

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В WEB-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СЕРВИСАХ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

ORGANIZATION OF DATA PROCESSING SYSTEM IN WEB-ORIENTED ENVIRONMENTAL MONITORING SERVICES USING REMOTE EARTH SENSING DATA

УДК 004.272.3

Кротов Кирилл Викторович, Доцент кафедры «Информационные системы», Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Дрозин Андрей Юрьевич, старший преподаватель кафедры «Информационные системы», Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Krotov K.V., krotov_k1@mail.ru

Drozin A.Yu., dronzin@mail.ru

Аннотация

В соответствии с современными технологиями получения спутниковых данных от центров их хранения и предоставления разработана архитектура Web-ориентированного сервиса мониторинга окружающей среды. Определены функции указанного сервиса и способы реализации этих функций. Определены этапы тематической обработки, целью которой является получение синтезированных изображений, соответствующих запросам пользователей. В соответствии с принципами предметно-ориентированного проектирования и сервис-ориентированной архитектуры

организации программных систем разработана архитектура системы обработки данных дистанционного зондирования Земли. На основе анализа основных видов преобразования спутниковой информации, выполняемой в рассматриваемом Web-ориентированном сервисе, определен перечень сервисов, входящих в состав архитектуры системы и реализующих обработку данных. Взаимодействие сервисов выполнено в соответствии с шаблоном многоуровневой архитектуры программных систем, который определяет основные способы обмена информацией и синхронизирующими сообщениями между ними.

Annotation

In accordance with modern technologies for obtaining satellite data from centers of their storage and provision, the architecture of a Web-based environmental monitoring service has been developed. The functions of the specified service and ways of implementing these functions are determined. The stages of thematic processing are determined, the purpose of which is to obtain synthesized images that correspond to user requests. In accordance with the principles of domain-specific design and service-oriented architecture of the organization of software systems, the architecture of the Earth remote sensing data processing system has been developed. Based on the analysis of the main types of satellite information transformation performed in the considered Web-oriented service, a list of services that are part of the system architecture and implement data processing has been determined. The interaction of services is performed in accordance with the pattern of a layered architecture of software systems, which defines the basic ways of exchanging information and synchronizing messages between them.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, мониторинг окружающей среды, искусственные спутники Земли, архитектура Web-ориентированных сервисов, сервис-ориентированная архитектура, обработка многоспектральных данных.

Keywords: remote sensing of the earth, environmental monitoring, artificial earth satellites, web-based services architecture, service-oriented architecture, multispectral data processing.

Введение

Современными методами мониторинга окружающей среды (ОС) являются: наземные наблюдения, авиационные наблюдения и наблюдения с использованием искусственных спутников Земли (ИЗС), находящихся на околоземных орбитах. В силу того, что регионы, для которых выполняется мониторинг, являются обширными, местоположение этих районов является труднодоступным, не все они охвачены авиационными наблюдениями, поэтому наиболее предпочтительным является способ мониторинга с использованием ИЗС, выполняющих дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ).

Комплексный мониторинг экологической обстановки (мониторинг ОС) предполагает обнаружение и контроль негативных природных явлений (НПЯ), оказывающих влияние на ОС, обнаружение и контроль техногенных воздействий (ТВ), также негативно воздействующих на ОС. Поэтому мониторинг ОС с использованием данных ДЗЗ выполняется с целью:

- идентификации очагов загрязнений ОС природного и техногенного характера, определения их местоположения, контроля динамики, определения условий их распространения с целью детектирования угроз для окружающей среды и объектов инфраструктуры;

- идентификации НПЯ, возникающих на объектах ОС (объектах лесного и сельского хозяйства) и оказывающих негативное на них воздействие, определения условий развития с целью детектирования дальнейшего распространения.

Решение задачи обнаружения, контроля динамики, идентификации условий распространения очагов загрязнения и НПЯ, оказывающих

негативное воздействие на ОС, для последующего анализа их влияния на природные объекты и объекты инфраструктуры является актуальным и должно обеспечиваться мониторингом ОС с использованием данных ДЗЗ.

Таким образом, основными задачами, возникающими при использовании данных ДЗЗ для контроля загрязнения ОС и НПЯ, является их оперативное обнаружение, наблюдение за их динамикой, определение их характеристик, идентификация условий их распространения, условий их влияния на ОС и объекты инфраструктуры. Определение требуемого количества ресурсов, выделяемых для предотвращения распространения загрязнений ОС и развития НПЯ, осуществляется на основе идентификации масштабов их возможного влияния на окружающую среду и объекты инфраструктуры. Идентификация вида загрязнения ОС и НПЯ, масштабов их развития и распространения, условий их влияния на объекты ОС и инфраструктуры связаны с обработкой спутниковых данных, соответствующих текущей экологической обстановке. При этом требуется гарантировать достаточное количество данных (параметров), обеспечивающих идентификацию текущей ситуации и условий ее развития. В силу этого в Web-ориентированных сервисах мониторинга ОС требуется организовать обработку данных таким образом, чтобы она в максимальной степени соответствовала потребностям пользователей этих ресурсов. Таким образом, обработка данных должна быть организована таким образом, чтобы обеспечить эффективную интерпретацию запросов пользователей, связанных с идентификацией наличия НПЯ и ТВ на ОС, определения их характеристик и условий распространения.

1. Архитектурная организация Web-ориентированных сервисов мониторинга ОС с использованием данных ДЗЗ

Анализ видов загрязнений ОС и НПЯ показал, что их обнаружение и контроль динамики возможен с использованием данных ДЗЗ,

характеризующих состояние подстилающей земной поверхности (почвенно-эрозийные процессы, загрязнения вследствие разливов нефтепродуктов, несанкционированные свалки промышленных и строительных отходов) и состояние растительности (влияние на лесные насаждения атмосферных загрязнений, вспышек болезней, очагов размножения насекомых-фитофагов). Для осуществления мониторинга окружающей среды с целью идентификации очагов загрязнения ОС, НПЯ, условий их развития и влияния на объекты экологических систем и инфраструктуры, должны быть использованы данные ДЗЗ разных типов, полученные различными видами аппаратуры дистанционного зондирования поверхности Земли, функционирующей в различных диапазонах спектра электромагнитных волн (оптико-электронными приборами).

На основе данных об отражательной способности земной поверхности, измеренных в различных диапазонах спектра излучения, определяются значения параметров, характеризующих ее (поверхности) состояние. На базе этих параметров в дальнейшем выполняется определение характеристик состояния окружающей среды и, как следствие, идентификация наличия, местоположения, динамики (на основе анализа разновременных снимков) и характера НПЯ и ТВ на ОС, условий их распространения, используемых при решении задачи прогнозирования их развития. Результатами обработки данных об отражательной способности земной поверхности являются формируемые итоговые изображения распределения значений соответствующих параметров, характеризующих состояние ОС.

Современные технологии получения спутниковых данных предусматривают, что многозональные снимки ИСЗ являются свободно распространяемыми, предоставляемыми к использованию различными Интернет-ресурсами (центрами хранения и предоставления данных). Т.е. подход к использованию многозональных данных предполагает реализацию технологии получения спутниковых снимков от требуемых ИСЗ в соответствии с запросами (которые формируются автоматически) к этим

Интернет-ресурсам. Особенностью данных, получаемых с указанных ресурсов, является реализованная для них предварительная обработка. Тогда на основе полученных с этих ресурсов спутниковых снимков выполняется первоначальное формирование значений отраженной солнечной яркости точек (пикселей) на поверхности (в соответствующих спектральных диапазонах), а затем реализуется их тематическая обработка.

Тематическая обработка многозональных спутниковых данных низкого и среднего (для идентификации наличия НПЯ и ТВ на ОС на земной поверхности) и среднего (для определения их характеристик, а также условий развития) разрешения для решаемых задач предполагает:

- определение по полученным в соответствии с пользовательскими запросами данным в заданных каналах, представляющими собой значения градаций серого цвета для каждой точки на поверхности, значений отражательной способности поверхности в этих каналах;

- идентификацию на основе спектрально-отражательных характеристик подстилающей поверхности соответствующих объектов (соотнесение точек на поверхности определенным кластерам с учетом значений отражательной способности поверхности в различных диапазонах);

- расчет для каждого из кластеров значений определенных индексов, характеризующих состояние подстилающей земной поверхности (либо расчет значений оттенков цветов в RGB-модели по значениям отражательной способности в других каналах);

- формирование итоговых (индексных) массивов значений параметров, отражающих текущее состояние подстилающей поверхности с точки зрения рассматриваемых явлений – формирование итоговых изображений, характеризующих состояние поверхности.

Идентификация наличия НПЯ и ТВ на ОС реализуется путем анализа динамики многозональных данных об отражательной способности явлений в определенных спектральных каналах, а наличие на поверхности НПЯ либо ТВ на ОС требует определения их характеристик и условий распространения.

Для классификации объектов (явлений) в рассмотрение вводится набор признаков распознавания, определение значений которых на основе спутниковых данных позволяет получить пространственную динамику спектрально-отраженных характеристик поверхности. Признаки распознавания идентифицируются на основе значений отражательной способности поверхности, измеренных в различных спектральных каналах приборов ИСЗ. Каждый класс объектов характеризуется своим описанием в этом пространстве признаков. Изменчивость значений отражательной способности объектов, вызванной особенностями их (этих объектов) физико-химических, морфологических и структурных свойств, вызывает изменчивость значений данных, определенных в соответствующих спектральных каналах.

Основное назначение рассматриваемых сервисов (систем) состоит в решении задач регионального мониторинга окружающей среды, контроля за возникновением и развитием НПЯ и ТВ на ОС на территориях малых масштабов (региональный и территориальный уровни). Базовыми функциями сервисов (систем), обеспечивающими реализацию мониторинга, являются:

- идентификация наличия на заданных полигонах НПЯ и ТВ на ОС, определение их вида с привлечением пользователей этих сервисов на основе их знаний (типизация явлений и воздействий выполняется пользователем по определенным дешифрационным признакам);
- определение характеристик, идентифицированных на заданных полигонах НПЯ и ТВ на ОС (площадь, координаты контура и т.д.);
- идентификация динамики рассматриваемых НПЯ и ТВ на ОС;
- определение условий распространения НПЯ и ТВ на ОС.

Реализация названных функций осуществляется с применением спутниковых данных ДЗЗ от ИСЗ разных типов. Современный подход к получению спутниковых данных разных типов от различных ИСЗ [1-12] предполагает обращение с запросами к центрам их хранения, доступ к которым возможен посредством Web-технологий. В настоящее время в

глобальной сети имеется большое количество ресурсов, реализующих предоставление спутниковых материалов ДЗЗ разных типов. Свободно распространяемыми являются данные ИСЗ Aqua/Terra, Landsat, Sentinel. Центрами свободного распространения спутниковых данных являются сервисы Географической службы США (United States Geological Survey–USGS) с адресами для скачивания данных ИСЗ Landsat (спектрорадиометры ETM+, OLI/TIRS): <http://earthexplorer.usgs.gov>, <http://glovis.usgs.gov>, <http://landsatlook.usgs.gov>, система Lance-Modis, обеспечивающая доступ к данным ИСЗ Aqua/Terra (спектрорадиометр MODIS) с адресом [http:// lance-modis.eosdis.nasa.gov](http://lance-modis.eosdis.nasa.gov). Сервисы центров предоставления доступа к данным обеспечивают следующие функции:

- реализация скачивания данных для заданных полигонов;
- пользовательский интерфейс к каталогам данных;
- поиск данных;
- формирование заданий для миграции данных (передачи данных в соответствии с запросами);
- организация авторизации и разграничения доступа к данным.

В работах [1-8] авторами охарактеризована унифицированная технология автоматического получения наборов данных из центров их хранения, разработанная в ИКИ РАН. Данная технология позволяет поддерживать в актуальном состоянии наборы данных о различных участках земной поверхности по мере их обновления в центрах хранения, используя при этом Web-технологии. В соответствии с рассматриваемой технологией алгоритм получения данных из центров их хранения и предоставления имеет следующий порядок шагов:

- построение очереди на скачивание данных (от наиболее оперативных данных к наиболее устаревшим);
- авторизация и генерация запросов на скачивание данных в соответствии с очередностью их закачивания (чтение типа данных

(информации о сцене) из очереди для скачивания и генерация соответствующих запросов);

- получение данных, обеспечиваемое системой скачивания данных;
- размещение скачанных данных в выходном каталоге и передача данных в систему ведения архива.

Скачивание данных от разных центров их хранения и предоставления обеспечивается специализированными утилитами.

Функционирование систем мониторинга ОС с использованием данных ДЗЗ должно обеспечиваться получением разновременных данных разных типов (от разных ИСЗ) в заданных интервалах времени (для заданного временного горизонта). Использование внешних Web-ресурсов хранения и предоставления данных позволяет исключить этапы предварительной обработки, связанные с географической привязкой, калибровкой, фильтрацией и т.д. спутниковых данных. Данные, поступающие из центров хранения являются стабильными, геометрически и радиометрически откалиброванными, скорректированными по условиям освещенности и состояния атмосферы, географически привязанными. Использование рассматриваемой технологии позволяет исключить необходимость построения центра приема и первичной обработки разнотипных данных от различных ИСЗ, снизив тем самым стоимость реализации системы.

В том случае, если Web-ресурс реализует возможность комплексной тематической обработки различного вида спутниковых снимков от разных ИСЗ (данных разных типов) в интересах широкого круга отраслей, т.е. обеспечивает функционирование локальных Web-сервисов либо подключение к Web-сервисам, располагающимся на других ресурсах, тогда этот ресурс является геопорталом [13,14]. Геопортал обеспечивает разнотипную тематическую обработку спутниковых данных от разных ИСЗ в интересах различных отраслей для получения исходных снимков и предоставления результатов заинтересованным пользователям с использованием Web-технологий. Предъявляются требования по составу сервисов геопорталов,

которые должны обеспечивать следующие функции: поиск, отображение, скачивание данных, преобразование данных, средства вызова удаленных сервисов пространственных данных на других Web-ресурсах. При этом сервисы на геопорталах являются иерархически взаимосвязанными следующим образом: внутренние сервисы, обеспечивающие базовую функциональность геопортала; внешние сервисы – самостоятельные сервисы, доступные из других сетевых ресурсов, в частности, картографический сервис, позволяющий определять координаты полигона для исследований характеристик подстилающей поверхности [13,14].

Таким образом, особенностью современных систем мониторинга ОС [1-12], использующих спутниковые данные ДЗЗ от ИСЗ разных типов, является обеспечение доступа различных распределенных пользователей к спутниковым данным ДЗЗ, хранимым в распределенных архивах, и к результатам их тематической обработки с использованием Web-технологий. Системы мониторинга ОС обеспечивают реализацию для распределенных пользователей Web-интерфейса к распределенно хранящимся архивам спутниковых данных, средствам обработки этих данных и результатам их обработки.

Подход к построению систем мониторинга ОС, предусматривающий реализацию заказов пользователей на данные из центров их хранения и предоставления, последующую их тематическую обработку с целью мониторинга ОС, положен в основу организации геопортала (геосервиса), обобщенная структурная схема которого представлена на рисунке 1.

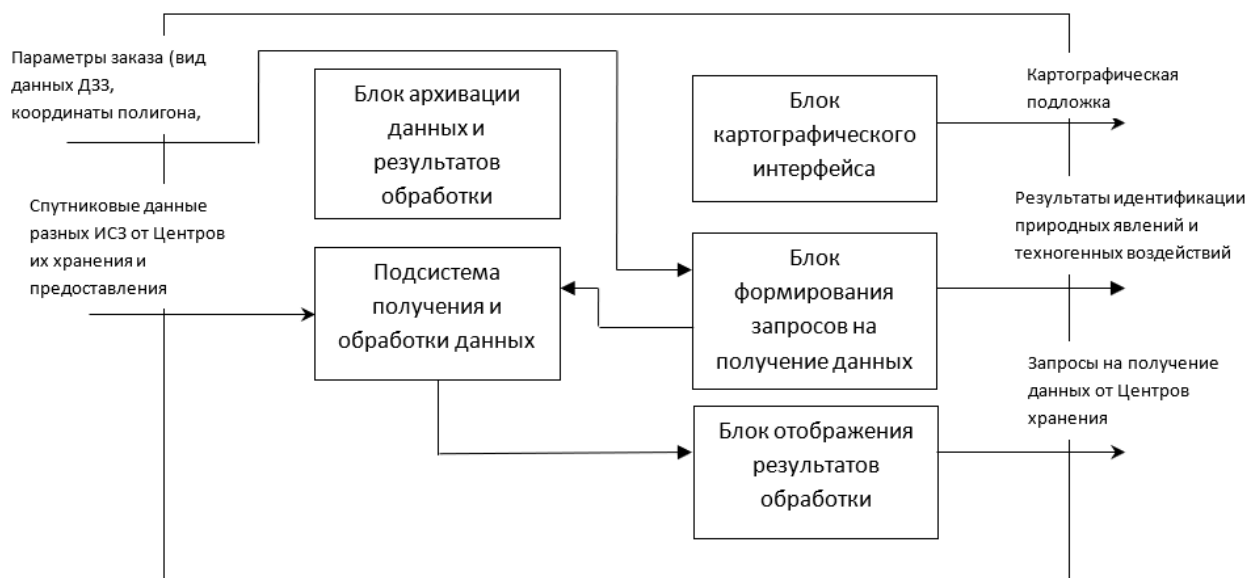


Рисунок 1– Обобщенная структурная схема Web-ориентированного сервиса (системы) мониторинга ОС с использованием данных ДДЗ

Идентификация наличия НПЯ и ТВ на ОС, определение их характеристик и условий распространения реализуется с использованием разнотипных данных (от различных ИСЗ). Соответственно, данные каждого типа требуют своего вида тематической обработки. Разнотипная тематическая обработка данных разных ИСЗ обеспечивает определение различных характеристик и условий распространения НПЯ и ТВ на ОС. Реализация рассмотренных функций Web-ориентированной системы мониторинга ОС обеспечивается следующими подсистемами и блоками, входящими в ее состав:

- блок задания координат участков подстилающей земной поверхности, данные о которых используются для идентификации наличия НПЯ и ТВ на ОС (картографический интерфейс для задания полигона);

- блок, обеспечивающий генерацию запросов к центрам хранения данных, получение значений параметров, являющихся характеристиками подстилающей поверхности на заданных участках (полигонах), используемых для идентификации наличия НПЯ и ТВ, их типизации, определения их характеристик и условий распространения;

- подсистема тематической обработки данных разных ИСЗ для определения значений параметров, характеризующих состояние подстилающей поверхности;

- подсистема контроля динамики значений характеристик для идентификации наличия НПЯ и ТВ на ОС на основе анализа динамики изменения характеристик подстилающей поверхности;

- подсистема тематической обработки данных разных ИСЗ для определения значений параметров, характеризующих условия распространения НПЯ и ТВ, условий их влияния на ОС;

- подсистема автоматизированного ведения архивов данных ДЗЗ и результатов обработки;

- подсистема отображения результатов тематической обработки данных разного вида.

Перечисленные подсистемы и блоки реализуют основные функции систем мониторинга, обеспечивающие получение и обработку данных. Она образуют базовый функциональный состав систем мониторинга ОС с использованием данных ДЗЗ.

Координация взаимодействия этих подсистем обеспечивается подсистемой управления функционированием системы мониторинга ОС для идентификации НПЯ и ТВ. Организация процессов обработки предполагает:

- формирование необходимых наборов данных для обработки (в частности, группирование снимков одного типа для их тематической обработки одинакового вида);

- выбор и управление вычислительными ресурсами для реализации обработки данных (загрузка программ в оперативную память, определение очередности запуска программ обработки данных на соответствующих ресурсах);

- диспетчеризацию потоков данных между устройствами, реализующими обработку (управление обменом данными между вычислительными устройствами);

– управление на соответствующих устройствах выполнением программ обработки поступающих в системы данных, т.е. управление последовательностью запуска программ, реализующих различные этапы обработки на соответствующих вычислительных ресурсах;

– оперативное получение информации о состоянии процессов обработки (фиксация возмущающих воздействий, влияющих на запланированный ход процесса обработки– поступление новых данных, поступление данных с более высоким приоритетом, отказ одного из обрабатывающих устройств);

– организацию автоматического размещения результатов обработки в архивах для обеспечения дальнейшей возможности работы с ними.

В состав информации, предоставляемой пользователю в качестве результатов работы системы, входят как количественные данные (значения измеряемых параметров в виде синтезированных тематических изображений), так и качественные данные (источник данных, дата получения данных, даты, для которых было выполнено определение значений отражательной способности поверхности, номера каналов и т.д.).

Системы мониторинга ОС с использованием данных ДЗЗ имеют клиент-серверную архитектуру, тогда в их составе совместно функционируют клиентское и серверное приложения, взаимодействующие посредством Web-технологий. На стороне клиента выполняется вызов внешнего картографического сервиса, с использованием которого реализуется графическое задание полигона для определения на нем НПЯ и ТВ на ОС и, как следствие, задаются координаты полигона, для которого из центров хранения и предоставления данных запрашиваются спутниковые снимки. Серверная часть систем включает в себя:

– подсистему генерации запросов на получение данных к соответствующим ресурсам, предоставляющим доступ к этим данным;

– подсистемы приема, каталогизации, соответствующей тематической и POST-тематической обработки спутниковых данных разных типов,

обеспечивающих идентификацию наличия НПЯ и ТВ на ОС, их характеристик, условий их распространения;

– подсистему архивации спутниковых снимков разных типов (от различных ИСЗ), получаемых из центров хранения и предоставления данных, и результатов тематической обработки этих снимков (тематических карт НПЯ и ТВ на ОС, условий их распространения);

– супервизор (систему управления), реализующий координацию обработки данных разных типов в соответствии с требуемыми алгоритмами на распределенных вычислительных ресурсах системы (решающий задачи управления передачей и размещением обрабатываемых данных на соответствующих вычислительных устройствах, синхронизации вычислений с использованием программ, обрабатывающих соответствующие типы данных и т.д.).

Рассматриваемая система мониторинга ОС на основе данных ДЗЗ реализуют предоставление многопользовательского доступа к распределено хранящимся данным (в центрах хранения и предоставления данных), а также обеспечивает многопользовательский доступ к средствам обработки этих данных (т.е. реализуют функции геосервиса (геопортала)). Следствием является поступление значительного количества запросов на данные и их обработку. Идентификация НПЯ и ТВ на ОС связана с обработкой больших объемов данных (массивов числовых значений отражательной способности в нескольких спектральных каналах спектрорадиометров).

2. Архитектура системы обработки многоспектральных данных в Web-ориентированном сервисе мониторинга ОС с использованием данных ДЗЗ

Так как рассматриваемая система обработки данных является частью Web-ориентированной системы мониторинга окружающей среды, то следует

рассматривать архитектуру всей системы в целом, на основе которой выбрать те части, которые войдут в систему обработки многоспектральных данных.

Современные приложения не являются монолитными ядрами, работающие на крупной компьютерной платформе, а являются набором динамически изменяемых модулей. Приложения создаются разработчиками с помощью различных языков программирования, на различных платформах, с применением различных технологий. Это способствовало развитию новой концепции «сервис-ориентированной» архитектуры (Service Oriented Architecture – SOA) [15-17].

Под архитектурой понимается формальное описание системы, определяющее ее функции, цели и интерфейсы. Сервис в свою очередь представляет собой некоторый программный компонент (модуль), к которому можно обратиться удаленно посредством компьютерной сети, и который предоставит необходимые функции обработки данных запрашивающей стороне. При этом сервисы имеют стандартизированные интерфейсы, которые устанавливают шаблоны для обмена сообщениями между ними.

Сообщения, которыми обмениваются между собой сервисы, основаны на протоколно-независимой технологии (SOAP – Simple Object Access Protocol) [15-17].

Основными преимуществами данной архитектуры являются:

- слабая связность сервисов;
- высокая степень зацепления: каждый сервис должным образом сфокусирован, управляем и понятен;
- сервисы могут быть легко заменены в любое время;
- сервисы могут быть реализованы с использованием различных языков программирования, аппаратных средств и программного обеспечения;
- горизонтальная масштабируемость: несколько экземпляров сервисов могут работать на разных серверах одновременно.

В тоже время недостатками сервис-ориентированной архитектуры являются:

- накладные расходы на обмен сообщениями;
- необходимость в логировании каждого сервиса с целью контроля его функционирования;
- код должен быть либо предельно простым, либо меняться крайне редко.

Так как указанные преимущества сервис-ориентированной архитектуры перекрывают ее недостатки, то эта технология выбрана в качестве архитектуры системы обработки данных для мониторинга окружающей среды. На основе обобщенной архитектуры Web-ориентированной системы мониторинга ОС с использованием данных ДЗЗ, представленной на рисунке 1, разработана архитектура системы обработки данных ДЗЗ, основывающаяся на сервис ориентированной архитектуре, представленная на рисунке 2.



Рисунок 2 – Сервис-ориентированная архитектура Web-ориентированной системы мониторинга ОС с использованием данных ДЗЗ

Сервис предварительной обработки необходим в рамках рассматриваемой системы, так как данные, предоставляемые центрами их хранения, требуется откорректировать с точки зрения анализа наличия

облачности (теней от облаков) над рассматриваем участком. При идентификации облачности над определенными участками поверхности реализуется восстановление значений отражательной способности на этих участках с использованием значений отражательной способности на участках, их окружающих (восстановления значений отражательной способности на участках, покрытых облачностью или тенями от облаков).

Сервис обнаружения наличия явления решает задачи, связанные с определением наличия негативного природного явления или техногенного воздействия на основе анализа динамики отражательных свойств подстилающей поверхности, используя разновременные данные ИСЗ.

Сервис определения характеристик и условий распространения на основе многоспектральных данных решает задачи, связанные с определением характеристик и условий распространения обнаруженного явления. Типизация явления или воздействия реализуется экспертом путем визуального анализа итоговых изображения, полученных в результате обработки данных ДЗЗ из соответствующих частотных диапазонов. На основе определенного типа явления системой определяются основные его характеристики и условия распространения, которые определяются путем дополнительной обработки данных ДЗЗ (имеющихся или получаемых по дополнительному запросу). Взаимодействие сервисов друг с другом реализуется посредством интеграционной шины.

В тоже время сервисы в разработанной системе обработки данных реализованы в соответствии с шаблоном «Многоуровневая архитектура программных систем» [18,19]. В соответствии с этим шаблоном сервисы в системе организованы в виде следующей иерархии уровней:

– интерфейсный уровень, программные модули которого обеспечивают как взаимодействие с пользователями Web-ориентированного сервиса мониторинга ОС, так и взаимодействие с центрами хранения и предоставления данных;

– уровень прикладных служб, модули которого координируют этапы обработки данных, активизируя соответствующие программные модули на уровне предметной области и интеграционном уровне;

– уровень предметной области, модули которого реализуют обработку данных в соответствии с особенностями рассматриваемой предметной области (обработку данных, соответствующих объектам предметной области);

– интеграционный уровень, модули которого обеспечивают обмен данными и взаимодействие между модулями на уровне предметной области.

Таким образом, указанный шаблон не только определяет распределение программных модулей по уровням модели, но и задает соответствующий способ взаимодействия между этими модулями.

Заключение

Решение задачи мониторинга ОС с использованием данных ДЗЗ является актуальным. С этой целью разработана архитектура Web-ориентированной системы мониторинга ОС с использованием данных ДЗЗ. Особенностью системы мониторинга является использование данных ДЗЗ, предоставляемых центрами хранения и предоставления данных. С целью организации действий с этими данными выполнена разработка архитектуры системы обработки данных ДЗЗ для целей идентификации наличия на поверхности негативных природных явлений и техногенных воздействий на ОС, определения их типов, характеристик и условий распространения. Особенностями разработанной архитектуры системы обработки данных ДЗЗ является использование современных технологических способов и шаблонов проектирования (организация системы в виде сервис-ориентированной архитектуры и использование шаблона «Многоуровневая архитектура программных систем»). Это позволяет более эффективно организовать систему обработки и взаимодействие программных модулей, в нее входящих.

Литература

1. Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В. Технология построения автоматизированных информационных систем сбора, обработки, хранения и распространения спутниковых данных для решения научных и прикладных задач.// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004, т.1, № 5. с. 81–88.
2. Уваров И.А., Халикова О.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Лупян Е.А., Матвеев А.М., Платонов А.Е., Прошин А.А., Толпин В.А., Крашенинникова Ю.С. Организация работы с метеорологической информацией в информационных системах дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2013, т.10, № 2. с.30-45.
3. Лупян Е.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Кобец Д.А., Крашенинникова Ю.С., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А., Флитман Е.В. Создание технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга//Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2015, т. 12, № 5. с. 53-75.
4. Миклашевич С.Э., Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Прошин А.А., Сенько К.С., Раденков М.В., Флитман Е.В. Программно-аппаратный комплекс для сбора, обработки, архивации и распространения спутниковых данных.// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2012, т. 9, №4. с. 47-56.
5. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Балашов С.А., Баргалева С.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды.//

Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2015, т. 12, № 5. с. 263–284.

6. Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.

7. Кашницкий А.В., Балашов И.В., Лупян Е.А., Толпин В.А., Уваров И.А. Создание инструментов для удаленной обработки спутниковых данных в современных информационных системах.// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2015, т. 12, № 1. с. 156-170.

8. Кобец Д.А., Матвеев А.М., Мазуров А.А., Прошин А.А. Организация автоматизированной многопоточковой обработки спутниковой информации в системах дистанционного мониторинга.// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2015, т. 12, № 1. с. 145–155.

9. Шокин Ю.И., Пестунов И.А., Смирнов В. В., Синявский Ю. Н., Скачкова А.П., Дубров И. С., Левин В.А., Алексанин А.И., Алексанина М.Г., Бабяк П.В., Громов А.В., Недолужко И.В. Распределенная информационная система сбора, хранения и обработки спутниковых данных для мониторинга территорий Сибири и Дальнего Востока.// Журнал Сибирского федерального университета. Серия “Техника и технологии”, 2008, №4. с. 291-314.

10. Шокин Ю.И., Добрецов Н.Н., Кихтенко В.А., Смирнов В.В., Чубаров Д.Л., Чубаров Л.Б. О распределённой инфраструктуре системы оперативного спутникового мониторинга ЦКП ДДЗ СО РАН.// Вычислительные технологии. 2013, т. 18, Специальный выпуск, Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск. с. 86-94.

11. Бабяк П.В., Недолужко И.В., Фомин Е.В. Подход к предоставлению услуг по обработке спутниковых данных в Центре коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН.// Труды XIV Всероссийской объединенной

конференции «Интернет и современное общество» (IMS-2011), 10-12 октября 2011 г. Санкт-Петербург, Россия, 2011. с.27-32.

12. Teo Y.M., Tay S.C., Gozali J.P. Distributed Geo-rectification of Satellite Images using Grid Computing.// Procs. Int. Parallel and Distributed Processing Symposium, IEEE Computer Society Press (2003). p. 152–157.

13. Казаков Э.Э., Капралов Е.Г., Паниди Е.А., Терехов А.В. Геосервисы как функциональная основа геопортала: опыт и перспективы.// «Обработка пространственных данных и дистанционный мониторинг природной среды и масштабных антропогенных процессов (DPRS'2013)». Избранные труды конференции (30 сентября –04 октября 2013 г. Барнаул). //Рос. акад. наук, Сиб. отделение, Ин-т водных и экологических проблем. Барнаул: Изд-во «Пять плюс», 2013. с. 14-24.

14. Гаврилова В.В., Гречищев А.В., Лубнин Д.С. Пространственная основа геопорталов.// Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 2011, № 2. с.53-56.

15. Erl Th. Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology and Design. The Prentice Hall. 2005.– 760 p.

16. Erl Th., Karmarkar A., Haas H. Web Service Contract Design and Versioning for SOA. The Prentice Hall. 2008. 800 p.

17. Erl Th. Service-Oriented Architecture: Analysis and Design for Services and Microservices. The Prentice Hall. 2016. 416 p.

18. Вернон В. Реализация методов предметно-ориентированного проектирования. М.: Изд-во «Вильямс», 2016. 688 с.

19. Эванс Э. Предметно-ориентированное проектирование. Структуризация сложных программных систем. М.: Изд-во «Вильямс», 2011. 448 с.

Literature

1. Lupyán E.A., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Fleetman E.V. The technology of building automated information systems for collecting,

processing, storing and distributing satellite data for solving scientific and applied problems.// Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2004, vol. 1, no. 5. p. 81-88.

2. Uvarov I.A., Khalikova O.A., Balashov I.V., Burtsev M.A., Lupyan E.A., Matveev A.M., Platonov A.E., Proshin A.A., Tolpin V.A., Krasheninnikova Yu.S. Organization of work with meteorological information in information systems for remote monitoring // Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2013, v.10, No. 2. p.30-45.

3. Lupyan E.A., Balashov I.V., Burtsev M.A., Efremov V.Yu., Kashnitsky A.V., Kobets D.A., Krasheninnikova Yu.S., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Flitman E.V. Creation of technologies for building information systems for remote monitoring // Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2015, vol. 12, No. 5. p. 53-75.

4. Miklashevich S.E., Balashov I.V., Burtsev M.A., Efremov V.Yu., Mazurov A.A., Matveev A.M., Proshin A.A., Senko K.S., Radenkov M.V., Flitman E.V. Hardware and software complex for collecting, processing, archiving and disseminating satellite data.// Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2012, vol. 9, No. 4. from. 47-56.

5. Lupyan E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A., Balashov S.A., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitsky A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Center for collective use of systems for archiving, processing and analysis of satellite data of the IKI RAS for solving problems of studying and monitoring the environment.// Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2015, vol. 12, No. 5. p. 263-284.

6. Bartalev S.A., Egorov V.A., Zharko V.O., Lupyan E.A., Plotnikov D.E., Khvostikov S.A., Shabanov N.V. Satellite mapping of the vegetation cover of Russia. Moscow: IKI RAN, 2016.208 p.

7. Kashnitsky A.V., Balashov I.V., Lupyan E.A., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Creation of tools for remote processing of satellite data in modern information

systems.// Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2015, vol. 12, No. 1. p. 156-170.

8. Kobets D.A., Matveev A.M., Mazurov A.A., Proshin A.A. Organization of automated multi-stream processing of satellite information in remote monitoring systems.// Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2015, vol. 12, No. 1. p. 145-155.

9. Shokin Yu.I., Pestunov I.A., Smirnov V.V., Sinyavsky Yu.N., Skachkova A.P., Dubrov I.S., Levin V.A., Aleksanin A.I., Aleksanina M G., Babiak P.V., Gromov A.V., Nedoluzhko I.V. Distributed information system for collecting, storing and processing satellite data for monitoring the territories of Siberia and the Far East.// Journal of the Siberian Federal University. Series "Technique and technologies", 2008, No. 4. from. 291-314.

10. Shokin Yu.I., Dobretsov N.N., Kikhtenko V.A., Smirnov V.V., Chubarov D.L., Chubarov L.B. On the distributed infrastructure of the operational satellite monitoring system of the Center for Collective Use of the ERS SB RAS.// Computational technologies. 2013, v. 18, Special issue, Institute of Computational Technologies SB RAS, Novosibirsk. from. 86-94.

11. Babiak P.V., Nedoluzhko I.V., Fomin E.V. An approach to the provision of satellite data processing services at the Center for Shared Use of Regional Satellite Monitoring of the Environment, FEB RAS. // Proceedings of the XIV All-Russian Joint Conference "Internet and Modern Society" (IMS-2011), October 10-12, 2011 St. Petersburg, Russia, 2011. p. 27-32.

12. Teo Y.M., Tay S.C., Gozali J.P. Distributed Geo-rectification of Satellite Images using Grid Computing.// Procs. Int. Parallel and Distributed Processing Symposium, IEEE Computer Society Press (2003). p. 152–157.

13. Kazakov E.E., Kapralov E.G., Panidi E.A., Terekhov A.V. Geoservices as a functional basis of a geoportal: experience and prospects. // "Processing of spatial data and remote monitoring of the natural environment and large-scale anthropogenic processes (DPRS'2013)". Selected proceedings of the conference (September 30 - October 04, 2013, Barnaul). // Ros. acad. Sci., Sib. department,

Institute of water and environmental. problems. Barnaul: Publishing house "Five plus", 2013. p. 14-24.

14. Gavrilova V.V., Grechishchev A.V., Lubnin D.S. Spatial basis of geoportals.// Proceedings of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography, 2011, No. 2. p.53-56.

15. Erl Th. Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology and Design. The Prentice Hall. 2005.– 760 p.

16. Erl Th., Karmarkar A., Haas H. Web Service Contract Design and Versioning for SOA. The Prentice Hall. 2008. 800 p.

17. Erl Th. Service-Oriented Architecture: Analysis and Design for Services and Microservices. The Prentice Hall. 2016. 416 p.

18. Vernon V. Implementation of Domain-Specific Design Methods. M .: Publishing house "Williams", 2016, 688 p.

19. Evans E. Subject-oriented design. Structuring complex software systems. M .: Publishing house "Williams", 2011. 448 p.