

Software and Technological Support of Geoinformation Web System for the Operative Processing and Visualization of Satellite Data

Alexey A. Kadochnikov

Institute of Computational Modelling SB RAS, Krasnoyarsk, Russia
Federal Research Center Krasnoyarsk Science Center of the SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. The work considers some features of the development of software and technological support tools for loading, processing and publishing of remote sensing data. Described batch processing mechanisms of incoming data and features of preparing data before publishing them in a web application. Methods are proposed for reducing the size of the intermediate data archive for the operation of this web application, the structure of the web application and the technologies and standards used.

Keywords: remote sensing data, geoportal, GIS, geospatial data, web mapping.

ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ВЕБ-СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Кадочников А.А.

Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск
Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», г. Красноярск

В работе рассматриваются некоторые особенности разработки программных инструментальных средств для загрузки, обработки и публикации данных дистанционного зондирования. Описаны механизмы пакетной обработки поступающих данных и особенности их подготовки перед публикацией в веб-приложении. Предложены методы по снижению размера архива промежуточных данных для работы этого веб-приложения, структура веб-приложения и используемые технологии и стандарты.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, веб-картография, ГИС, геопортал, геопространственные данные.

Красноярский край обладает рядом географических и экономических особенностей, такими как протяженная территория, множество труднодоступных и слабо освоенных зон и их удаленность от мест концентрации промышленного производства и населения и др. Доступность регулярных данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) высокого разрешения позволяет эффективно решать задачи во многих областях хозяйственной деятельности Красноярского края. Внедрение данных ДДЗ для края в тематических ГИС позволит решать задачи в области оперативного мониторинга чрезвычайных ситуаций и экологической обстановки, эффективности использования природных ресурсов и экономического мониторинга, а также в задачах лесного и сельского хозяйства.

Для решения задачи по обеспечению эффективного использования результатов космической деятельности в Красноярском крае в мае 2017 года был введен в эксплуатацию новый спутниковый приемный комплекс Федерального исследовательского центра «КНЦ СО РАН» (ФИЦ КНЦ СО РАН) на базе Единого регионального центра дистанционного зондирования Земли Красноярского края (ЕРЦ ДЗЗ) (<http://ksc.krasn.ru/news/2017-05-12/>). Приемный комплекс построен на основе приемной станции Сканекс УниСкан-3.7. В настоящее время с его помощью осуществляется прием спутниковых данных с космических аппаратов (КА) Terra, Aqua, Suomi NPP, NOAA-20 и FENG-YUN. Использование данных Suomi NPP и NOAA-20 позволяет существенно расширить возможности систем дистанционного мониторинга с привлечением новых данных повышенного пространственного разрешения и радиометрической чувствительности. Дополнительно для информационного обеспечения решаемых задач в ЕРЦ ДЗЗ началась работа по формированию локального архива актуальных снимков КА Landsat и Sentinel на территорию Красноярского края. В рамках работ, проводимых при взаимодействии с Сибирским региональным центром ДЗЗ в Железногорске, были выполнены работы по созданию архива спутниковых данных с отечественного аппарата Метеор-М2.

Для доступа к данным приемного комплекса и созданным архивам разработан каталог спутниковых данных, сформирован комплекс инструментов для обработки исходных данных и подготовки их для быстрого отображения посредством веб-браузера. Перед разработкой

программного обеспечения были проанализированы существующие на сегодняшний день инструменты каталогизации спутниковых данных в мире и России [1]. Рассмотренные решения можно условно отнести к двум группам:

- простой инструмент для поиска по каталогу снимков с их просмотром в виде мелко-масштабных цветных растровых изображений;
- инструменты поиска и навигации с возможностью визуализации разных каналов снимка и их комбинаций, а также инструменты для анализа спутниковых данных.

Первая группа позволяет найти снимки в каталоге, а затем просмотреть их в виде одного или нескольких обзорных изображений «quicklook» (небольшое изображение с упрощенной детализацией), либо позволяет посмотреть более детальное цветное изображение в естественных цветах на ограниченном масштабе. Вторая группа Интернет-сервисов позволяет просматривать детальные изображения, найденных снимков, а также позволяет управлять каналами снимков для создания тематических продуктов с искусственными цветами.

В результате анализа существующих продуктов было решено создать сервис доступа к каталогу спутниковых данных на территорию, охватываемую нашей приемной станцией в виде комбинации инструментов из двух рассмотренных групп. В настоящее время нашему приемному центру доступно файловое хранилище объемом порядка 100 Тб, что недостаточно для хранения всего спектра готовых продуктов. Для решения проблемы с ограниченным размером файлового хранилища, предварительно формируется архив из снимков с ограниченным числом каналов для визуализации и анализа спутниковых данных. Дополнительной задачей являлась разработка технологии для публикации в онлайн режиме данных из каталога снимков, т.к. внутренняя структура существующих решений слабо представлена в публикациях и Интернет.

Выбран подход, который позволяет экономить дисковое пространство и позволяет получить приемлемый результат. На основе исходных снимков ежедневно формируется два «базовых продукта» для данных с приборов MODIS KA Terra и Aqua, VIIRS KA Suomi NPP и NOAA-20 и данных загруженных архивов для прибора MSI KA Sentinel-2A и данные с KA Landsat-8:

- Многоканальное изображение с неполным набором каналов в отличие от исходного снимка, но достаточным списком каналов для создания основных продуктов с изображением в искусственных цветах. Для всех доступных в каталоге данных с космических аппаратов формируются такие комбинации, как цветосинтезированное изображение в «естественных цветах», комбинация каналов снимка, наиболее подходящая для обнаружения пожаров и огня и комбинация, используемая для отображения снега и льда. Дополнительно новое изображение содержит каналы для расчета индексов NDVI (нормализованный относительный индекс биомассы, Normalized Difference Vegetation Index) [2], NDWI (нормализованный разностный водный индекс, Normalized Difference Water Index) и температуры поверхности (при наличии соответствующего канала) [3].
- Одноканальное изображение для определения процента облачности. Так как в большинстве случаев снимки покрывают очень большую площадь и практически всегда имеют участки, покрытые облачностью на территории нашей страны, общая облачность всего снимка интереса не представляет. Такие изображения с грубой маской облачности позволяют осуществлять поиск снимков по каталогу по проценту облачности в пределах небольшой выбранной территории.

Разработан набор программ для создания небольших обзорных цветных изображений в естественных цветах в формате png для просмотра нескольких снимков одновременно. Такие изображения позволяют получить общую картину за сутки или несколько дней в области приема комплекса. Для дневных сцен используется определенный набор каналов для каждого прибора в диапазоне от 0 до 100% альбедо с гаммой 1,8. В ночное время используется одноканальное изображение сна основе одного канала в диапазоне от 220К до 300К с гаммой 0.5 в негативе.

Для прибора MODIS при создании обзорных изображений используется комбинация каналов 7-2-1, для многоканальных изображений используются следующие наборы каналов:

- 1-4-3 естественные цвета;
- 7-2-1 для обнаружения пожаров комбинация;
- 3-6-7 для отображения снега и льда комбинация;
- 31 температура поверхности;
- 1 и 2 для расчета индекса NDVI.

Для прибора VIIRS при создании обзорных изображений используется комбинация каналов M11-I2-I1, для многоканальных изображений используются следующие наборы каналов, наиболее близкие к прибору MODIS:

- I5-M4-M3 естественные цвета;
- M11-I2-I1 для обнаружения пожаров комбинация;
- M3-I3-M11 для отображения снега и льда комбинация;
- I5 температура поверхности;
- I1 и I2 для расчета индекса NDVI.

Для прибора MSI КА Sentinel-2A при создании обзорных изображений используется комбинация каналов 12-8-4, для многоканальных изображений используются следующие наборы каналов, наиболее близкие к прибору MODIS:

- 4-3-2 естественные цвета;
- 12-8-4 для обнаружения пожаров комбинация;
- 2-11-12 для отображения снега и льда комбинация;
- 4 и 8 для расчета индекса NDVI.

Температура поверхности для Sentinel-2A не использовалась.

В результате для быстрого просмотра обзорных изображений используются файлы в формате png, построенные на основе многоканальных изображений. В этой части разрабатываемая система работает, как представитель большинства существующих систем каталогизации спутниковых снимков. Для анализа спутниковых снимков в веб-браузере также используется многоканальное изображение, которое позволяет комбинировать в онлайн режиме разные доступные каналы. Дополнительно формируются продукты в виде одноканальных снимков, требующие расчета. Например, индекс NDVI, рассчитываемый из данных красного (1 канал для MODIS, I1 канал для VIIRS, 4 канал для MSI) и инфракрасного каналов (2 канал для MODIS, I2 канал для VIIRS, 8 канал для MSI) по формуле $(2-1)/(2+1)$ для прибора MODIS, $(I2-I1)/(I2+I1)$ для прибора VIIRS, $(8-4)/(8+4)$ для прибора MIS. Или температура, приведенная в градусы Цельсия из яркости пикселей соответствующего канала (рис. 1).

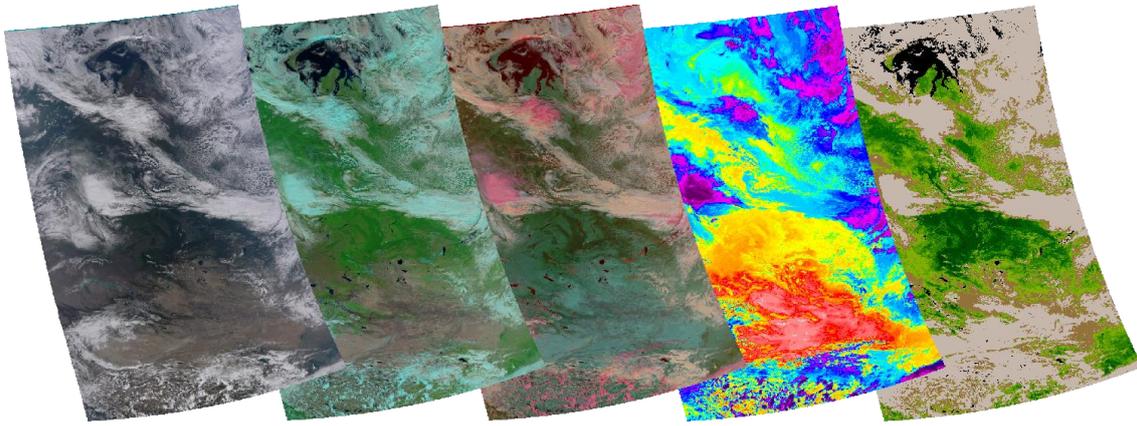


Рис. 1. Комбинации слоев (естественные цвета, пожары, снег и лед, температура, NDVI).

При формировании цветных изображений используется LUT (Look Up Table), это своеобразная «таблица поправок» для внесения изменений в каждый из трех каналов [4]. LUT позволяет изменять значение яркости точек изображения при преобразовании снимков с помощью линейной интерполяции и сохраняет общую контрастность для всех снимков. Дополнительно производится преобразование значение яркости пикселей из 16 бит к 8 битам.

Перед отображением снимков в веб-интерфейсе выполнялась настройка гаммы для программного обеспечения MapServer для 16 битных изображений с помощью таблиц LUT для 10 опорных точек. Без этих изменений растры выглядели намного темнее, приходилось использовать автоматический расчет гистограммы растра для каждого снимка, что в свою очередь приводило к некоторым артефактам при просмотре снимков в веб-интерфейсе и общая контрастность всех снимков отличалась, так как автоматический расчет выполнялся для каждого растра независимо.

Обзорные изображения в формате png создаются с помощью библиотеки gdal с преобразованием формата и размера изображения. Применяется нелинейное масштабирование с помощью степенной функции для изменения яркости и контрастности снимка. Операция выполняется инструментом `gdal_translate`, предназначенным для преобразования растровых данных между различными форматами:

```
gdal_translate -of png -a_nodata 0 -co worldfile=yes -outsize xsize ysize -b b1 -b b2 -b b3 -exponent exp_val -scale 0 65535 0 255 file1 file2
```

Дополнительно для веб-интерфейса были созданы альтернативные карты подложки с применением проекции, более подходящей для территории Красноярского края. В частности, использовалась азимутальная равновеликая проекция Ламберта (код EPSG:3576) [5]. Эта же проекция используется для генерации «базовых продуктов», с целью исключить ресурсоемкую операцию перепроектирования при просмотре таких снимков.

В результате работы для быстрого и удобного поиска в каталоге спутниковых данных, для минимизации нагрузки на серверное программное и аппаратное обеспечение подготовлен набор серверных приложений для предварительной обработки спутниковых данных, включающих следующие этапы обработки:

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 будут использо-

ваться для детального просмотра спутникового снимка с сохранением исходного разрешения.

3. Создание растрового изображения в формате png для показа «quicklook» в веб-приложении для разных масштабов отображения, но с меньшим разрешением (до 1 км на точку). В отличие от базового цветного изображения «quicklook» 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 для КА Метеор-М №2 и одноканальных изображений с индексом NDVI для приборов MODIS, VIIRS и MSI.
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 настоящее время разрабатывается набор программ для подготовки и публикации с помощью веб-каталога спутниковых данных ограниченного пользования с Российских космических аппаратов Ресурс-П и Канопус-В, получаемых от НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы». Данные централизованно загружаются для нужд подразделений, входящих в ФИЦ КНЦ СО РАН, по общей заявке для всех подразделений. Для удобства конечных пользователей веб-каталога полученные данные будут обработаны и приведены к единому формату. Сейчас эти данные автоматически загружаются с геопортала Роскосмоса (<https://www.gptl.ru>) и предварительно обрабатываются в ручном режиме. Дополнительная полуавтоматическая обработка связана с тем, что полученные файлы исходных растровых снимков имеют различную иерархию папок, имена файлов отличаются по формату и не имеют данных о времени создания снимка (в имени снимка содержится только время его обработки оператором). Разные снимки имеют разный набор файлов растровых изображений, файлов привязки и метаданных в XML формате. XML формат метаданных отличается для разных уровней обработки полученных снимков. Имена файлов могут содержать русские символы, что вносит ряд проблем при работе с ними в Unix системах. Разрабатываемая система будет иметь интерактивные инструменты для решения проблем, связанных с ошибками подготовки снимков операторами. Т.к. бывают ситуации, когда файлы попадают в ошибочные папки на ftp сервере, имена файлов задаются некорректно и эти ошибки исправляются операторами только в следующих выгрузках. Разрабатываемая система будет пытаться обрабатывать данные автоматически, но в ситуациях, когда это невозможно сделать, будет отсылать сообщение администратору системы для принятия решения и ручного внесения исправлений.

Для поиска и навигации по каталогу спутниковых данных разработано веб-приложение с применением серверного языка программирования PHP, СУБД PostgreSQL, SQLite3 и клиентского веб-интерфейса на языке программирования TypeScript с использованием фреймворка Angular 5.

Анализ существующих сегодня технологий и программного обеспечения предназначенных для работы с пространственными данными в среде Интернет, многолетний опыт коллектива авторов и разработанных ими программных средств привели к использованию открытых технологий и программного обеспечения. В качестве основы использовались раз-

работанные 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. Спутниковые снимки для веб-приложения формируются с использованием программного обеспечения MapServer и GDAL. Набор инструментов для предварительной обработки снимков разработан с использованием языка Python 3 и процессора BASH в среде Unix. Основными модулями для приложений на Python выступали библиотеки GDAL и NumPy. Пример веб-интерфейса каталога спутниковых снимков представлен на рисунке 2.

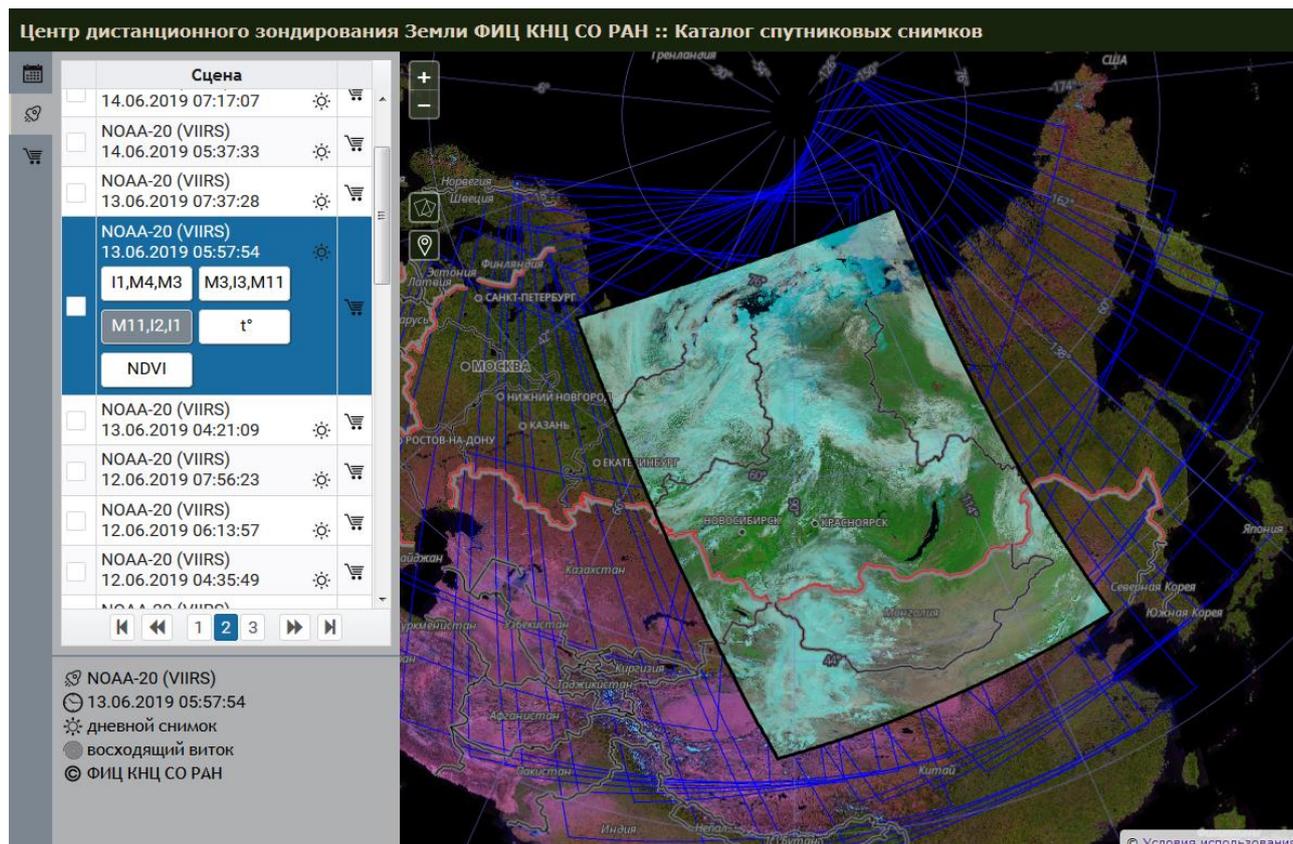


Рис. 2. Веб-интерфейс каталога спутниковых снимков.

Разработанная платформа для каталога спутниковых снимков обеспечивает пользователя современными инструментами для работы со спутниковыми данными и навигацией среди них в рамках приемного комплекса регионального центра в Красноярском крае и соседних регионах. Возможности создаваемого программного продукта позволяют комбинировать любые сочетания каналов, доступных в изображении без дополнительной настройки серверного программного обеспечения, что выделяет созданную систему среди подобных систем каталогизации спутниковых данных. Разработанные технологии и алгоритмы позволяют внедрять элементы системы для других архивов спутниковой информации. В ближайшем будущем разработанная платформа позволит создавать новые специализированные продукты на основе спутниковых данных в сотрудничестве с другими институтами Сибирского отделения РАН, которые могут быть использованы для анализа и мониторинга различных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

Статья в трудах конференции:

- [1] *Grill S., Jedlicka J., Schneider M., Stefanova E.* Archive and catalogue system for receiving satellite data as a part of academic SDI. // *Imagin [e,g] Europe. Proceedings of the 29th Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories.* – 2010. – P. 150-157.

Статья в журнале:

- [2] *Шукилович, А.Ю.; Федотова, Е.В.; Маглинец, Ю.А.* Применение сенсора MODIS для оперативного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии.* – 2016. – № 9 (7). – С. 1035-1044.

Статья в трудах конференции:

- [3] *Пчельников Д.В., Добрецов Н.Н.* Построение временных рядов с одновременным использованием данных дистанционного зондирования SUOMI NPP VIIRS и TERRA/AQUA MODIS // *Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС».* – 2017. – № 23 (3). – С. 46-51.

Статья в журнале:

- [4] *Li Gf., Li Gj., Han G.* Enhancement of low contrast images based on effective space combined with pixel learning. *Information.* – 2017, 8, 135.

Статья в журнале:

- [5] *Кадочников А.А.* Особенности построения геопространственных веб-приложений и сервисов для систем мониторинга состояния окружающей природной среды // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии.* – 2015. – № 8 (7). – С. 908-916.