

## **Software for Visualization of Geospatial Data in the System of Operational Satellite Monitoring**

*Oleg E. Yakubailik<sup>1</sup>, Alexey A. Kadochnikov<sup>1</sup>, and Alexey V. Tokarev<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Institute of Computational Modeling SB RAS, Krasnoyarsk, Russia  
*oleg@icm.krasn.ru*

### **Abstract**

The article discusses the methods of creating multi-layer map images for operational satellite monitoring systems based on web GIS technologies. The generated map can contain a set of raster and vector thematic layers of spatial data, additional information and reference layers of images at the bottom (base map-substrate) and at the top (label layer) of the user's thematic data. The client software provides interactivity of the created maps in a standard web browser. Setting the presentation parameters provides the ability to select the format of spatial data on the client, manage the display parameters (interactive legend, list of displayed attribute fields), and use custom templates to display tabular information on the layer objects. Users also can manage data access rights, various visualization options of layers and maps in a web browser, provide direct access to spatial data through standard WMS/WFS web map services and edit them through the web interface, download as shapefiles.

**Keywords:** web mapping service, geoportal, spatial metadata, satellite monitoring system, web mapping, spatial data catalog, web application, web GIS

## ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ОПЕРАТИВНОГО СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА

*О.Э. Якубайлик<sup>1</sup>, А.А. Кадочников<sup>1</sup>, А.В. Токарев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»,  
Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск, Россия  
*oleg@icm.krasn.ru*

В статье обсуждаются методы создания многослойных картографических изображений для систем оперативного спутникового мониторинга, основанных на технологиях веб-ГИС. Формируемая карта может содержать набор растровых и векторных тематических слоев пространственных данных, дополнительные информационно-справочные слои изображений снизу (базовая карта – подложка) и сверху (слой меток) тематических данных пользователя. Клиентское программное обеспечение обеспечивает интерактивность создаваемых карт в стандартном веб-браузере. Настройка параметров представления предусматривает возможность выбора формата геоданных на клиенте, управления параметрами отображения (интерактивная легенда, перечень отображаемых атрибутивных полей), использования настраиваемых шаблонов для вывода табличной информации по объектам слоя, управление правами доступа к данным, различными опциями визуализации слоев и карт в веб-браузере, обеспечение прямого доступа к геоданным через стандартные картографические веб-сервисы WMS/WFS и их редактирование через веб-интерфейс, загрузку в виде share-файлов.

**Ключевые слова:** картографический веб-сервис, геопортал, пространственные метаданные, система спутникового мониторинга, веб-картография, каталог геоданных, веб-приложение, веб-ГИС

### Введение

Развитие систем дистанционного зондирования Земли в настоящее время обусловлено совокупностью ряда факторов – увеличением числа космических аппаратов и улучшением их технических характеристик, повышением доступности спутниковой информации, связанной с развитием сети Интернет: ростом скорости и снижением стоимости доступа, развитием веб-сервисов и стандартов передачи геопространственных данных [1]. Новые технологии автоматизации процессов получения и обработки данных дистанционного зондирования Земли, создания сверхбольших архивов в специализированных дата-центрах позволили организовать принципиально новые схемы работы со спутниковыми данными, создать новое поколение систем оперативного мониторинга природной среды. Их ключевым элементом стали геоинформационные веб-технологии, интерактивные онлайн-картографические системы с прямым доступом к спутниковой информации, обеспеченные возможностями настройки различных параметров визуализации геопространственных данных и построения сложных аналитических запросов.

Технологии геоинформационных веб-систем и сервисов динамично развиваются в настоящее время [2-4]. В Интернете можно найти уже более сотни российских геопорталов, десятки геосервисов, веб-ГИС, картографических сервисов и визуализаторов данных. В том числе – специализированных решений для работы со спутниковыми данными. Наряду с уже

традиционными задачами простой визуализации карт местности и мозаик спутниковых снимков, современные системы предоставляют пользователю возможности гибкой настройки различных параметров картографической визуализации, сервисы обработки пространственных данных [5].

Опыт собственных исследований и разработок в рассматриваемой предметной области показывает, что системообразующим элементом в разработке программного обеспечения для решения задач мониторинга оценки состояния окружающей природной среды на основе данных дистанционного зондирования Земли является геоинформационная платформа, концептуально определяющая архитектуру и возможности реализуемых решений. Основным трендом в настоящее время стал переход к использованию в качестве рабочего места конечного пользователя ГИС-решения на основе веб-браузера, а также встраивания необходимого набора скриптов для работы с системой в геоинформационные Интернет-порталы. В некоторых случаях данные решения являются вспомогательными и выполняют в основном функции просмотра пространственных данных.

### **Геоинформационная платформа**

Современные веб-ГИС строятся в так называемой сервис-ориентированной архитектуре, и их можно рассматривать как комплекс взаимосвязанных программных средств для управления пространственными данными – импорта/экспорта, каталогизации, визуализации, создания, обработки, распространения, и т.д. [6, 7]. Технологической основой подобных решений обычно выступают библиотеки программных интерфейсов типа Google Maps API, Mapserver Mapscript, Сканекс GeoMixer, и проч.; они обеспечивают доступ к функциям и контексту картографических элементов веб-страниц – средствам визуализации карты, пространственным метаданным, например – дорожная сеть с данными о пробках, рельеф, точки на карте, и т.д. [8]. Программно-технологическое обеспечение системы спутникового мониторинга также создается в соответствии с указанным подходом, т.к. она тоже представляет из себя веб-ГИС.

Одной из первых задач на этапе проектирования любой прикладной системы является выбор технологической схемы (геоинформационной платформы) построения ГИС – программного обеспечения, технологий для хранения пространственных данных и их обработки. В настоящее время традиционно рассматриваются две альтернативы в выборе базового программного обеспечения – на основе коммерческих программных продуктов или свободных бесплатных (opensource) программ. Оставляя за скобками финансовый, философский и конъюнктурный аспекты этого выбора, хотелось бы отметить, что сегодня на практике чаще всего нет противопоставления двух рассматриваемых подходов. И причина в том, что сейчас коммерческие и свободные ГИС хорошо дополняют друг друга – благодаря совместимости форматов данных, стандартам информационного обмена, основанным на веб-сервисах, и т.д. Можно, например, выполнять анализ пространственных данных в ESRI ArcGIS, конвертировать их в MapInfo для передачи заказчику, и при этом использовать свободное программное обеспечение Mapserver для представления на веб-страницах, а каталог пространственных метаданных формировать средствами GeoNetwork Open Source. При этом для хранения пространственных данных использовать открытую СУБД PostgreSQL с модулем расширения PostGIS, что для подавляющего большинства задач практически не уступает по производительности и функциональным возможностям ESRI ArcGIS Server или СУБД Oracle с расширением для работы с пространственными данными Oracle Spatial. Определяющим фактором становятся компетенции специалистов, которые осуществляют техническую поддержку выбранных решений. Коммерческие продукты обычно проще в первоначальной настройке, сразу работают «из коробки». Свободное программное обеспечение тоже имеет свои преимущества, связанные с открытостью архитектуры, возможностями расширения.

Отмечая специфику систем спутникового мониторинга, здесь следует отметить, что, например, большинство алгоритмов обработки спутниковых данных, созданных в NASA, доступны как раз в исходных кодах. Специалисты со всего мира проявляют к подобным ресурсам значительный интерес, т.к. получают возможность непосредственного анализа существующих методов обработки данных и создания собственных модифицированных

алгоритмов. NASA заинтересовано в конструктивной критике и оперативном исправлении замеченных ошибок.

### **Система визуализации спутниковых данных**

В качестве программной основы каталога спутниковых данных использовался геоинформационный веб-сервер, модульная архитектура которого позволяет развивать систему уже в процессе её эксплуатации, путем добавления новых средств доступа к данным, а также совершенствования уже существующих средств. Вся разработка выполнена на основе свободного и открытого программного обеспечения (free & open source) – как в части ГИС, так и во всех других компонентах разработки. Рассматриваемое веб-приложение обеспечивает пользователя средствами наполнения и редактирования данных и метаданных системы, поиска и классификации картографических ресурсов, веб-сервисами прямого доступа к данным на основе стандартных протоколов WMS/WFS, возможностями аналитической обработки [9].

Серверная часть системы реализована с применением шаблона проектирования MVC (модель-представление-контроллер), технологий «Веб 2.0» [10]. Использование данной архитектуры предполагает разделение данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер – таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо. В условиях постоянной модернизации системы, непрерывного уточнения технических требований и постановки задачи, эти возможности становятся очень актуальными.

В процессе разработки рассматриваемой системы было создано несколько новых программных компонентов и библиотек, которые можно использовать (тиражировать) в других проектах [11]. Это элементы пользовательского интерфейса, сервисы работы с геопространственной СУБД, прикладные картографические веб-сервисы, и т.д.

Базовый функционал веб-ГИС обеспечивается средствами программного обеспечения UMN Mapserver и MapGuide Open Source. Также используются геопространственная СУБД PostgreSQL/PostGIS, системы управления веб-контентом на основе CMS Drupal и вики-системы DokuWiki, целое семейство библиотек построения пользовательского интерфейса и прочих компонентов системы для языков программирования JavaScript, PHP – JQuery, Fusion, TinyMCE, ExtJS, MapScript, и многие другие.

### **Особенности реализации каталога спутниковых данных**

Приоритетной задачей исследований и разработок на данном этапе было создание программных средств для работы с каталогами спутниковых данных. Разработанные программные инструменты обеспечивают решение первоочередных задач оперативной обработки данных ДЗЗ, поступающих с нового спутникового приемного комплекса УниСкан в ФИЦ КНЦ СО РАН, который был введен в эксплуатацию весной 2017 г..

Базовое программное обеспечение спутникового приемного комплекса ФИЦ КНЦ СО РАН формирует набор стандартных продуктов 1-го уровня – поканальные изображения (яркости спектральных каналов). Дальнейшие задачи, связанные с извлечением полезной информации, тематической обработкой данных, решаются отдельно, средствами специального программного обеспечения.

Система веб-визуализации спутниковой информации основана на наборах специально формируемых коллекций мультимасштабных снимков – с возможностью выбора в веб-интерфейсе комбинаций отображаемых каналов на мелких масштабах и в то же время – наличием детальных данных на максимально доступном пространственном разрешении. Ограничение в выборе комбинаций каналов на детальном уровне связано с экономией дискового пространства. Таким образом реализуется компромисс между системой класса «работаем с грубыми квик-луками» и системой уровня «все что угодно с максимальной детализацией». Созданный веб-интерфейс обеспечивает просмотр архива спутниковых снимков. В нем реализована возможность выбора сенсора космического аппарата, выбора predetermined набора каналов и продуктов у каждого снимка для простого анализа данных. Возможности

созданного программного модуля позволяют комбинировать любые сочетания каналов, доступных в изображении без дополнительной настройки серверного программного обеспечения.

При формировании цветных изображений используется LUT (Look Up Table), это своеобразная «таблица поправок» для внесения изменений в каждый из трех каналов. Ранее для улучшения качества изображения использовалось спектральное преобразование, которое строится на работе со спектральной диаграммой, показывающей зависимость между количеством пикселей изображения и значениями спектральной яркости. При спектральных преобразованиях изменяется такой параметр как контрастность. Для повышения контрастности использовалось линейное растягивание гистограммы, заключающееся в том, что всем значениям яркости присваиваются новые значения с целью охватить весь возможный диапазон от 0 до 255. LUT позволяет изменять значение яркости точек изображения при преобразовании снимка к 8 битам из 16 бит с помощью линейной интерполяции между ними. Это позволяет сделать снимок более ярким. Пример веб-интерфейса представлен на Рис. 1.

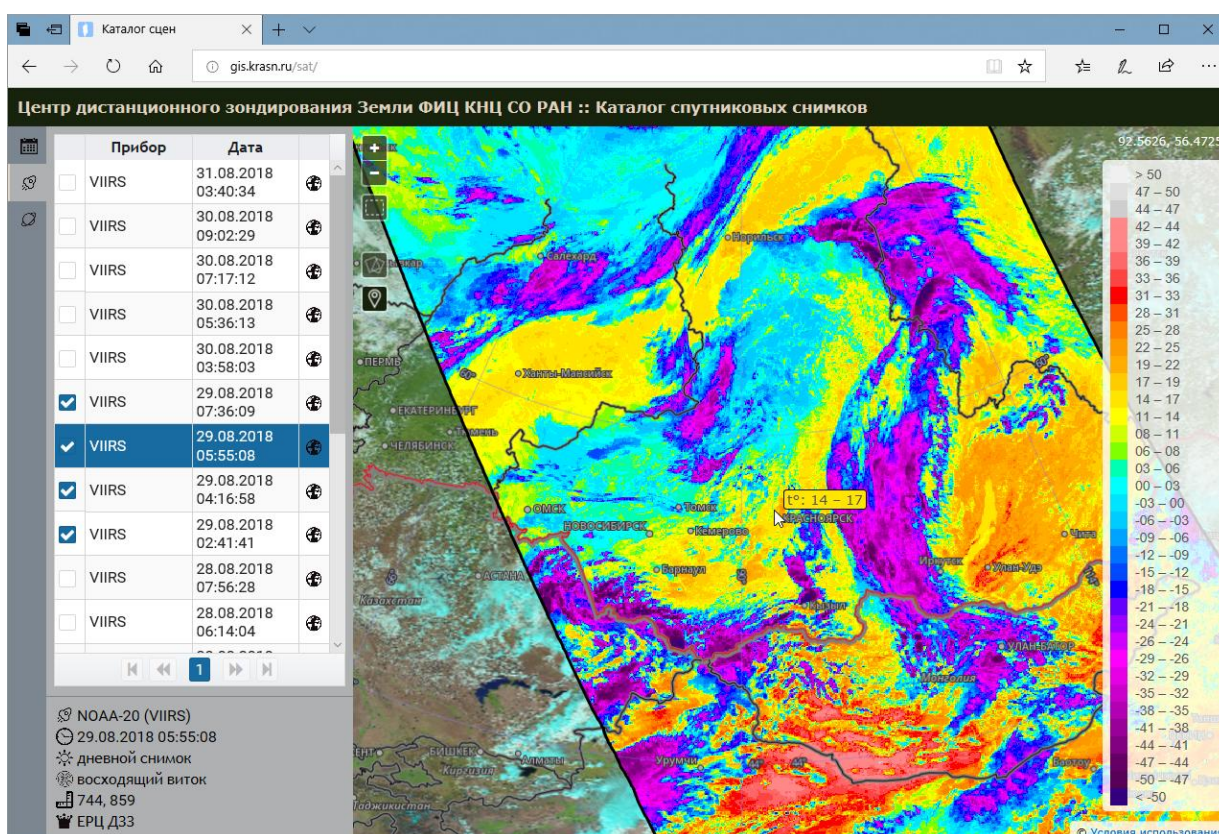


Рис. 1. Интерфейс каталога спутниковых снимков ФИЦ КНЦ СО РАН

Основные задачи разработки на данном этапе связаны с реализацией методов и алгоритмов обработки спутниковых данных. Технологические особенности работы с растровыми данными предопределяются необходимостью быстрого отображения файлов больших объемов. Эксперименты с различными форматами и их параметрами показали, что оптимальным выбором с точки зрения минимизации времени отображения в веб-браузере является формат TIFF с геопривязкой (GeoTIFF), с использованием структуры TILES (изображение состоит из набора независимо хранящихся однотипных фрагментов), предварительно вычисленными пирамидальными (обзорными) слоями OVERVIEW. Все перечисленные этапы обработки выполняются утилитами библиотеки GDAL.

Разработанные программные инструменты обеспечивают решение первоочередных задач оперативной обработки поступающих данных ДЗЗ, их каталогизации, интерактивной визуализации с помощью веб-приложения. Рассматривались следующие данные: MODIS TERRA/AQUA, Suomi NPP/NOAA-20.

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 (Lambert Azimuthal Equal Area) (код EPSG:3576), являющуюся обязательной для работы сервисов Open Geospatial Consortium.
2. Создание для всех сцен каталога цветных изображений в грубом разрешении («квик-луков») в растровом формате PNG, с прозрачностью. Такие изображения используются для быстрого обзорного отображения спутниковых данных, зарегистрированных в каталоге, с одновременной визуализацией набора таких «квик-луков» в окне веб-браузера, с масштабированием на стороне клиента, без перезагрузки/догрузки данных через Интернет.
3. Создание мультимасштабного набора многоканальных изображений формата GeoTIFF. Каждое такое изображение, созданное в определенном пространственном разрешении, содержит несколько «значимых» каналов, из которых в веб-приложении «на лету» генерируются некоторый набор цветных композитных изображений. Например, для сенсора TERRA/MODIS мультисканальное изображение содержит 1, 2, 3, 4, 7, 31 каналы, на основе которых динамически формируются набор обычно используемых на практике композитных R-G-B изображений: 1-4-3 («естественные цвета»), 7-2-1 («пожары»), 3-6-7 («снег и лед»), а также одноканальные изображения с палитрами – 31 («температура»), 2-1/2+1 (NDVI).

### Выводы

Создание эффективного программно-технологического инструментария для задач регионального спутникового мониторинга на основе технологий геоинформационных веб-систем имеет значительные перспективы. Развиваемый подход может стать основой в решении актуальных прикладных задач, в основе которых – использование данных дистанционного зондирования Земли, современной инфраструктуры пространственных данных – для эффективного социально-экономического и инновационного развития, повышения конкурентоспособности и обеспечения безопасной жизнедеятельности.

### References

- [1] Kashnitskii, A.V., Lupyan, E.A., Balashov, I.V., Konstantinova, A.M. Technology for designing tools for the process and analysis of data from very large scale distributed satellite archives, *Atmospheric and Oceanic Optics*, 2017, 30, № 1, pp. 84-88. DOI: 10.1134/S1024856017010080
- [2] Pinde Fu, Jiulin Sun *Web GIS: principles and applications*, ESRI Press, 2011.
- [3] Li Songnian, Suzana Dragicevic, Bert Veenendaal. *Advances in Web-based GIS, Mapping Services and Applications*, CRC Press, 2011. DOI: 10.1201/b15452
- [4] J.T. Sample, K. Shaw, S. Tu, et al *Geospatial Services and Applications for the Internet*, Springer-Verlag US, 2008. DOI: 10.1007/978-0-387-74674-6
- [5] Mari R., Bottai L., Busillo C., Calastrini F. et al. A GIS-based interactive web decision support system for planning wind farms in Tuscany (Italy), *Renewable Energy*, 2011, 36, pp. 754-763. DOI: 10.1016/j.renene.2010.07.005
- [6] David B. Lobell, David Thau, Christopher Seifert, Eric Engle, Bertis Little A scalable satellite-based crop yield mapper, *Remote Sensing of Environment*, 2015, 164, pp. 324-333. DOI: 10.1016/j.rse.2015.04.021
- [7] L. Bastin, G. Buchanan, A. Beresford, J. F. Pekel, G. Dubois Open-source mapping and services for Web-based land-cover validation, *Ecological Informatics*, 2013, 14, pp. 9-16. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2012.11.013

- [8] Yakubailik O.E., Kadochnikov A.A., Tokarev A.V. Web geographic information system and the hardware and software ensuring rapid assessment of air pollution, *Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing*, 2018, 54, pp. 243-249. DOI: 10.3103/S8756699018030056
- [9] Yakubailik O.E., A. Kadochnikov A.A., Tokarev A.V. Applied software tools and services for rapid web GIS development, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2015 Conference Proceedings*, 2015, Book 2, 1, pp. 487-494.
- [10] Rinner C., Keßler C., Andrulis S. The use of Web 2.0 concepts to support deliberation in spatial decision-making, *Computers, Environment and Urban Systems*, 2008, 32, pp. 386-395. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2008.08.004
- [11] Shaparev N., Yakubailik O. Usage of web mapping systems and services for information support of regional management, *MATEC Web of Conferences*, 2016, 79, 01081. DOI: 10.1051/matecconf/20167901081