важным источником информации о местности и объектах при создании цифровых топографических карт и планов, получении пространственных данных для решения проектных, инженерных, кадастровых и других задач.

Характеристики материалов лазерного сканирования определяют качество конечной продукции в виде цифровых моделей поверхности, цифровых моделей рельефа, цифровых моделей местности, цифровых топографических карт и планов, единой электронной картографической основы [1—4], а также новых видов продукции, таких как 3D-моделей объектов и технологий информационного моделирования/информационных моделей строительных объектов (ТИМ/ВМ).

В этой связи в рамках НИР «Геокарта-2030» были выполнены исследования по разработке серии национальных стандартов в области лазерного сканирования. Разработан и введён в действие с 1 марта 2025 г. ГОСТ Р 71 863—2024 Фототопография. Лазерное сканирование. Общие положения [4], а также разработаны в его развитие национальные стандарты ГОСТ Р 72 225—2025 Фототопография. Сканирование лазерное наземное. Технические требования [5] и ГОСТ Р 72 226—2025 Фототопография. Сканирование лазерное воздушное. Тех-

нические требования [6]. Срок их введения в действие — 1 января 2026 г.

Как показывает опыт применения технологий топографической съёмки масштаба 1:2 000 с использованием ВЛС, указанные технологии в современных условиях развития имеют ряд преимуществ по сравнению с использованием традиционных технологий:

- возможность съёмки залесённых территорий, для которых применение других методов съёмок трудоёмко и дорогостояще;
- высокая точность и детальность плановых и высотных измерений, не зависящая от физиологических ограничений человека и от индивидуальных ошибок;
- обработка результатов воздушного лазерного сканирования более технологична, оперативна и производительна по сравнению с другими методами;
- получение наряду с цифровыми топографическими планами других дополнительных пространственных данных — цифровой модели рельефа (ЦМР), цифровой модели поверхности (ЦМП), 3D-моделей;
- фиксация до четырёх отражений одного посланного импульса (возможность разделения верха растительности и поверхности земли);
- оперативность получения конечных данных (конечные картографические материалы могут быть получены в течение нескольких дней в зависимости от объёма работ).

1. Основные характеристики систем лазерного сканирования

Содержанием стандартов являются положения организации, проектирования и выполнения

процессов лазерного сканирования, установления общих и технических требований к съёмочному оборудованию, программным средствам и технологиям получения и обработки материалов лазерного сканирования, используемым в целях топографического картографирования, выполнения кадастровых работ, создания цифровых моделей территории и объектов. Область применения стандартов связана с предметной областью ГОСТ Р 8.794, ГОСТ Р 59 328, ГОСТ Р 59 562, ГОСТ Р 70078.

Стандарты предназначены для применения субъектами геодезической и картографической деятельности, а также субъектами градостроительной и кадастровой деятельности при организации и выполнении работ по воздушному и наземному лазерному сканированию местности и пространственных объектов.

В [4] приведена классификация систем лазерного сканирования по различным признакам, показанная в таблице 1.

Таблица 1
Классификация систем лазерного сканирования

Принцип классификации систем лазерного сканирования	Варианты систем
По мобильности	Стационарные
	Мобильные (авиационные, автомобильные, железнодорожные, водные, перемещаемые оператором)
По месту применения	Воздушные
	Наземные
	Внутри помещений
По среде проникновения	Односредные
	Многосредные
По принципу измерения расстояния	Импульсные
	Фазовые
По дальности действия	Короткобазисные
	Длиннобазисные
По виду оптической развертки	Строчные
	Пилообразные
	Эллиптические
По количеству волн излучения	Одноволновые
	Многоволновые
По дивергенции лазерного луча	С широкой дивергенцией
	С узкой дивергенцией
По показателю отношения сигнал/шум	Высокой мощности
	Низкой мощности
По способу записи и обработки сигналов	С обработкой формы волны
	Без обработки формы волны

Используются системы ЛС, устанавливаемые на стационарную платформу (штатив) и на подвижный носитель (воздушное или водное судно, автомобиль, железнодорожная платформа, тележка, рюкзак и т. д.). При этом независимо от вида

и специфики (мобильности) применения система ЛС должна быть внесена в реестр средств измерений Росстандарта и проходить поверку с установленной для неё периодичностью в соответствии с [7].

2. Обоснование выбора метода лазерного сканирования и технологии работ

Получение пространственных данных может проектироваться наряду с методами стереотопографической съёмки и комбинированной стереотопографической съёмки методом комбинированной аэрофототопографической съёмки с использованием материалов ВЛС и наземной топографической съёмки с использованием материалов НЛС.

Воздушное лазерное сканирование, выполняемое совместно с аэрофотосъёмкой, обеспечивает высокую точность и производительность работ по созданию пространственной информации. Воздушное лазерное сканирование целесообразно использовать при съёмке рельефа обширных по площади территорий, застроенных территорий с наличием густой растительности, съёмке объектов с целью трёхмерного моделирования. Воздушное лазерное сканирование целесообразно также использовать для сбора пространственных данных при выполнении инженерных изысканий.

Наземное лазерное сканирование позволяет получить дополнительную информацию о сложных инженерных объектах, в случаях, когда требуется высокая точность и детальность данных для создания информационных моделей и цифровых двойников промышленных предприятий, объектов энергетики (АЭС, ГЭС), электроподстанций, мостов, тоннелей, железнодорожной инфраструктуры, для создания исполнительной документации строящихся объектов. Другим направлением использования стационарного сканирования является съёмка архитектурных объектов, и в особенности объектов культурного наследия, моделирование которых требует высокой степени детализации.

Мобильное лазерное сканирование рекомендовано использовать при съёмке протяжённых линейных объектов, территорий крупных промышленных объектов, для сбора пространственных данных при выполнении инженерных изысканий автомобильных и железных дорог, ЛЭП, трубопроводов. По данным мобильного лазерного сканирования создаются инженерные топографические планы масштабов 1:500 и 1:200. Съёмка рельефа и элементов инженерного обустройства автомобильных дорог может выполняться как с использованием непосредственно мобильной сканирующей системы, так и совместно с воздушным сканированием, в т. ч. с БВС, что обеспечивает получение необходимых пространственных данных для построения ЦМР, ЦМП, ЦММ, ЦМО. При проектировании и реконструкции автомобильных дорог, в особенности дорожных развязок, при их испол-

нительной съёмке мобильное лазерное сканирование выполняется с точностью, соответствующей масштабу до 1:200, и может сочетаться со стационарным лазерным сканированием и досъёмкой с применением традиционных геодезических методов.

Для съёмки железнодорожного пути мобильное лазерное сканирование может применяться как в тележечном варианте, при котором оператор вручную перемещает сканер по путям, либо с установкой на поезд, при этом выполняется не только сканирование пути, но и опор ЛЭП, контактного провода, ж/д инфраструктуры.

Переносное лазерное сканирование по точности уступает стационарному лазерному сканированию, а по производительности мобильному, в связи с чем рекомендуется использовать его при съёмке внутрицеховых помещений и бизнес-центров, объектов городского благоустройства, в целях инвентаризации, кадастра, мониторинга состояния участков промышленных трубопроводов, электросетей, паспортизации городских объектов, создании цифровых информационных моделей зданий и сооружений, съёмках парковых зон.

Данная технология может использоваться как с поддержкой ГНСС, так и в автономном режиме, при этом для точного траекторного решения необходимо использовать технологию определения текущего местоположения (SLAM) и привязку облака точек лазерных отражений (ТЛО) к опорным точкам, размещаемым вдоль маршрута сканирования, координаты которых определяются одним из геодезических методов.

При подготовке технического проекта рекомендуется рассматривать ряд возможных вариантов проведения топографо-геодезических работ, включающих создание планово-высотного съёмочного обоснования, воздушную или наземную лазерную съёмку, дешифрирование и полевое обследование на местности.

Лазерное сканирование используется в составе различных технологических схем работ.

Технологическая схема работ воздушного лазерного сканирования совместно с цифровой аэрофотосъёмкой используется для съёмки рельефа или создания цифровой модели рельефа для ортофототрансформирования. Дешифрирование и съёмка контуров выполняется с использованием ортофотоплана и ЦМП. При проектировании ВЛС объектов, имеющих отдельные участки с отношением высоты застройки к высоте съёмки более 0,2 и вызывающие затруднения для применения ВЛС из-за характера застройки, рекомендуется плани-

ровать сочетание ВЛС с наземным лазерным сканированием.

В комплекс планируемых полевых работ при воздушном лазерном сканировании помимо работ по планово-высотной подготовке ВЛС и АФС могут включаться процессы полевого контроля результатов камерального дешифрирования, идентификация объектов и их характеристик, не выявленных и не установленных камеральными методами, и съёмка этих объектов.

Технологическая схема работ с использованием мобильного лазерного сканирования может быть рекомендована как для инженерной съёмки (проектирование, реконструкция автодорог), так и для работ с менее жёсткими требованиями к точности получаемых пространственных координат — для наполнения баз данных ГИС, инвентаризации автодорог и дорожной инфраструктуры. Отличие заключается в геодезическом обеспечении работ и планово-высотной подготовке. При инженерно-геодезических изысканиях автодорог обязательным является проектирование сети съёмочного обоснования с установкой базовых станций на расстоянии не более 30 км от мобильной платформы, тогда как для целей паспортизации и ГИС допускается установка 1—2 базовых станций на объекте и использование опорных точек (или без опорных точек).

В комплекс планируемых полевых работ при выполнении мобильного лазерного сканирования могут включаться следующие процессы:

- определение мест разворота мобильной сканирующей системы;
- размещение временных дорожных знаков для обеспечения безопасности персонала при закреплении опорных точек.

Технологическая схема работ с использованием стационарного лазерного сканирования может быть рекомендована как для решения инженерных задач, так и при выполнении кадастровых работ (в том числе в условиях отсутствия ГНСС-сигналов при ВЛС). Отличия заключаются в требованиях ТЗ по точности координатной привязки к опорным точкам, точности результирующей модели и её виду (точечная модель, векторная модель, сетчатая поверхность). Кроме того, в ряде случаев допускается сшивка сканов без использования опорных точек (по характерным точкам, с ориентацией на известный пункт), если требованиями ТЗ определён вывод модели в условной системе координат и требования к точности совмещения сканов установлены в пределах 5 см и ниже.

Технологическая схема работ с использованием

переносного лазерного сканирования может быть рекомендована как для решения инженерных задач, так и при выполнении кадастровых работ.

Документы [4,6] содержат требования к оснащению систем воздушного лазерного сканирования, формируемых на основе пилотируемых воздушных судов, а также беспилотных воздушных судов среднего и малого класса.

В условиях многообразия систем лазерного сканирования важное значение имеет правильный выбор их вида и характеристик. При выборе системы лазерного сканирования для выполнения конкретных видов работ рекомендовано руководствоваться требованиями, предъявляемыми к создаваемой продукции, техническими характеристиками системы, которые должны обеспечивать необходимую точность определения пространственных координат, плотность ТЛО и производительность проводимых работ.

Применение систем воздушного лазерного сканирования экономически целесообразно для получения пространственной информации на значительные по площади территории или на значительные по протяжённости линейные объекты вне транспортных путей. Как правило, воздушное лазерное сканирование должно применяться совместно с аэрофотосъёмкой, дополняя друг друга. При создании карт и планов ВЛС является важным и фактически единственным источником информации о земной поверхности и объектах, на ней расположенных, закрытых растительностью. В зависимости от условий съёмки воздушное лазерное сканирование выполняется с пилотируемых (ПВС) или беспилотных (БВС) воздушных судов.

Целесообразность применения ПВС или БВС в большой степени определяется назначением лидарной съёмки, требованиями к конечной продукции и ТЛО, характеристиками воздушных судов и применяемых на них лидаров, которые имеются в распоряжении, характером и расположением объекта съёмки. С учётом этих факторов выбирается вариант, оптимальный по стоимости и затратам времени.

В [4,5] использование систем НЛС рассматривается с учётом их экономической эффективности в сравнении с применением традиционных геодезических и топографических методов либо в качестве дополнения ТЛО, полученных с ВЛС, данными наземного лазерного сканирования. В свою очередь выбор между стационарными, мобильными и переносными системами наземного лазерного сканирования рекомендовано экономически и технически обосновывать с учётом размеров и харак-

терных особенностей объекта съёмки, требований к плотности и точности ТЛО.

3. Результаты обработки данных лазерного сканирования

Результаты лазерного сканирования должны обеспечивать получение пространственных данных для создания цифровых топографических карт и планов (по ГОСТ Р 70 174), 3D-моделей территории, цифровых инженерных топографических планов, инженерных цифровых моделей местности для их использования в целях топографической съёмки, выполнения проектных, строительных, инженерно-архитектурных, маркшейдерских и кадастровых работ.

Облако ТЛО, полученное в результате обработки, представляется плоскими прямоугольными координатами в равноугольной поперечно-цилиндрической картографической проекции, применительно к государственной системе координат (ГСК) или ITRF и геодезическими или нормальными высотами. В зависимости от решаемых задач результаты лазерного сканирования могут быть сформированы в местной системе координат (МСК) в соответствии с [4,8], допускается формирование облаков ТЛО в иных системах координат и высот (например, условной), если такое требование установлено или согласовано заказчиком. Для целей топографического картографирования в ГСК должна быть использована проекция Гаусса-Крюгера или согласовано заказчиком.

Последующая обработка облака точек должна обеспечивать получение производных продуктов, которые повышают информативность исходных данных. В частности, производными продуктами могут являться профили, сечения, структурные линии, а также цифровые модели пространственных объектов (природных и искусственных), выделенные различными методами классификации, которые могут быть дополнительно проанализированы визуально, интегрированы в виртуальную среду для технологии дополненной реальности или трёхмерного отображения.

При использовании данных лазерного сканирования для промышленных целей или осуществлении кадастровой деятельности облака точек могут являться основой для создания моделей систем автоматизированного проектирования (САПР) и более сложных информационных моделей строительных объектов (ТИМ/ВМ) для дальнейшего анализа специалистами в области различных приложений.

Результаты лазерного сканирования контролируются на технологических процессах (этапах) ра-

бот, при приёмке продукции органом технического контроля, при передаче продукции заказчику.

Представлены методики полевого контроля по определению соответствия данных облака ТЛО требуемой плотности, оценки среднеквадратической погрешности высот внутри маршрута и между маршрутами, поиска недопустимых отклонений в наборе данных. На этом этапе определяют соответствие данных лазерного сканирования требованиям технического задания и нормативно-технической документации (ГОСТ Р 59 328, ГОСТ Р 59 562, ГОСТ Р 70 172) в части оценки точности ТЛО по высоте по контрольным точкам (рисунок 1), оценки точности точек лазерных отражений по высоте между маршрутами (рисунок 2), оценки разности высот между контрольными точками и поверхностью TIN-модели (рисунок 3).

По завершению камеральной обработки материалов лазерного сканирования и выполнения их приёмочного контроля составляется акт по ГОСТ Р 70 172, в котором отражаются: полнота покрытия съёмочных участков и обеспечения их границ; комплектность материалов и правильность их оформления; количественные характеристики контролируемых параметров; соответствие характеристик техническим требованиям, предъявляемым к материалам.

Список литературы

1. ГОСТ Р 59 328—2021 Аэрофотосъёмка топографическая. Технические требования.
2. ГОСТ Р 59 562—2021 Съёмка аэрофототопографическая. Технические требования.
3. ГОСТ Р 70 172—2022. Геодезия и картография. Требования к техническому контролю геодезической и картографической продукции и процессов её создания.
4. ГОСТ Р 71 863—2024 Фототопография. Лазерное сканирование. Общие положения.
5. ГОСТ Р 72 225—2025 Фототопография. Сканирование лазерное наземное. Технические требования.
6. ГОСТ Р 72 226—2025 Фототопография. Сканирование лазерное воздушное. Технические требования.
7. Приказ Минпромторга России от 31 июля 2020 г. №2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. №1463 «О единых государственных системах координат».



Рисунок 1 — Пример расположения контрольных точек для оценки точности ТЛО по высоте

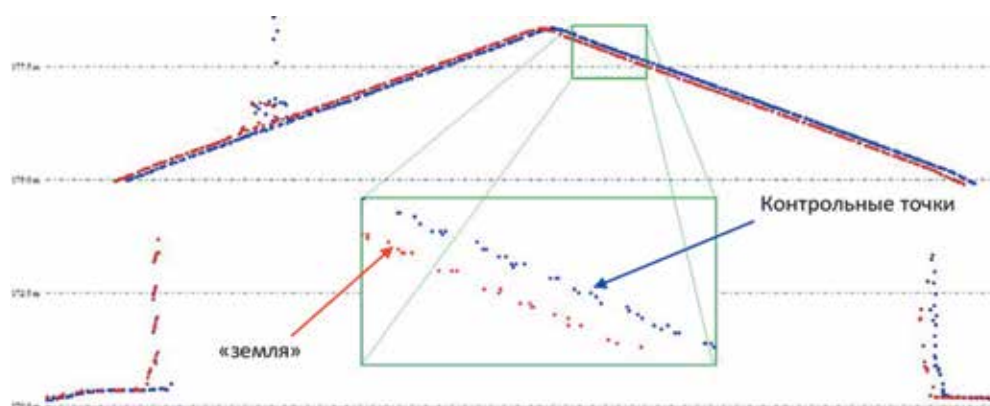


Рисунок 2 — Оценка точности точек лазерных отражений по высоте между маршрутами



Рисунок 3 — Оценка разности высот между контрольными точками и поверхностью TIN-модели

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ

ОНЛАЙН-СЕРВИСА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Е. С. Бекчанова, А. Ю. Лапшин, Р. Р. Хамитов, А. Г. Марин, Г. Э. Мельник

ППК «Роскадастр», Москва, Россия

ГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (УрФУ), Екатеринбург, Россия

Работа по созданию и развитию онлайн-сервиса обработки данных спутниковых наблюдений выполняется в рамках НИР «ГЕОТЕХ».

В данном докладе рассматривается поэтапный процесс создания онлайн-сервиса обработки данных спутниковых наблюдений и дальнейшее его развитие, основной функционал и описание пользовательского интерфейса, а также результаты тестовой обработки онлайн-сервиса на реальных данных с пунктов IGS. Данный онлайн-сервис автоматической обработки пользовательских данных ГНСС-измерений изначально был предназначен для высокоточного определения координат методом **PPP** (англ. *Precise Point Positioning*), который подразумевает абсолютное определение координат с использованием поправок к эфемеридной и временной информации. В качестве вычислительного ядра используется многофункциональный пакет для обработки и анализа данных ГНСС с открытым кодом — *gLAB*. В настоящее время на этапе развития онлайн-сервиса ведётся работа по разработке метода **SPP** (англ. *Single Point Positioning*), который подразумевает определение координат относительным методом. В качестве вычислительного ядра используется программный комплекс, используемый в геодезии и геофизике для анализа данных с наземных станций ГНСС — *GAMIT/GLOBK*. В рамках работы над онлайн-сервисом было выполнено следующее:

- был разработан личный кабинет администратора/пользователя сервиса (пользовательский интерфейс с функцией авторизации);
- разработана базы пользовательских данных;
- разработан обработчик файлов спутниковых измерений в формате *Rinex* версий 2 и 3, включающий в себя автоматический сбор исходных данных (файлов эфемерид наивысшего доступного качества и поправок часов, данных опорных станций), предобработку пользовательских измерений для исправления возможных ошибок состава и кодировки *Rinex* файлов, передачу собранных данных на вход вычислительному ядру и сохранение результатов в базе данных, с возможностью распараллеливания вычислений и масштабирования под вычислительные возможности сервера;

- разработана система приведения координат к заданной эпохе с учётом выбранной модели деформаций;

- разработана система формирования отчёта заданного формата по результатам вычислений;

- разработана эксплуатационная документация в виде руководства пользователя по установке, настройке и использованию сервиса.

Входные данные для онлайн-сервиса

- *RINEX*-файлы версии 2 или 3, содержащие статические наблюдения;
- модель движения тектонических плит;
- дата, к которой необходимо редуцировать координаты на основе выбранной модели движения тектонических плит.

Выходные данные

- отчёт об обработке в формате «*txt*», содержащий информацию об используемых в расчёте исходных данных и полученных результатах обработки задания, включающих в себя:

1. геоцентрические координаты на эпоху наблюдения;
2. геоцентрические координаты на заданную эпоху;
3. среднее квадратическое отклонение по осям (*X/Y/Z*);
4. среднее квадратическое отклонение (план/высота);
5. список исходных пунктов (для режима *SPP*).

- каталог координат в формате «*csv*», содержащий информацию об используемых в расчёте исходных данных и полученных результатах обработки задания, включающих в себя:

1. имя точки;
2. геоцентрические координаты на эпоху наблюдения;
3. геоцентрические координаты на заданную эпоху.

Перед началом проведения тестовой обработки в целях оценки точности определения координат с использованием разработанного онлайн-сервиса и достоверности получаемых результатов была проведена подготовка массива данных с матери-

алами спутниковых наблюдений, далее выборка и обработка суточных RINEX файлов за 1 января 2015 года с 352 станций международной службы IGS.



Рисунок 1 — Распределение ошибок

При этом, на обработку выборки было затрачено не больше 20 минут в полностью автоматическом режиме.

Был проведён сравнительный анализ полученных результатов и каталожных координат станций IGS, которые известны и находятся в открытом доступе (https://itrf.ign.fr/ftp/pub/itrf/itrf2020/ITRF2020_GNSS.SSC.txt).

В результате анализа было выявлено, что отклонение координат не превышает:

- 0,10 м для 338 пунктов из 352 обработанных (96%)
- 0,05 м для 325 пунктов из 352 обработанных (92%)
- 0,03 м для 296 пунктов из 352 обработанных (84%)
- 0,01 м для 104 пунктов из 352 обработанных (29%)

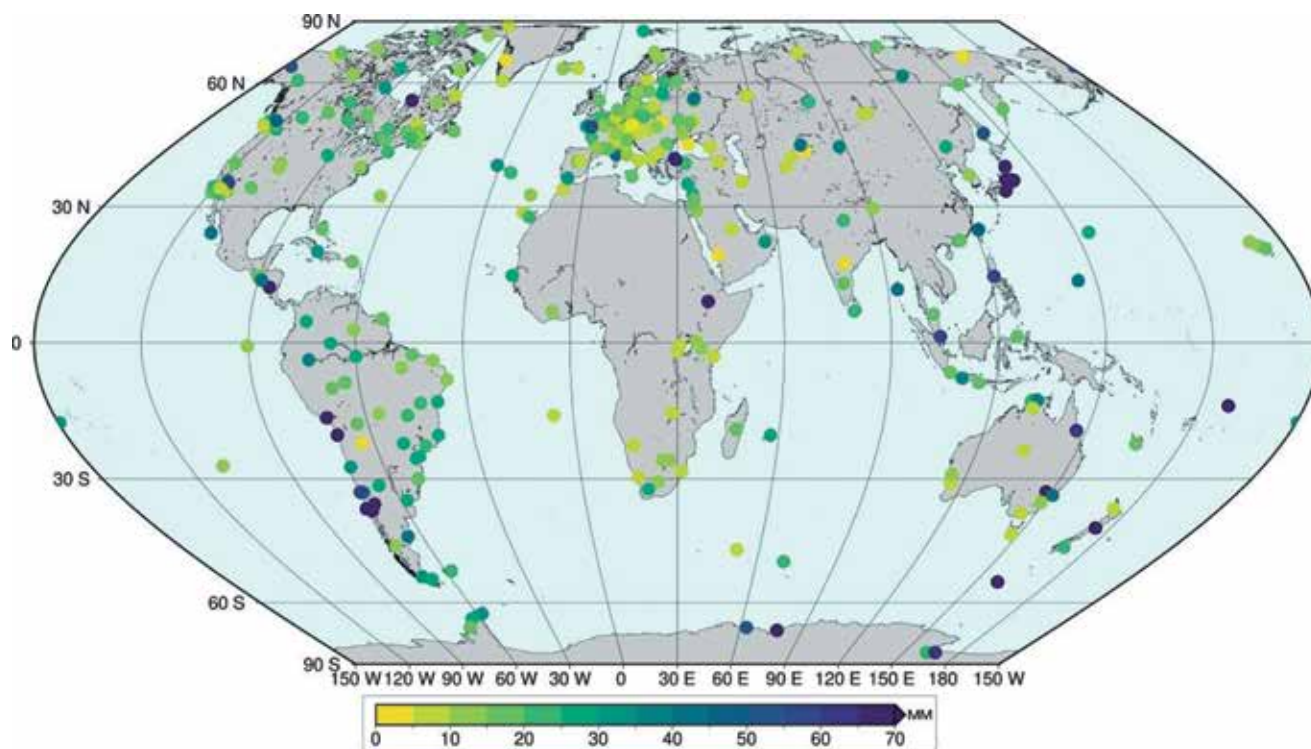


Рисунок 2 — Распределение ошибок на карте Мира

Из этого можно сделать вывод, что онлайн-сервис реализует возможности используемой технологии PPP, позволяя оперативно определять координаты на основе пользовательских ГНСС-измерений

и использовать их в применимых направлениях геодезических работ.

При этом, онлайн-сервис предоставляет пользователю личный кабинет с удобным и понятным

пользовательским интерфейсом, позволяющим в любое время с любым современным устройством, имеющим браузер и выход в сеть Интернет, выполнять необходимые вычисления и иметь доступ к своим данным и результатам обработки.

Так же онлайн-сервис тестировался на данных спутниковых наблюдений за период с 1 июля

по 9 августа 2025 года для определения смещения пунктов ФАГС «Северо-Курильск» (SVK1/SVK2) и «Ключи» (KLCH) после Камчатского землетрясения и показал хорошую сходимость с другими независимыми обработками в программных продуктах Bernese, Геомастер и Gamit.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ, В ТОМ ЧИСЛЕ, НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ДЛЯ МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЙ ОБЪЕКТОВ МЕСТНОСТИ

Е. А. Бровко

ППК «Роскадастр», МИИГАиК, Москва, Россия

Введение

В современных условиях развития цифровой трансформации отрасли геодезии, картографии, пространственных данных и геоинформационных технологий в целях реализации ряда положений, содержащихся в законодательных и нормативных правовых актах Российской Федерации: в Федеральном законе от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ [1], Стратегии пространственного развития РФ [2], ППК «Роскадастр» под руководством Росреестра продолжают проведение исследований в рамках НИР «Геокарта 2030» в соответствии с Федеральным проектом «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России» [3].

Разработка современных геоинформационных технологий с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса для информационного и технологического обеспечения мониторинга пространственно-временных изменений значительных по площади территорий и изменений отдельных объектов местности локальных территорий в интеграции с технологиями искусственного интеллекта приобретает приоритетное значение [4] и является одной из амбициозных задач ключевой отрасли государства — геодезии, картографии, пространственных данных.

Актуальность исследования

Актуальность научного, научно-прикладного и практического исследования, связанного с разработкой перспективных геоинформационных технологий, обусловлена необходимостью:

- совершенствования методов и алгоритмов планирования картографических работ при обновлении цифровых (электронных) топографических карт (ЦТК, ЭТК) на основе использования данных ДЗЗ из космоса, в том числе полученных с космических аппаратов нового поколения, автоматической обработки разновременных космических изображений с применением технологий машинного обучения, основанных на принципах искусственного интеллекта [5, 6], в сочетании с автоматическим

подсчётом изменившихся площадей (в процентах) категорий объектов местности [7] к площади номенклатурного листа (НЛ) ЦТК и последующим определением очередности и периодичности обновления ЦТК (ЭТК) с учётом нормативных сроков [8] их обновления (актуализации);

- модернизации технологий оперативно-го обновления ЦТК (ЭТК) и актуализации пространственных данных, в том числе мониторинга актуальности единой электронной картографической основы (ЕЭКО) с применением технологии автоматизированного дешифрирования космических снимков высокого номинального пространственного разрешения и метода детального топографического мониторинга (ДТМ) [9];

- разработки организационно-методических подходов к формированию и поддержанию на уровне современности баз геопространственных знаний на регионы Российской Федерации в национальной системе пространственных данных (НСПД) Росреестра на основе систематизированной актуальной информации о современном состоянии и динамике развития объектов местности — элементов содержания ЦТК (ЭТК), сгенерированной в базы данных об изменениях объектов местности (БД ИОМ) [7] в комплексе с легитимной геопространственной информацией, получаемой из федеральных и региональных органов исполнительной власти Российской Федерации.

Совершенствование методов и алгоритмов планирования картографических работ при обновлении ЦТК (ЭТК)

Разработанный в ППК «Роскадастр» при личном участии автора ГОСТ Р 71 887—2024, [7] устанавливает общие положения и требования к топографическому мониторингу, составу исходных материалов и данных, процессам их обработки, форматам записи пространственных данных при осуществлении обзорного топографического мониторинга (ОТМ), сведениям о форме, местоположении, свойствах и пространственно-временной динамике объектов местности значительных по площади территорий страны.

ОТМ, целевым образом ориентированный на совершенствование планирования картографических работ по обновлению ЦТК (ЭТК) на территории Российской Федерации, является одним из уровней топографического мониторинга — для автоматического, ориентировочного (априорного) установления степени изменения местности по разновременным оптико-электронным космическим снимкам среднего номинального пространственного разрешения (не хуже 10 м). ОТМ может быть отнесён к современным геоинформационным технологиям, в основе которых лежат следующие методы и технологические процессы:

- входной контроль материалов космической съёмки (МКС), архивных и современных, для определения их пригодности к работе;

- автоматизированный анализ разновременных МКС для выявления структурных изменений категорий объектов местности и оценки степени современности ЦТК (ЭТК) — фактографических данных для планирования районов обновления топографических карт. Сравнительный анализ разновременных космических снимков включает загрузку изображений разновременных космических снимков в специализированный программный комплекс, обеспечивающий предварительную обработку снимков (геометрическую и фотометрическую коррекцию), трансформирование базовое (условное);

- автоматизированное и автоматическое (с использованием методов машинного обучения) дешифрирование МКС, определяющее изменения местности и динамику её развития. Машинное обучение автоматическому дешифрированию космических изображений применено для решения практической задачи сопоставления сформированных разновременных наборов данных, алгоритмического построения на их основе статистической модели и определение по ней степени (в процентном отношении) изменений местности значительных по площади территорий. Типы машинного обучения (с учителем, без учителя и с подкреплением), рекомендуемые для использования в работе, достаточно подробно рассмотрены в [5], модели глубокого обучения с применением искусственных нейронных сетей в [6];

- сравнительный анализ снимков по признакам: гистограммным (значения яркости изображений), частотным (характеризующим структуру изображений), частотно-тоновым (описывающим структуру и тон изображений), включающий автоматическое выявление изменений местности по

разновременным снимкам с использованием специализированного программного комплекса (ПК). Функциональные возможности ПК должны обеспечивать автоматическую векторизацию изменений объектов, наполнение атрибутивной информацией выделенных изменений, определение процента изменений местности как в границах НЛ ЦТК, так и в квадратных километрах по территории картографирования — площади сопоставления разновременных МКС;

- расчётный метод оценки изменений местности, количественно характеризующий происходящие изменения в положении пространственных объектов.

Перспективный (альтернативный) подход анализа разновременных МКС может заключаться в использовании российских радиолокационных снимков (РЛС) высокого разрешения для отдельных континентальных районов страны, большая часть года которых покрыта облачностью, либо снежным покровом, либо труднодоступна.

Модернизация технологий оперативного обновления ЦТК (ЭТК) и мониторинга актуальности ЕЭКО

Модернизацию системы методов и технологий: обновления ЦТК (ЭТК), актуализации пространственных данных, в том числе мониторинга и обновления единой электронной картографической основы (ЕЭКО), ведения цифровой дежурной топографической карты (ЦДТК), фиксирующей пространственно-временные изменения объектов местности на территории Российской Федерации и/или отдельных континентальных районов на реальный момент времени, регламентирует разработанный в ППК «Роскадастр» при личном участии автора ГОСТ Р 72 017—2025 [8], устанавливающий основные требования к методическому и организационному обеспечению детального топографического мониторинга.

Технологии детального топографического мониторинга (ДТМ) позволяют обеспечить идентификацию изменений объектов местности в процессе дешифрирования современных оптико-электронных космических снимков высокого номинального пространственного разрешения (не хуже 2,5 м) с привлечением отраслевых пространственных данных и их фиксирование на ЦДТК, в базе данных изменений объектов местности (БД ИОМ) и при формировании оригиналов изменений объектов местности.

К технологическим методам, задействованным в процессе ДТМ, следует отнести методы:

- дешифрирования (визуальный, автоматизированный, автоматический) материалов аэро-съемки и космической съемки (МКС);
- оценки количественных и качественных изменений состояния объектов местности (пространственных объектов) по прямым и косвенным дешифровочным признакам соответственно;
- векторизации и кодирования объектов местности, отдешифрированных по материалам аэро-съемки и МКС;
- использования данных глобальных навигационных спутниковых систем на технологических этапах ДТМ, а также в процессе высокоточных навигационно-временных определений координат пространственных объектов, изменивших свои количественные и качественные характеристики;
- полевого обследования территории картографирования;
- комплексного анализа пространственно-временных изменений объектов местности и их картографического отображения;
- регламентированного ведения ЦДТК и БД ИОМ с использованием различных видов пространственных данных (ПД), поступающих в НСПД, их актуализации на реальный момент времени;
- формирования на основе существующей ЕЭКО слоя изменений местности по ЦДТК и БД ИОМ для мониторинга актуальности ЕЭКО;
- создания новых видов цифровой картографической продукции, в том числе на основе актуализированной ЕЭКО [10].

Формирование баз геопространственных знаний

Систематизированная информация о современном состоянии и динамике развития объектов местности — элементов содержания государственных топографических карт генерируется в БД ИОМ и отображается на ЦДТК. Совокупность сформированной актуальной информации об изменениях местности в комплексе с информацией, получаемой из легитимных отраслевых источников, формирует базы геопространственных знаний.

В экономически развитых зарубежных странах (США, Великобритании, Японии, Китае и других) методика сбора, хранения, обработки пространственных данных для формирования системы геопространственных знаний в целях информационного обеспечения стратегий и направлений развития государства решается в рамках правитель-

ственных программ [11].

Четвёртая промышленная революция (4IR) позволяет использовать возможности передовых технологий, в том числе искусственного интеллекта (AI), машинного обучения (ML), Больших данных, Интернета вещей (IoT), 4G и 5G и т. д., для получения новых геопространственных знаний о территории в реальной действительности и в виде картографического отображения на ЦДТК, сопряжённой с БД ИОМ.

Заключение

Перспективные геоинформационные технологии, в том числе технологии топографического мониторинга изменений объектов местности, предусматривающие использование в качестве основных источников информации о местности данные ДЗЗ из космоса, материалы аэрофотосъемки, получаемые посредством пилотируемых и беспилотных воздушных судов, ориентированы на получение картографической продукции, от точности и актуальности которой зависит безопасность, включая экономическую, государства, перспективы его развития [3] и правильность принятия решений по территориальному управлению.

Список литературы

1. Федеральный закон от 30 декабря 2015 г. №431-ФЗ (ред. от 19 октября 2023 г) «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
2. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года, утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2024 г. №4146-р
3. Федеральный проект «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России» — <https://rostransnadzor.gov.ru/deyatelnost/130>
4. Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 24.05.2024 № П/0152/24 «Об установлении требований к российским геоинформационным технологиям, геоинформационным системам и геоинформационным средствам и их разработчикам»
5. Бурков Андрей Машинное обучение без лишних слов. — СПб.: Питер, 2020. — 192 с.- (Серия «Библиотека программ»)
6. Крон Джон, Бейлевельд Грант, Аглаэ Бас-сенс Глубокое обучение в картинках. Визуальный

гид по искусственному интеллекту. — СПб.: Питер, 2020. — 400 с.

7. ГОСТ Р 71 887—2024 «Геодезия и картография. Топографический мониторинг при обновлении цифровых (электронных) топографических карт и актуализации пространственных данных. Общие положения»

8. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 марта 2024 г. №400 «Об утверждении положения об обновлении государственных топографических карт и государственных топографических планов, а также масштабов, в которых они создаются»

9. ГОСТ Р 72 017—2025 «Геодезия и картография. Детальный топографический мониторинг при обновлении цифровых (электронных) топогра-

фических карт и актуализации пространственных данных. Методическое и организационное обеспечение. Основные требования»

10. Бровко Е. А. «Создание новых видов цифровой картографической продукции, в том числе на основе ЕЭКО, с использованием геоинформационных технологий: концептуальные аспекты// Материалы Международной научно-технической конференции «От снимка к цифровой реальности: дистанционное зондирование Земли и фотограмметрия» 16—19 сентября, 2024, Минск, Республика Беларусь, С. 48 –51

11. ООН «Повышение роли инфраструктуры геопространственных знаний (GKI) в мировой экономике, обществе и окружающей среде», 2022 г.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СЕРИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С КС «КОНДОР-ФКА» НА ГАВАЙСКИЕ ОСТРОВА

И. В. Колгушкина, И. В. Елизаветин, Н. С. Левина, А. Н. Рабочий,
совместно с представителями АО «Ракурс»

АО «ВПК «НПО машиностроения», АО «Фирма «Ракурс», Москва, Россия

В докладе представлены результаты дифференциально-интерферометрической обработки (DInSAR) интерферометрической серии, полученной новой космической радиолокационной системы «Кондор-ФКА» на территорию Гавайских островов. Целью исследования являлась демонстрация возможностей спутника в задаче мониторинга деформаций земной поверхности с использованием серии интерферометрических снимков.

Для эксперимента использовалась пара радиолокационных изображений КА «Кондор-ФКА» №1 и КА «Кондор-ФКА» №2 с периодом между съёмками 1,5 года на район острова Мануа-Лоа, Гавайские острова (рисунок 1). Выбор района на Гавайских островах обусловлен активными геодинамическими процессами региона, включая вулканическую активность и тектонические движения. В качестве опорных данных для повышения точности анализа дополнительно использовались внешние цифровые модели рельефа (Copernicus).

На этапе обработки выполнены: проверка параметров совместимости интерферометрических пар, геометрическая калибровка изображений, уточнение орбитальных данных и удаление грубых искажений, сформирована интерферограмма и когерентность, удалена топографическая компонента (использована эталонная ЦМР Copernicus для исключения вклада рельефа и выделения дифференциальной фазы, связанной с деформациями поверхности), подавление шумов, интерполяция фазовых разрывов и восстановление непрерывного фазового поля, пересчёт фазовых смещений в сантиметры и построение карты изменений земной поверхности. В заключении проводилась верификация результатов на сопоставление с независимыми данными о вулканической активности и сейсмических событиях в районе Гавайских островов.

В ходе обработки получена цифровая карта смещения. По карте смещений, наложенной на цифровую модель вулкана, определяются форма и направ-

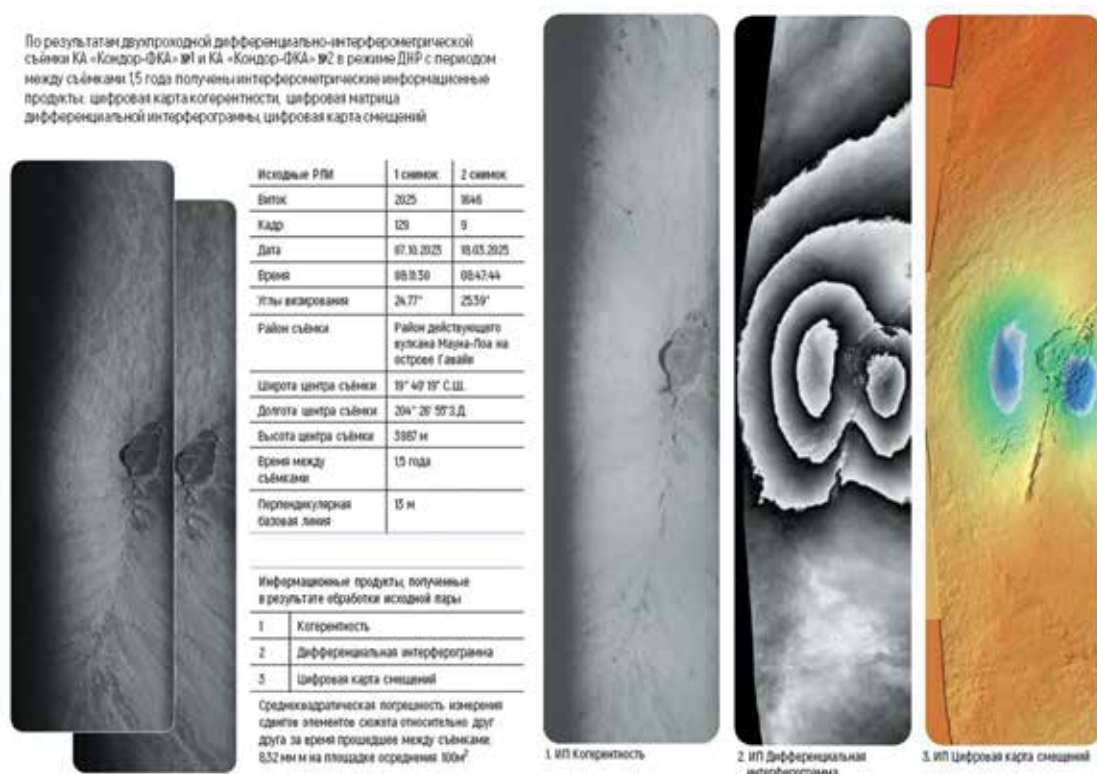


Рисунок 1 — Результаты обработки интерферометрической пары
КС «Кондор-ФКА» на район острова Мануа-Лоа на Гавайских островах

ление смещений, выделяются центры деформаций, один из них с наибольшим смещением до –23 см на границе кальдеры. Ближе к подножию вулкана деформации уменьшаются. По данным из открытых источников на отдельных участках Гавайских островов зафиксированы локальные движения поверхности, совпадающие с зонами активной вулканической деятельности. Выделенные смещения соответствуют проседаниям части поверхности вулкана относительно центральной кальдеры из-за произошедших за 1,5 года вулканических процессов.

Результаты дифференциальной интерферометрии продемонстрировали высокую эффективность

и устойчивость в условиях сложного рельефа. Полученные данные подтвердили, что новая спутниковая система способна решать задачи мониторинга геодинамических процессов на уровне лучших мировых аналогов. Высокое пространственное разрешение и стабильность фазы позволяют регулярно отслеживать деформации земной поверхности и оперативно выявлять зоны геологических рисков.

Проведённые исследования демонстрируют потенциал КС «Кондор-ФКА» для использования в задачах вулканологического мониторинга, наблюдения за тектоническими процессами и обеспечения систем раннего предупреждения природных катастроф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «КОНДОР-ФКА»

И. В. Колгушкина, И. В. Елизаветин, Н. С. Левина, А. Н. Рабочий,
совместно с представителями АО «Ракурс»

АО «ВПК «НПО машиностроения», АО «Фирма «Ракурс», Москва, Россия

В докладе рассматриваются результаты испытаний новой отечественной космической радиолокационной системы КС «Кондор-ФКА». Основное внимание уделено оценке интерферометрических характеристик и проверке возможности построения цифровых моделей рельефа (ЦМР) высокого качества. Результаты сопоставлены с данными зарубежных миссий, что позволило подтвердить конкурентоспособность полученных материалов.

Приводится перечень основных интерферометрических характеристик системы. S-диапазон (частоты около 3 ГГц) обеспечивает хорошую устойчивость к атмосферным помехам и меньшей чувствительностью к сезонным изменениям биомассы. Интерферометрическая съёмка реализуется в пределах перпендикулярной базовой линии от 0 для дифференциальных задач до 2000 м для интерферометрических задач, а высокое пространственное разрешение (до 3 м) достаточно для детального картографирования рельефа. Период замыкания трассы для одного аппарата составляет 16 суток,

что позволяет формировать регулярные временные серии для мониторинга поверхности.

Рассматриваются вопросы технологии получения интерферометрической серии. Особое внимание при планировании съёмок должно быть уделено контролю параметров съёмки и коэффициентов РСА, в том числе минимальный период повторения зондирующего импульса, минимальная скважность, ширина спектра, поляризация, режим, направление, борт съёмки, угол визирования (с учётом знака), значение наклонной дальности. После получения исходных данных контролируются на соответствие в серии: период повторения импульсов РСА; длительность зондирующего импульса (ДИ), код задержки отражённого сигнала (код ЗОС). Интерферометрические пары подбираются с учётом оптимальных значений пространственной и временной базы для обеспечения достаточной когерентности. Затем проводится коррекция орбитальных параметров. На этапе обработки интерферограмм применяются алгоритмы фильтрации, раз-

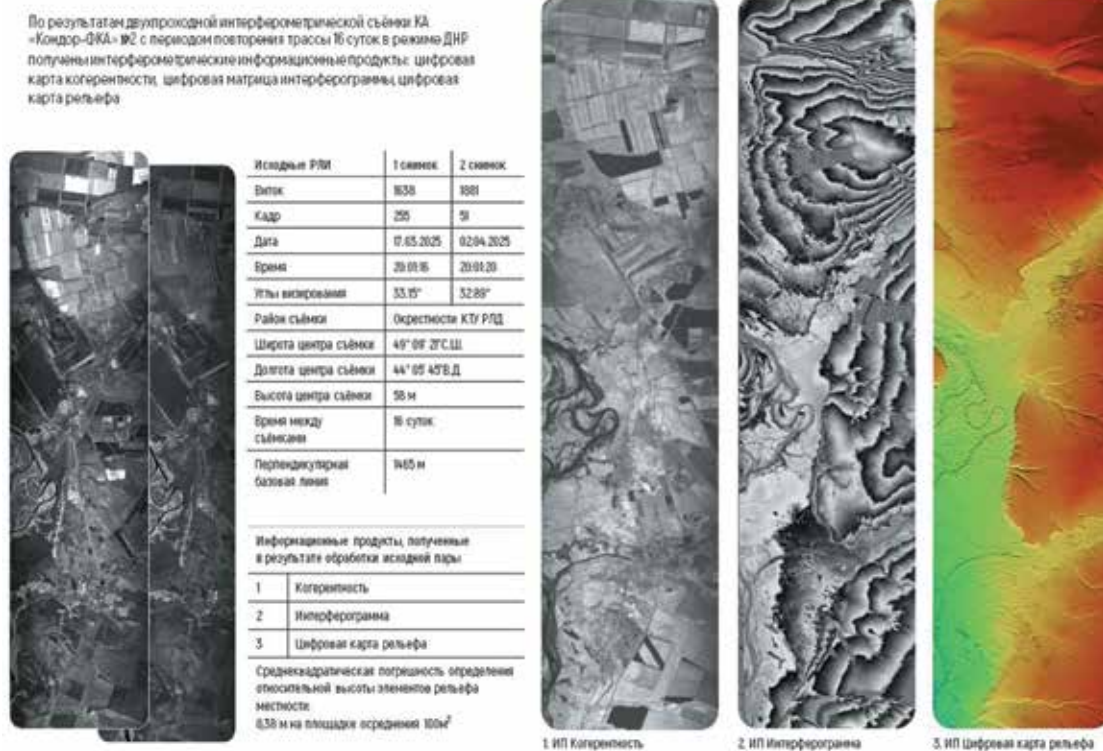


Рисунок 1 — Результаты обработки интерферометрической пары КС «Кондор-ФКА» на район Качалинского тестового участка из состава СВПН

вёртки фазы и подавления шумов. Цифровые карты рельефа и цифровые карты смещений должны быть геокодированы и привязаны к эталонным системам координат. На завершающем этапе необходима верификация точности полученных данных по сравнению с ЦМР, созданными на основе зарубежных спутников (например, Sentinel-1).

В ходе экспериментов были получены стабильные и хорошо интерпретируемые интерферограммы на тестовых районах, включающих Качалинский тестовый участок из состава СВПН (рисунок 1), горные, равнинные и урбанизированные территории. Точность полученных ЦМР составила 2—4 м по высоте, что соответствует требованию системы, а также уровню лучших зарубежных систем дистанционного зондирования. Дополнительно показано, что система может эффективно

применяться для выявления деформаций земной поверхности, динамики движения ледовых масс, мониторинга развития опасных природных и антропогенных процессов.

Результаты испытаний новой космической системы «Кондор-ФКА» свидетельствуют о её высокой перспективности для задач интерферометрической обработки. Полученные данные продемонстрировали уровень точности, сопоставимый с мировыми аналогами. В перспективе предполагается расширение области применения к задачам геодезии, геологии, мониторинга инфраструктуры, природных ресурсов и чрезвычайных ситуаций, особенно в труднодоступных и северных регионах России. Таким образом, система может занять важное место в российской системе дистанционного зондирования Земли.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

М. И. Макеров, Р. Г. Евсютин
АО «НИИ ТП», Москва, Россия

Геопрограмственная продукция представляет собой совокупность цифровых моделей местности, картографических материалов, навигационных данных и иных пространственно привязанных сведений, используемых в промышленности, строительстве, управлении территориями и других сферах экономики. Для организации эффективного промышленного производства геопрограмственной продукции необходимо учитывать ряд ключевых аспектов технологии, обеспечивающих высокое качество конечного продукта.

Анализ требований, предъявляемых к системе информационного обеспечения государственных органов и ведомств, показывает, что существует устойчивая тенденция повышения требований к высокоточной геопрограмственной продукции, используемой для решения задач в области безопасности и экономического развития государства. При этом возможной областью применения геопрограмственной продукции является практически вся поверхность Земли.

Основными критериями оценки соответствия геопрограмственной продукции предъявляемым требованиям являются точность цифровой информации о местности и степень соответствия её текущему состоянию этой местности. Задачи оперативного получения достоверной информации о местности в настоящее время наиболее оптимально решаются методами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В условиях заблаговременной подготовки геопрограмственной информации наиболее эффективным способом её получения является космическая оптико-электронная съёмка требуемых территорий.

В ходе проведения анализа информационного обеспечения государственных органов и ведомств с использованием серийно производимой линейки геопрограмственных продуктов могут быть выделены следующие основные проблемы:

- необходимость повышения эффективности применения геоинформационных систем (ГИС) с использованием цифровой информации о местности, а также автоматизированных систем управления различного назначения за счёт повышения качества и сокращения времени на подготовку геопрограмственных продуктов;
- необходимость уменьшения зависимости от зарубежных поставок и увеличения доли, ис-

пользуемых отечественных съёмочных материалов и данных территориального мониторинга, расширения типового состава привлекаемых средств ДЗЗ и аэрокосмического мониторинга.

Решение указанных проблем в настоящее время обеспечивается в рамках выполнения опытно-конструкторской работы (ОКР) по созданию комплекта программного обеспечения (Комплект ПО) для серийного изготовления и обновления геопрограмственной продукции высокой точности, который позволит обеспечить:

- технологическую независимость и безопасность производственной базы за счёт перехода на программное обеспечение на отечественной программной платформе, включая общесистемное и специальное программное обеспечение;
- наращивание объёмов автоматизированного серийного производства, расширение состава и сохранение тенденции к повышению характеристик геопрограмственных продуктов и их модификаций;
- необходимость уменьшения зависимости от зарубежных поставок и увеличения доли использования отечественных съёмочных материалов от существующих и перспективных космических и воздушных средств ДЗЗ.

Приведём основные этапы производственного процесса по созданию (обновлению) цифровой информации о местности с использованием Комплекта ПО:

1. Сбор исходных данных

Сбор исходных данных является первым этапом технологического цикла при создании продукции. Исходные данные включают аэрофотосъёмочные материалы, спутниковые снимки, наземные измерения и топографические карты. Важно обеспечить полноту и точность собранных данных, что достигается путём комплексного подхода к формированию технических условий выполняемых работам и контролю качества поступающей информации.

2. Обработка и преобразование данных

Обработанные данные подвергаются преобразованиям, включающим фотограмметрическое моделирование, стереоскопическую обработку изображений, векторизацию контуров объектов и цифровое построение рельефа. Современные автоматизированные системы позволяют значительно

ускорить этот процесс, повышая производительность труда и снижая затраты на серийное производство геопространственной продукции.

3. Создание цифровой модели местности

Цифровая модель местности создаётся на основе обработанных данных и включает создание цифровых ортофотопланов, электронных карт, модели рельефа и трёхмерных моделей поверхностей, нанесение элементов инфраструктуры и природных объектов. Цифровые модели используются для проектирования дорог, зданий, инженерных коммуникаций и решения экологических задач.

4. Контроль качества и верификация

Контроль качества продукции осуществляется на всех этапах технологического процесса. Это позволяет своевременно выявлять и устранять возможные ошибки и несоответствия требованиям заказчика. Применяются методы статистического анализа, сравнения с эталонными моделями и полевые проверки точности полученных результатов.

5. Передача готовой продукции заказчику

Готовая продукция передаётся заказчику в требуемом формате, соответствующем стандартам отрасли. Конечный геопространственный продукт сопровождается технической документацией, под-

тверждающей его соответствие заявленным характеристикам и техническим условиям.

Основой современного серийного промышленного производства геопространственных продуктов характеризуется рядом особенностей, определяющих эффективность и конкурентоспособность предприятия:

- Автоматизация процессов производства с использованием современного программного обеспечения для обработки данных и создания цифровых моделей местности снижает трудоёмкость работ и повышает точность результата.

- Интеграция разнородных данных из разных источников обеспечивает комплексный подход к решению задач и повышение информативности геопространственной продукции.

- Применение современных методов аэрокосмической съёмки и обработки данных высокого разрешения позволяют получать детальные изображения земной поверхности, необходимые для высокоточного моделирования.

Таким образом, технология серийного промышленного производства геопространственной продукции должна обеспечивать высокую степень автоматизации, интеграцию данных и применение передовых методов съёмки, что позволит создавать и обновлять продукцию, соответствующую современным требованиям рынка.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИЕЙ В ЦЕЛЯХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

В. Н. Максимова

Южно-Уральский государственный университет,

Научно-образовательный центр «Геоинформационные системы», Челябинск, Россия

Несмотря на наличие внушительных успехов в цифровизации объектов природопользования, системная инвентаризация сельскохозяйственных, лесных угодий, водных объектов не проводилась более 30 лет и, следовательно, на сегодняшний день актуальна разработка методов оценки проблемных объектов природопользования с целью определения направлений их дальнейшего эффективного применения. Поэтому создание технологии автоматизированного определения оптимального использования проблемных объектов природопользования, в целях устойчивого и сбалансированного пространственного развития региона, является актуальной задачей. Её решение будет способствовать реализации Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, утверждённой в феврале 2019 года распоряжением Правительства РФ. При разработке технологии автоматизированного определения оптимального использования и экономической оценки проблемных объектов природопользования учитывались инвестиционные, отраслевые и инфраструктурные аспекты пространственного планирования.

Сущность технологии состоит в создании автоматизированных подсистем (модулей) выявления проблемных объектов природопользования, определения их оптимального использования и оценки экономической привлекательности в рамках реализации целевых государственных и областных программ, а также привлечения инвестиций в регион.

Выявление проблемных объектов основано на обработке структурированной базы геоданных (картографического материала из госфондов, космических снимков). Определение оптимального использования и экономической привлекательности проблемных объектов природопользования основано на применении алгоритмов искусственного интеллекта и геопространственного анализа.

Предложенная технология легла в основу разработки итоговой геоинформационной системы пространственного развития территории с учётом рекомендуемого использования проблемных объектов природопользования на основе геоаналитического подхода и алгоритмов искусственного интеллекта.

Благодаря оценке экономической привлекательности проблемных объектов природопользования система позволяет рассчитать доходы региона от рационального использования проблемных объектов природопользования (сдача в аренду, передача в другие категории земель, привлечение потенциальных инвесторов и т. д.).

Суть технологии основана на:

- разработке автоматизированных подсистем обработки данных по оценке состояния объектов природопользования;
- разработке автоматизированной подсистемы учёта больших данных оценки рекреационного использования объектов природопользования и социально-экономической составляющей в целях пространственного развития территории;
- разработке автоматизированных подсистем оценки ландшафтных свойств объектов природопользования: земель, водных объектов, лесов;
- разработке автоматизированных подсистем оценки экономической привлекательности: земель; водных объектов, лесов.

Полный цикл анализа объектов землепользования состоит из трёх этапов:

1. Анализ спутникового снимка и выявление потенциальных проблемных объектов.
2. Уточнение результатов, полученных на первом этапе, путём полевых дообследований, либо съёмки с использованием БПЛА, либо проведения экспертной оценки.
3. Формирование рекомендаций по дальнейшему использованию выявленных проблемных объектов (например, расчёт арендной ставки, перевод в другие виды использования, категории и т. д.)

Потенциальные проблемы участков землепользования можно разделить на следующие категории: поля, заросшие хвойной либо лиственной растительностью; заболоченные либо высохшие водоёмы, лесные массивы после пожара.

Для выявления всех типов объектов достаточно использовать нормализованные индексы NDVI (для работы с данными по полям и лесам) и NDWI (для анализа данных о водных объектах).

Индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) является одним из наиболее важных и зна-

чимых индексов при исследовании качества вегетации, он описывает плотность растительности на территории на основе спутниковых снимков в спектральном диапазоне.

Общая структура модуля детекции проблемных объектов природопользования и определения пороговых значений приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 — Общая структура модуля детекции проблемных объектов природопользования и определения пороговых значений

Несмотря на простоту выполняемых действий по определению проблемных объектов природопользования, данная процедура при отсутствии автоматизации определения вегетационного индекса и анализа имеющихся в базе данных объектов в виде полигонов, практически не выполнима для региона, поскольку объём анализируемых данных велик и составляет порядка 107 объектов. По той же причине невозможен и осмотр всех сельскохозяйственных, лесных и водных угодий. Также при осмотре невоз-

можно количественно оценить степень заросленности либо заболоченности отдельно взятого участка.

В связи с вышесказанным, отметим, что технология автоматизированного определения оптимального использования и экономической оценки проблемных объектов природопользования может быть рекомендована для внедрения в региональные инфраструктурные проекты, направленные на решение задач, связанных с пространственным развитием региона.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДЗЗ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Д. Я. Говорин

АО «Кадастрсъемка», Иркутск, Россия

В условиях необходимости повышения эффективности агротехнологий особенно важна своевременная, высокоточная и достоверная информация о состоянии земель и посевов. В данном докладе представлена модель сбора, анализа и обработки информации данных ДЗЗ, разрабатываемая АО «Кадастрсъемка» в сфере агропромышленности, и рассмотрены перспективы данного направления использования современных технологий.

Для разработки решений относительно сельскохозяйственных угодий требуется разностороннее исследование различных характеристик и качеств полей. Для достижения этого используется комплекс средств сбора данных, таких как мультиспектральная аэрофотосъемка (АФС) и воздушное лазерное сканирование (ВЛС) с пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов, сбор данных космической мультиспектральной съемки, полевые работы.

Одна из задач — определение границ и местоположения участков полей решается с помощью АФС и ВЛС, камеральной обработки данных и составления планов. Может быть применено два метода определения границ. Первый — определение границ землепользований для кадастрового мониторинга, что имеет особое значение в связи с текущими тенденциями, ведущими к обязательному кадастровому учёту используемых сельхоз земель. Второй — определение границ фактического использования под пашни. Это позволит вести точный учёт земель, планировать и экономить затраты.

Далее при помощи красного и инфракрасного спектров АФС определяется вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) для каждого пикселя и составляется растр данных значений. Более высокое числовое значение индекса характеризует более высокую интенсивность растительности. Однако стоит отметить, что отдельно взятое значение не может быть проанализировано, имеет место только территориальное или временное сравнение и анализ. Таким образом, по территориальному анализу на изображении NDVI можно локализовать и определить величину отклонений, угнетений отдельных пашен и общую характеристику пашни в целом.

Идентифицированные отклонения могут иметь различные причины. Одна из таких — водная эрозия. Ключевыми факторами, влияющими на сте-

пень водной эрозии, являются высотные перепады рельефа, длина линии водного стока, тип почвы, покрытие, интенсивность и продолжительность дождей. При помощи обработки точек лазерного отражения ВЛС составляется матрица высот на исследуемую территорию, с помощью программного обеспечения определяются углы уклонов, моделируются линии стока. После сбора дополнительных материалов на основе имеющегося комплекса данных вычисляется годовая потеря почвы и определяется степень эрозионной опасности для отдельных участков пашни. В дополнение к этому на основе матрицы также выявляются другие причины угнетения, такие как переувлажнение и заболачивание. Карта категорий эрозионно-опасных земель как итоговый продукт анализа может служить обоснованием для проектирования и расположения севооборотов и противоэрозионных мероприятий.

С другой стороны техническое и технологическое влияние на культуры, как правило, не зависит от рельефа и имеет систематический характер. На основе данных АФС и ВЛС и изображениях NDVI территории анализируются на предмет технических или технологических ошибок, возможностей для более эффективного использования ресурсов. Это могут быть пропуски или, наоборот, двойное внесение семян, удобрений или гербицидов, химические или технические повреждения. При определении агрономом веществ, которые необходимо внести в почву, специалист может подготовить дифференцированную карту внесения веществ. Применение такого метода увеличивает эффективность и одновременно уменьшает затраты на ресурсы. Подразумевается, что такого рода анализ нужно выполнять в комбинации с анализом категории эрозионно-опасных земель для определения целесообразности затрат ресурсов на отдельные участки пашни.

Помимо пространственного анализа, в докладе рассматривается временной анализ NDVI для идентификации типов полей и произрастающих культур. Для этого составляются временные графики изменений вегетационного индекса NDVI на основе серий спутниковых снимков. Тип определяется по значениям и изменениям вегетационного индекса на определённые даты и сравнением с эталонным графиком NDVI. Для большей точности анализа графики, построенные по сериям спутников сним-

ков, имеющих сравнительно низкое разрешение, используются в комбинации с материалами аэрофотосъёмки высокого разрешения.

Одними из потенциальных направлений развития методов применения ДЗЗ в сельском хозяйстве являются определение ветровой эрозии, прогнозирование урожайности, применение машинного обучения для обработки данных.

Важный принцип комплексного подхода, при котором определяются как природные, так и технические аспекты агропромышленных земель, это разностороннее исследование территорий, которое

предлагает всеобъемлющую информацию о каждом поле, увеличивает эффективность каждого отдельно взятого метода и позволяет принимать решения на основе широкого спектра характеристик, а не на отдельно взятом факторе.

На основе проведённых исследований можно говорить о перспективности и важности интеграции высокоточных данных ДЗЗ и современных технологий их обработки и анализа для устойчивого и эффективного развития сельского хозяйства, повышения его производительности и уменьшения его затрат.

ПРИМЕНЕНИЕ INSAR-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ДЕФОРМАЦИЙ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЗАСТРОЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

А. Г. Князев, Лю Лян, Ф. З. Зарипова, Э. Д. Кузнецов

«Уральский федеральный университет» (УрФУ), Екатеринбург, Россия

Аннотация. При современном строительстве в условиях городской застройки особое значение приобретает глубина заложения фундаментов и границы котлованов (зона влияния строительства). Глубокие строительные котлованы создают риски, связанные с дополнительными деформациями строящихся объектов и объектов окружающей застройки. Особое внимание следует уделять периоду строительства и первых лет эксплуатации объектов, когда происходят наиболее интенсивные процессы осадки, которые могут длиться до 6 лет после завершения строительства. Не качественно выполненные работы или ошибки в проекте не учитывающие подвижки грунтового массива, осадки или неравномерную разность осадок грунтового основания может привести к появлению трещин, крена конструкций и других деформационных проявлений. Своевременное выявление и анализ деформаций позволяют предотвратить развитие критических ситуаций и минимизировать риски возникновения чрезвычайных происшествий.

В статье рассматривается применение технологии интерферометрического радара с синтезированной апертурой (InSAR) при мониторинге деформаций искусственных сооружений на застроенной территории. Методы исследования включают комплексный подход с использованием PS-InSAR и SBAS-InSAR технологий, дополненных наземными геодезическими измерениями методом тригонометрического нивелирования.

Сравнительный анализа результатов спутникового и наземного мониторинга деформационных процессов позволяет говорить о точности получаемых данных и демонстрирует высокую эффективность применения InSAR-технологий для выявления деформаций искусственных сооружений. Выявленные в ходе исследования критические зоны развития деформационных процессов с максимальными значениями осадок до 350 мм послужили основой для принятия превентивных мер и использованы при последующих работах по обследованию технического состояния и оценке устойчивости искусственных сооружений. Проведённое исследование подтверждает перспективность применения InSAR-технологий в задачах мониторинга деформаций искусственных сооружений на застроенных территориях. Полученные результаты могут служить основой для разработки рекомендаций по улучшению методов наблюдений учитывая плотность застройки территории и границы техногенного воздействия при строительстве.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛАССА

Ф.З. Зарипова

«Уральский федеральный университет» (УрФУ), Екатеринбург, Россия

Аннотация. В современной строительной практике мониторинг деформаций является неотъемлемым элементом контроля качества и безопасности возводимых объектов. Проведение мониторинга регламентируется нормативной документацией, учитывающей геотехническую категорию и уровень ответственности конкретного объекта строительства.

Особую значимость мониторинг деформаций приобретает при возведении технически сложных и особо опасных сооружений, где требуется обеспечение предельно высокой точности измерений. В таких случаях обязательным условием является проведение наблюдений за осадками фундаментов с применением методов обеспечивающих I и II классы точности, гарантирующих погрешность не более 1—2 миллиметров при определении высотных смещений конструкций.

В работе представлены результаты 9 циклов измерений, методом геометрического нивелирования I класса по деформационным маркам, установленным на несущих вертикальных конструкциях строящегося объекта. При измерениях применён электронный нивелир Leica LS15 в комплекте с инварными штрих-кодовыми рейками. Уравнивание выполнено в программе Credo Нивелир I и II классом точности. Также выполнено моделирование 50 циклов измерений с внесением случайных ошибок с нормальным распределением. Ошибки внесены в высотные отметки в диапазоне ± 0.20 мм, в измерения расстояний ± 10.00 мм. Границы случайных величин назначены согласно техническим характеристикам прибора.

Анализ результатов показал, что при уравнивании данных нивелирования I класса с точностью II класса, невязки нивелирных линий и среднеквадратические ошибки на один штадив хода не превышает допустимых величин для I класса. В результате моделирования подтверждаются практические результаты, что позволяет нам сокращать количество измерений.

ИНФОРМАЦИЯ и КОСМОС

Входит в перечень ВАК

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

Радиотехника и связь • Информатика, вычислительная техника и управление • Геоинформатика • Авиационная и ракетно-космическая техника • Философия информации



**Оформить подписку на журнал «Информация и космос» и для связи с редакцией:
marketing@itain.spb или по тел. (812) 740-77-07**

СЪЁМОЧНЫЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ГРУППИРОВОК МИНИСПУТНИКОВ

Н. О. Старосотников, Е. А. Шпаковский

ОАО «Пеленг», Минск, Беларусь, АО «Кадастрсъёмка», Иркутск, Россия

Одной из тенденций [1] дистанционного зондирования Земли из космоса является съёмка при помощи группировок миниспутников (100—500) кг [2]. Один такой миниспутник является относительно простым и недорогим, обеспечивает возможность одновременно одним ракетоносителем запуска не одного или нескольких штук, а десятков. Такое количество позволяет зондировать Землю практически непрерывно, после пролёта и съёмки области интереса одним миниспутником оперативно подлетает следующий. Наиболее успешными операторами современных группировок являются компании из США: Planet, BlackSky Global и Китая: Chang Guang Satellite Technology (таблица 1).

Современным важным требованием к характеристикам миниспутников является пространственное разрешение на местности панхроматического канала (GSD PAN), которое составляет от 0,3 м до 1 м на низкой орбите [3, 4]. GSD PAN обеспечивается съёмочным оптико-электронным аппаратом, составля-

ющим (30—40) % массы миниспутника [2]. Наличие сверхвысокого GSD PAN в современных миниспутниках требует увеличенных фокусных расстояний (2—5) м и более, что также ограничивает полосу захвата, чаще всего реализованную одним или несколькими фотоприёмниками. На количество фотоприёмников накладывается ограничение по массе, габаритам и энергопотреблению миниспутника. Достижение сверхвысокого GSD PAN в современных миниспутниках является заслугой развития микроэлектроники, которая значительно улучшила характеристики фотоприёмников: размер пикселя — несколько микрометров и низкие шумы — несколько электрон. В тоже время низкие шумы фотоприёмников значительно повышают отношение сигнал/шум изображения, что даёт возможность использовать съёмочные оптико-электронные аппараты с меньшей апертурой и соответственно массой.

Таблица 1
Основные характеристики миниспутников современных группировок

Оператор	Planet		BlackSky Global	Chang Guang
Наименование	SkySat	Pelican	Gen-2, Gen-3	Jilin-01
GSD PAN, м	0,9–1,1	0,3–0,4	0,9–1,1; 0,35–0,5	0,5–1,1
Полоса захвата, км	8	н. д.	6; 3,7	до 17; 40
Высота орбиты, км	400–600	450	450	500–700
Масса миниспутника, кг	120	160	56; 100	100–420

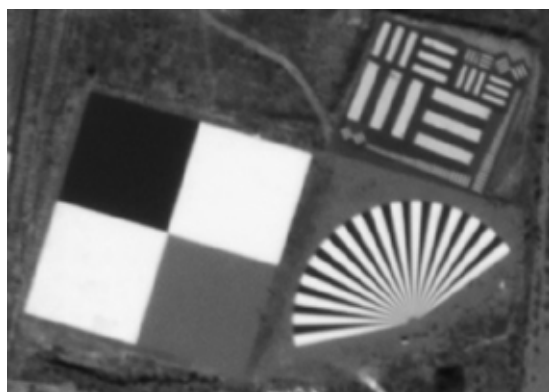
Разрабатывает [5] и изготавливает съёмочные оптико-электронные аппараты для миниспутников и ОАО «Пеленг», в том числе оптические компоненты, углепластиковые корпуса, электронные блоки с использованием современной микроэлектроники. Первым опытом создания съёмочных оптико-электронных аппаратов для миниспутников были работы для КА «Канопус-В» и БКА. Одним из преимуществ современных образцов является сниженная масса за счёт объектива, оптимизации облегчения зеркал, реализации

светотеплозащитных элементов из углепластика, а также электронных блоков, в частности использования фотоприёмников с улучшенными характеристиками.

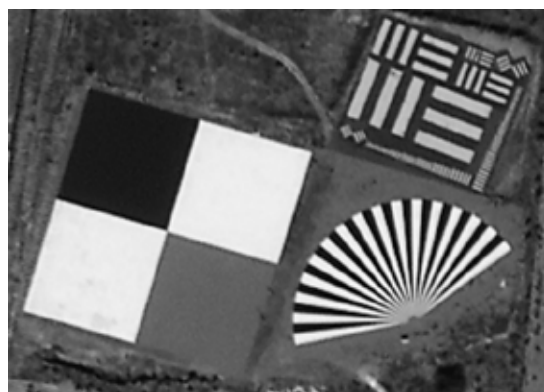
Специалисты ОАО «Пеленг» уделяют особое внимание обеспечению измерительных свойств изображений. Для настроек и проверок используется широкая база специального оптического оборудования. Проводятся калибровки (геометрическая, радиометрическая, спектральная) как в лаборатории, так и на этапе лётных испытаний после запу-

ска. Разработаны алгоритмы цифровой обработки изображений [6] с использованием классических

способов [7], которые позволяют повысить изобразительные свойства (рисунок 1).



а



б

а – исходное изображение, б – обработанное изображение

Рисунок 1 — Пример обработки изображения тестового полигона Баотоу

Полувековой опыт ОАО «Пеленг» в космическом приборостроении подтверждён успешной работой на орбите созданных съёмочных аппаратов — от первых плёночных до современных оптико-электронных, в том числе и для миниспутников.

Список литературы

1. Пермяков, Р.В. Итоги запусков космических аппаратов ДЗЗ и тенденции отрасли в 2024 г. / Р.В. Пермяков // Геопрофи: научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации. 2025. — № 1. — С. 16—21.
2. Куренков, В.И. Основы проектирования космических аппаратов оптико-электронного наблюдения поверхности Земли. Расчёт основных характеристик и формирование проектного облика: учебное пособие / В.И. Куренков. — Самара: Издательство Самарского университета, 2020. — 461 с. : ил.
3. Gunter's Space Page. Directory Spacecraft: Earth Observation — USA: Planet, BlackSky Constellation, China: Chang Guang ST Co. [Electronic resource]. — Mode of access: space.skyrocket.de.
4. eoPortal Observation of the Earth and its Environment. Directory Satellite Missions Catalogue:

SkySat Constellation, Planet Pelican, BlackSky Constellation, Jilin / Gaofen Constellation [Electronic resource]. — Mode of access: eoportal.org.

5. Шпаковский, Е.А. Геометрические модели съёмочных оптико-электронных аппаратов дистанционного зондирования / Е.А. Шпаковский, Н.О. Старосотников // Цифровая реальность: космические и пространственные данные, технологии обработки : Материалы IV Совместной международной научно-технической конференции, Минск, 16—19 сентября 2024 года. — Москва: Межрегиональная общественная организация «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства», 2024. — С. 40—46.

6. Старосотников, Н.О. Постобработка целевой информации оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ, разработанной ОАО «Пеленг» / Старосотников Н.О. [и др.] // Восьмой белорусский космический конгресс, 25—27 октября 2022 г., Минск: материалы конгресса: в 2 т. — Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2022. — Т. 1. — С. 241—244.

7. Гонсалес, Р.С. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, испр. и доп. / Гонсалес Рафаэл С., Вудс Ричард Е. — М.: Изд-во «Техносфера», 2019. — 1104 с.

ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАБОТКИ РОССИЙСКИХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ В ПАКЕТЕ PHOTOMOD RADAR

А. Д. Чекурин

АО «Ракурс», Москва, Россия

В докладе рассмотрены тематические задачи, которые могут решаться с помощью радиолокационных (РЛ) данных, кратко описаны параметры РЛ, влияющие на пригодность для решения тех или иных тематических задач.

Рассмотрены характеристики российских радиолокационных данных и тематические задачи, которые могут решаться с помощью российских данных.

Приведены характеристики китайских радиолока-

ционных данных, доступных на российском рынке.

Дан обзор функциональных характеристик ПО PHOTOMOD Radar.

Рассмотрена применимость ПО PHOTOMOD Radar к решению различных задач на основе российских и доступных на российском рынке зарубежных данных, а также возможные направления развития функциональных возможностей ПО для расширения круга решаемых тематических задач.

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

А.Ю. Лапшин, В.В. Попадьев, Г.Э. Мельник

ППК «Роскадастр», Москва, Россия

Поддерживаемые Росреестром три государственные системы России: система координат, система высот и силы тяжести — реализованы в геодезической, нивелирной и гравиметрической сетях, соответственно. С увеличением точности измерений и расширением вычислительных возможностей, основанных на иных измерительных принципах, появилась необходимость комплексной модернизации, как в части координатного, так и в части высотного обеспечения.

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС) служит сейчас опорой для действующей государственной системы координат ГСК-2011, а также позволяет распространить ITRF на территории страны. В создании этой системы участвовали 46 пунктов ФАГС, и к настоящему времени сохранилось лишь 25 из них. Несмотря на утрату одних пунктов, создавались другие, так что ФАГС продолжала развиваться, и сегодня насчитывает уже более 100 пунктов, большинство из которых не существовали в формировании ГСК-2011. Возникающее при этом противоречие легко разрешить, если рассматривать ГСК-2011 как выбранную эпоху в жизненном цикле ITRF2014 или ITRF2020, имея в виду возможность приведения более поздних результатов к более ранним положениям. Поскольку сама система выведена по результатам двухгодовых измерений, а с момента установления системы в качестве государственной прошло уже более десяти лет, произошла естественная деградация каталога ГСК-2011, не отражающего более точные векторы изменений координат. Также накопились нелинейные деформации земной поверхности, что приводит к ухудшению точности

приведения координат до десятков сантиметров, не обеспечивая тем самым запас точности для большинства практических задач геодезии. Особенно наглядно нелинейность деформаций проявилась во время сильных сейсмических событий на Камчатке летом 2025 года, когда смещения точек земной поверхности достигли 1,5 метров.

Предложено значительное увеличение количества пунктов ФАГС по сравнению с прежними представлениями о плотности их размещения, поскольку именно постоянно действующие пункты с непрерывными измерениями формируют наиболее точный каркас. Концепция комплексной модернизации геодезической основы предусматривает поэтапное наращивание сети до 300 пунктов к 2030 году и до 700 пунктов к 2036 году. Расположение новых пунктов будет выбираться с учётом не только социально-экономической значимости территорий, но также геодинамической активности, включая сейсмоактивные зоны, морские побережья, области постледникового поднятия и крупные населённые пункты.

В 2026—2027 гг. планируется создание до 40 новых пунктов, что станет первым практическим шагом в реализации этой масштабной программы.

Также сгущение гравиметрической съёмки в окрестности пунктов ФАГС позволит надёжно вычислить в единой системе геопотенциальные числа на отдельных реперах нивелирования I класса и использовать их в качестве исходных при уравнивании нивелирной сети. Накопленные несколько циклов измерений по линиям нивелирной сети позволяют вычислить скорости изменения высот реперов во времени и перейти к кинематической системе высот.



МЫ ОТКРЫВАЕМ КАРТЫ

Присоединяйтесь



+7 (499) 649-69-99
sales@mtlab.space
<https://mtlab.space>

ОРГАНИЗАТОРЫ:



ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ:



<https://conf.racurs.ru/>
+7 495 720 51 27
conference@racurs.ru