

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СО РАН –
ОБОСОБЛЕННОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ФИЦ КНЦ СО РАН
(ИВМ СО РАН)

УДК 002.6:004.89

Рег. № НИОКТР АААА-А18-118011890023-8

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН,
д. ф-м. н

_____ Н.В. Волков
«30» января 2019 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
"РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МУЛЬТИ- И ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ЗАДАЧАХ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И РАЦИОНАЛЬНОГО
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ"

БЛОК ПРОЕКТА "РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МУЛЬТИ- И
ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
ЗЕМЛИ В ЗАДАЧАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И РАЦИОНАЛЬНОГО
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ"

КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ СО РАН II.1"
(промежуточный за 2018 год)

Направление фундаментальных исследований
IV.38. Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-
телекоммуникационных систем и сетей, развитие технологий и стандартов GRID

(номер темы 0356-2018-0055)

Протокол Ученого совета ФИЦ КНЦ СО РАН
№ 02/2019 от «30» января 2019 г.

Руководитель НИР
Старший научный сотрудник,
к-т физ.-мат. наук, доцент

_____ О.Э. Якубайлик

Красноярск 2018

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы г.н.с., д.ф.-м.н.	<hr/>	О.Э. Якубайлик
	(подпись, дата)	
Исполнители: г.н.с., д.ф.-м.н.	<hr/>	Н.Я. Шапарев
	(подпись, дата)	
в.н.с., д.б.н.	<hr/>	В.В. Заворуев
	(подпись, дата)	
с.н.с., к.т.н.	<hr/>	А.А. Кадочников
	(подпись, дата)	
с.н.с., к.т.н.	<hr/>	А.В. Токарев
	(подпись, дата)	
инженер, аспирант	<hr/>	В.Ю. Ромасько
	(подпись, дата)	
инженер, аспирант (молодой ученый)	<hr/>	А.К. Матузко
	(подпись, дата)	
инженер, аспирант (молодой ученый)	<hr/>	А.В. Дергунов
	(подпись, дата)	
инженер, аспирант (молодой ученый)	<hr/>	К.В. Краснощеков
	(подпись, дата)	
Нормоконтроль	<hr/>	А.В. Вяткин
	(подпись, дата)	

РЕФЕРАТ

Отчёт 13 с., 2 рис., 3 прил.

ВЕБ-ГИС, ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ВЕБ-СИСТЕМА, КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ВЕБ-СЕРВИС, ДАННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ, ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ МЕТАДАННЫЕ, ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ, МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ, КАТАЛОГ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ, ГЕОПОРТАЛ.

Целью проекта в целом является разработка методов и технологий тематической обработки мульти- и гиперспектральных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и представление их в виде веб-сервисов для решения задач экологического мониторинга и рационального природопользования. Содержание работ по данному блоку проекта связано с проектированием и реализацией информационно-вычислительного обеспечения для систем оперативного спутникового мониторинга, созданием программных средств для обработки данных ДЗЗ.

Выполнение поставленных задач было основано на современных методах и средствах математического моделирования и разработки программных систем, инструментарии и вычислительных технологиях. Системообразующими элементами стали сервис-ориентированная архитектура, технологии геоинформационных веб-систем и геопространственных веб-сервисов.

Результатом выполнения работ стало создание технологического и программного обеспечения, набора интегрированных в рамках геопортала программных модулей и веб-сервисов, предназначенных для решения различных задач тематической обработки и визуализации данных ДЗЗ.

Область применения полученных результатов – разработка сложных программно-технических комплексов и интегрированных систем оперативного спутникового мониторинга, оценки состояния природных явлений и объектов.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1. Создание программного обеспечения для каталогизации и автоматизированной предобработки мульти- и гиперспектральных данных ДЗЗ. Разработка веб-сервисов для элементарных операций растровой алгебры, обеспечивающих создание производных информационных продуктов, таких как нормализованные спектральные индексы.....	7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	11
ПРИЛОЖЕНИЕ А	12
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	13

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчете о НИР используются следующие сокращения и обозначения:

ГИС	географическая информационная система
ДЗЗ	дистанционное зондирование Земли
ДДЗ	данные дистанционного зондирования
ИПД	инфраструктура пространственных данных
КА	космический аппарат
ИК-диапазон	инфракрасный диапазон
БИК	ближний инфракрасный
ИСЗ	искусственный спутник Земли
СХД	система хранения данных

ВВЕДЕНИЕ

Методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса являются одним из важнейших инструментов исследования природных и антропогенных объектов и явлений в задачах экологического мониторинга и рационального природопользования.

Можно считать, что общая схема организации процессов обработки данных ДЗЗ уже достаточно устоялась; основные блоки включают прием и архивацию, первичную и тематическую обработку. Если на первых этапах развития систем мониторинга при построении конкретной системы в ней приходилось реализовывать все этапы обработки данных ДЗЗ и полностью создавать для этого специальную инфраструктуру, то в настоящее время более эффективным и целесообразным с разных точек зрения считается использование специализированных центров хранения, обработки и анализа данных.

В условиях постоянного роста объемов доступной спутниковой информации в настоящее время возникает безусловная необходимость в создании нового поколения средств автоматизации оперативной обработки данных ДЗЗ, решения типовых задач преобразования и визуализации поступающей информации. Уже недостаточно просто «хранить данные на сервере, или в СХД», необходимо обеспечить сервисы их быстрой визуализации через веб-интерфейс в обычном браузере. И не просто «показать картинку», а предоставить набор аналитических инструментов для их анализа и интерпретации, с последующей визуализацией. Подобные решения сегодня принято создавать в сервис-ориентированной парадигме, на основе веб-технологий.

Представленные в настоящем реферативном отчете результаты – итоги 1-го года (этапа) работ по рассматриваемому проекту. Основная задача этого 1-го этапа связана с созданием технологий и программных инструментов для последующей реализации (на следующих этапах проекта) средств обработки мульти- и гиперспектральных данных ДЗЗ в рамках различных проектов создания систем регионального спутникового мониторинга.

1. Создание программного обеспечения для каталогизации и автоматизированной предобработки мульти- и гиперспектральных данных ДЗЗ. Разработка веб-сервисов для элементарных операций растровой алгебры, обеспечивающих создание производных информационных продуктов, таких как нормализованные спектральные индексы

Разработано программное обеспечение для каталогизации и автоматизированной предобработки мульти- и гиперспектральных данных ДЗЗ. Процедура обработки данных ДЗЗ реализована на основе аппаратно-программного обеспечения спутникового приемного комплекса, которое включает три логические группы серверов – приемных, предварительной обработки и тематической обработки. Регистрация спутниковых снимков в каталоге сопровождается формированием связанных с ней геопространственных метаданных, которые обеспечивают возможность поиска и фильтрации информации.

Предложенная технология построения рассматриваемой системы является комбинацией двух традиционно используемых подходов к разработке систем каталогизации спутниковых данных:

- «легкая система» – простой инструмент для поиска по каталогу снимков с их просмотром в виде мелкомасштабных цветных растровых изображений;
- «тяжелая система» – ресурсоемкое решение, предполагающее создание специальных промежуточных цветных композитных изображений высокого пространственного разрешения.

Основная идея комбинации указанных подходов заключается в предварительном формировании архива изображений с ограниченным числом каналов – тех, которые используются при создании их популярных комбинаций. Например, для данных радиометра MODIS спутников TERRA/AQUA из исходных 36 каналов выбирается всего 7 шт., необходимых для обычно используемых на практике RGB-комбинаций. Для каждого исходного спутникового снимка генерируется набор таких многоканальных изображений для нескольких масштабных уровней (в 1 пикселе 4000/2000/1000/500 м). Разработанное программное обеспечение позволяет выбирать нужные 3 канала для формируемого в веб-интерфейсе RGB-изображения из исходных 7 каналов динамически, «на лету». В зависимости от запросов пользователя используется тот или иной масштабный уровень – соответствующий файл с данными.

Рассмотрим формируемые многоканальные изображения на примере радиометра MODIS. В разработанном программном обеспечении была реализована поддержка таких используемых обычно на практике RGB-комбинаций, как 1-4-3 (цветосинтезированное изображение в «естественных цветах»), 7-2-1 (комбинация каналов снимка, наиболее

подходящая для обнаружения пожаров и огня) и 3-6-7 (комбинация используется для отображения снега и льда). Дополнительно новое изображение содержало каналы для расчета индексов NDVI (нормализованный относительный индекс растительности, Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (нормализованный разностный водный индекс, Normalized Difference Water Index) и температуры поверхности (по 31 каналу). Рассмотренные комбинации каналов показаны на рис. 1. Аналогично формировались каналы для прибора VIIRS.

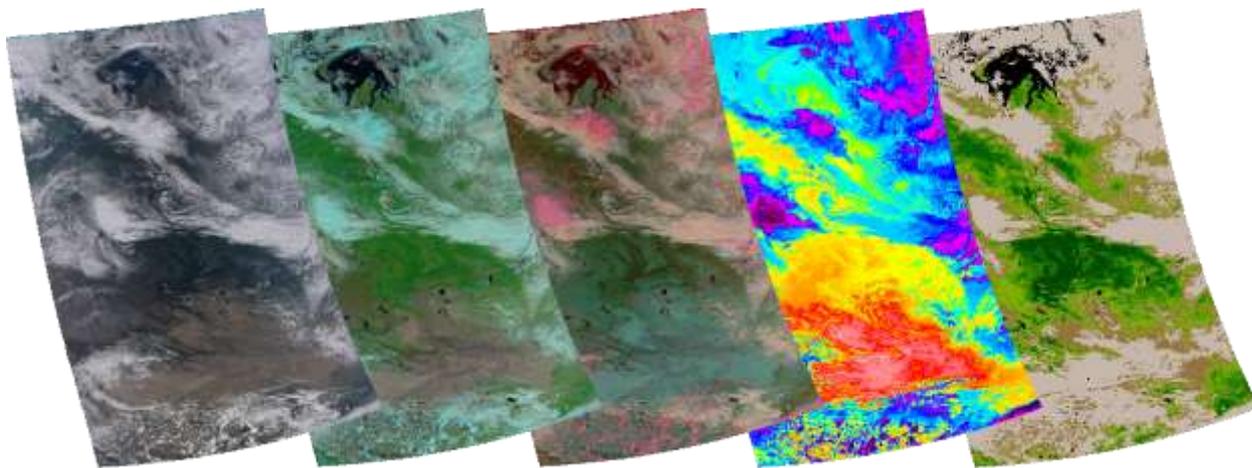


Рисунок 1 – Комбинации слоев (естественные цвета, пожары, снег и лед, температура, NDVI)

Высокая производительность веб-визуализации спутниковых изображений большого объема обеспечивается использованием специальных технологий предварительной подготовки данных, форматом данных TIFF в редакции 6.0 с использованием структуры TILES (изображение состоит из набора независимо хранящихся однотипных фрагментов), предварительно вычисленными пирамидальными (обзорными) слоями OVERVIEW. Все перечисленные этапы обработки выполняются средствами библиотеки GDAL.

Увеличение производительности при веб-визуализации спутниковых данных обеспечивается также за счет преобразования изображений из 16-битного формата в 8-битный. Коррекция яркости пикселей изображения осуществляется на основе единой для всех снимков для каждого сенсора «таблицы поправок» (Look Up Table).

Для тематических карт, отображаемых через веб-интерфейс, используются индексированные растры, в которых каждый пиксель изображения содержит индекс, соответствующий классу легенды карты, а заголовок файла – таблицу со значениями цвета для всех индексов палитры (классов). Побочным эффектом является компактный размер данных с тематической картой. Например, сформированное на основе стандартных

данных Landsat 8 композитное изображение (3 канала + повышение детализации алгоритмом pansharpening) размером 16161×16341 пикселей занимает примерно 1,6 Гб на диске, а построенная на его основе тематическая карта температуры поверхности, содержащая 10 классов (диапазонов значений температуры), занимает всего 73 Мб (в формате PNG).

Разработанное программное обеспечение (библиотека программных компонент) обеспечивает функции быстрого поиска в каталоге спутниковых данных, с минимизацией нагрузки на сервер. Реализованы программные модули, решающие следующие задачи предварительной обработки спутниковых данных:

1. Преобразование исходных растровых данных в формат GeoTIFF с преобразованием исходной проекции в азимутальную равновеликую проекцию Ламберта.
2. Создание базового цветного изображения для разных масштабов отображения, состоящего из нескольких спектральных каналов. Такие изображения используются для детального просмотра спутникового снимка с сохранением исходного разрешения.
3. Создание растрового изображения в формате .PNG для показа обзорных изображений («квик-луков») в веб-приложении для разных масштабов отображения, но с меньшим разрешением (до 1 км на точку). В отличие от базового цветного изображения «квик-луки» в веб-приложении могут отображаться группами, в зависимости от выбора пользователя, тогда как базовое цветное изображение будет активно только для одного выбранного снимка.
4. Создание продуктов в виде растрового многоканального изображения в формате GeoTIFF с индексами NDVI и NDWI, а также одноканальных изображений.
5. Преобразование из 16-битного формата к 8-битному, более подходящему для показа спутниковых снимков в веб-приложении и требующее значительно меньших ресурсов в системе хранения данных.

В рамках предлагаемой сервис-ориентированной архитектуры программного обеспечения обработки спутниковых данных предусмотрена возможность выполнения операций картографической алгебры в пределах функционала, предусмотренного библиотекой GDAL и ее растровым калькулятором `gdal_calc`, обеспечивающим любые арифметические операции над растрами, использование функций библиотеки NumPy.

Для поиска и навигации по каталогу спутниковых данных разработано веб-приложение с применением серверного языка программирования PHP, СУБД PostgreSQL и клиентского веб-интерфейса на языке программирования TypeScript с использованием фреймворка Angular 5.

В работе используются открытые технологии и программное обеспечение. В качестве основы использовались разработанные программные средства для анализа пространственных данных в среде геопортала Института вычислительного моделирования СО РАН с использованием технологий, предлагаемых международной организацией OGC (Open Geospatial Consortium) и программного обеспечения MapServer и MapProxy. MapProxy используется для создания карты из фрагментов, обеспечивает производительность за счет кэширования геопространственных данных. Спутниковые снимки для веб-приложения формируются с использованием программного обеспечения MapServer и GDAL. Набор инструментов для предварительной обработки снимков разработан с использованием языка Python и процессора bash в среде Unix. Основными модулями для приложений на Python выступала библиотека GDAL и NumPy. Пример веб-интерфейса каталога спутниковых снимков представлен на рис. 2.

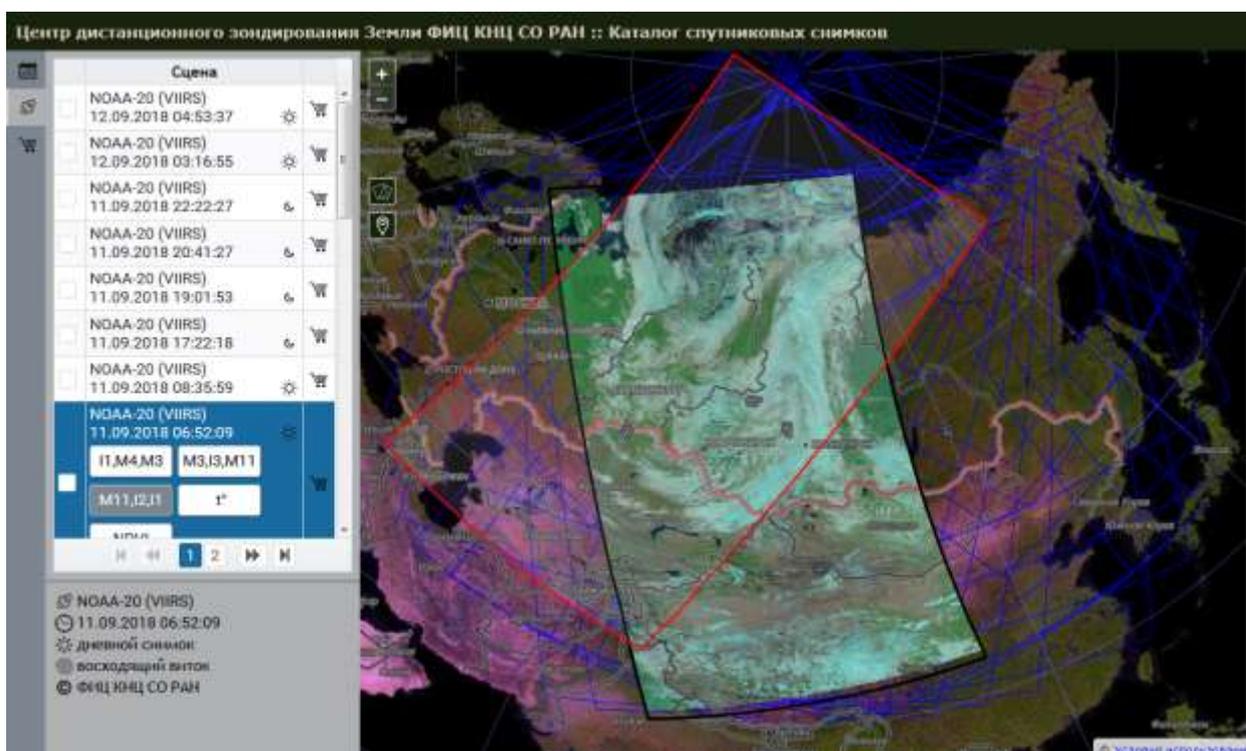


Рисунок 2 – Веб-интерфейс каталога спутниковых снимков

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение отчетного периода выполнен полный цикл исследований, запланированных по данному проекту. На основе технологий геоинформационных веб-систем разработано программно-технологическое обеспечение для обработки и визуализации данных дистанционного зондирования Земли. Создан набор специализированных программных модулей для реализации систем оперативного спутникового мониторинга, в том числе – средства для создания стандартных информационных продуктов для спутникового приемного комплекса, система каталогизации данных ДЗЗ, объединенная с системой управления геопространственными метаданными, система предобработки спутниковых снимков для оперативного представления снимков на геопортале через веб-интерфейс.

Новизна рассматриваемого подхода заключается в возможности оперативного анализа снимков через веб-интерфейс за счет использования программных инструментов для генерации обзорных растров небольшого размера (квик-луков) наряду с многоканальными мульти-масштабными растрами, на основе которых динамически формируются цветные композитные изображения популярных комбинаций спектральных каналов.

Значимость результатов обусловлена перспективами внедрения результатов в разработку различных прикладных систем спутникового мониторинга.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Научные публикации в журналах, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования

Якубайлик О.Э. Особенности построения программного обеспечения геоинформационных веб-систем // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – 5 (71). – С. 62-64. – DOI: 10.23670/IRJ.2018.71.025.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

Выписка из плана научно-исследовательской работы на 2018 год

Содержание работы	Планируемый результат выполнения работы
<p>Блок 4.</p> <p>Создание программного обеспечения для каталогизации и автоматизированной предобработки мульти- и гиперспектральных данных ДЗЗ.</p> <p>Разработка веб-сервисов для элементарных операций растровой алгебры, обеспечивающих создание производных информационных продуктов, таких как нормализованные спектральные индексы.</p>	<p>Блок 4.</p> <p>Реализация библиотеки программных компонент для хранения и предварительной обработки спутниковых данных. Будут реализованы функции загрузки и сохранения многоканальных растровых файлов, извлечение и комбинация каналов изображения, генерация метаданных по спутниковым снимкам, преобразования систем координат/проекций, построения частотных гистограмм, настройки параметров отображения данных, и ряд других операций. Будет предусмотрена пост-обработка и кэширование больших растровых файлов для повышения скорости отображения через веб-интерфейс.</p>