

Геоинформатика. 2022. № 4. С. 44–53.
Geoinformatika. 2022;(4):44–53.

Материалы VI Всероссийской конференции ITES-2022

Научная статья
 УДК 528.8.04:001.51
<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-4-44-53>

Интеграция технологий обработки спутниковых данных внешних поставщиков в информационную систему Роскосмоса на примере Спутникового центра ДВО РАН

© 2022 г. — Анатолий Иванович Алексанин^{1, 2, а)}, Сергей Евгеньевич Дьяков^{1, b)}, Павел Владимирович Бабяк^{1, c)}, Марина Георгиевна Алексанина^{1, 2, d)}

¹Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской Академии Наук; Россия, г. Владивосток

²Дальневосточный Федеральный университет; Россия, г. Владивосток

^{a)}aleks@iacp.dvo.ru, ^{b)}sergdkv@gmail.com, ^{c)}vanger.paul@yandex.ru, ^{d)}margeo@mail.ru

Аннотация: На примере сервиса расчёта композиционных карт температуры поверхности океана (ТПО) рассматриваются проблемы интеграции сложных технологий внешних пользователей в Государственную информационную систему оперативной поставки данных дистанционного зондирования Земли (ГИС ОПД ДЗЗ) Роскосмоса. Основной целью ГИС ОПД ДЗЗ является реализация простого и единообразного доступа к спутниковым данным как российских, так и мировых архивов, а также к продуктам высокоуровневой обработке в требуемой тематической области. Внешнему участнику системы обеспечивается доступ к архивам спутниковых данных и вычислительным ресурсам ГИС ОПД ДЗЗ. Ключевым организационным вопросом является минимизация затрат на обработку данных как со стороны поставщика данных, так и со стороны пользователей. Центр коллективного пользования «Региональный спутниковый мониторинг окружающей среды» ДВО РАН получил доступ к ГИС ОПД ДЗЗ для размещения своих сервисов. Рассматриваются варианты организации обмена данными и услугами между поставщиком сервисов и ГИС ОПД ДЗЗ. Сервисы оформляются по стандарту REST API, который поддерживается в среде Python. В результате интеграции сервиса расчёта композиционных карт температуры поверхности океана (ТПО) для любой акватории строятся ежедневные композиционные карты ТПО, которые соответствуют по точности мировым стандартам и которые сохраняют структуру термических фронтов. Сервис получился распределённым. При его работе используются одновременно как ресурсы и данные Роскосмоса и Спутникового центра ДВО РАН, так и данные зарубежных информационных систем.

Ключевые слова: *информационная система, данные дистанционного зондирования Земли, спутниковые данные, поставка данных и услуг*

Для цитирования: Алексанин А.И., Дьяков С.Е., Бабяк П.В., Алексанина М.Г. Интеграция технологий обработки спутниковых данных внешних поставщиков в информационную систему Роскосмоса на примере Спутникового центра ДВО РАН // Геоинформатика. — 2022. — № 4. — С. 44–53. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-4-44-53>.

VI All-Russian Conference ITES-2022

Original article

Integration of satellite data processing technologies of external providers into Roscosmos information system on example of the Satellite Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

© 2022 — Anatoly I. Aleksanin^{1, 2, a)}, Sergey E. Dyakov^{1, b)}, Pavel V. Babyak^{1, c)}, Marina G. Aleksanina^{1, 2, d)}

¹Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; Vladivostok, Russia

²Far Eastern Federal University; Vladivostok, Russia

^{a)}aleks@iacp.dvo.ru, ^{b)}sergdkv@gmail.com, ^{c)}vanger.paul@yandex.ru, ^{d)}margeo@mail.ru

Abstract: On an example of a service for merged SST charts computing, the problems of integrating a sophisticated technology of external provider into the Roscosmos State Information System for the Operational Delivery of Earth Remote Sensing Data (SIS OD ERS) are considered. The main goal of the SIS OD ERS is the implementation of a simple and uniform access to satellite data of both Russian and worldwide archives, as well as to high-level processing products in a required thematic area. External provider gets access to satellite data archives and computing resources of SIS OD ERS. The key issue is minimizing the cost of processing data from both Roscosmos and external providers. The Multiple Access Center for Regional Satellite Monitoring of the Environment of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences deploy its services to SIS OD ERS. The options for arranging the exchange of data and services between a provider and SIS OD ERS are proposed. A REST web services are made, with its support in the Python environment. As a result of the integration, daily merged SST charts are built that preserve the structure of thermal

fronts for any water area and with the accuracy that corresponds the international standards. The service is distributed. Both the resources and data of Roscosmos and the Satellite Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, and the data from the foreign information systems are used.

Key words: *information system, Earth remote sensing data, satellite data, delivery of data and services*

For citation: Aleksanin A.I., Dyakov S.E., Babyak P.V., Aleksanina M.G. Integration of satellite data processing technologies of external providers into Roscosmos information system on example of the Satellite Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. *Geoinformatika*. 2022;(4):44–53. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-4-44-53>. In Russ.

Введение

Разнообразие и сложность технологий обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) часто не позволяют обеспечить запросы пользователей в полном объеме в рамках одного спутникового центра. Даже крупные центры не располагают всем спектром необходимых данных и продуктов их обработки. Требуется кооперация и взаимодействие с другими центрами. Кроме того, пользователь имеет собственные технологии обработки спутниковых данных, которые требуется встраивать в существующие схемы обработки. Логичным решением этих проблем является наметившаяся тенденция перехода к распределенной обработке данных через глобальные информационные системы [4, 9].

В начале XXI века теория создания геоинформационных систем (ГИС) для работы с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) выглядела сформировавшейся. На произвольные спутниковые геопространственные данные генерировались метаданные, которые можно было однозначно найти по их обозначению (набору ключевых слов), формируемому по утвержденным правилам. По протоколу z39.50 можно было искать данные и метаданные. Данные предпочтительней всего было держать в формате GeoTiff. Международная организация Open Geospatial Consortium (OGC) разработала стандарты в области геопространственных данных и сервисов. Поставщики данных регистрировались в GCMD (Global Change Master Directory <http://gcmd.gsfc.nasa.gov>). Там же находились зарегистрированные обозначения метаданных и правила их формирования. Зарегистрированных описаний было уже тогда около 700 страниц, и их объем рос в геометрической прогрессии. Становилось понятно, что пользователю просто не выучить такое количество описаний для формирования запроса на поиск конкретных данных. Формата GeoTiff оказалось недостаточно и развились форматы — HDF и NetCDF, которые используются для поставки полуфабрикатов для генерации из них данных, требуемых пользователю. То есть для поставки данных конечному пользователю их нужно обработать заказанными пользователем алгоритмами с заданной точностью расчетов.

Появилось деление на ГИС, работающие по OGC-стандартам и информационные системы работы с данными спутникового дистанционного зондирования, где основными форматами поставки данных являются HDF и NetCDF. Теория и практика взаимодействия ГИС на OGC-стандартах развита хорошо, а развитие информационных систем работы со спутниковыми данными ДЗЗ отстает. Обзор состояния дел и проблемы в этой области детально разобраны в статье [10].

Сложившимся подходом к предоставлению спутниковых данных потребителю является создание каталогов и их интеграция в единую систему. В результате у пользователя появляется возможность получить доступ к данным различных организаций через единую точку доступа. Крупнейшими независимо развивающимися глобальными информационными системами, предоставляющими доступ к каталогам спутников данных, являются EOSDIS (Earth Observing System Data Information System) NASA [11] и eoPortal ESA Европейского космического агентства (SSE eoPortal, <https://www.eoportal.org/>). В последние годы происходит смена основного направления развития этих систем от поставки данных к поставке услуг в форме веб-служб. Так, система ECHO (Earth Observing System Clearing House) [12] и её модернизированная версия CMR (Common Metadata Repository, <https://www.earthdata.nasa.gov/eosdis/science-system-description/eosdis-components/cmnr>) являются частью проекта NASA EOSDIS и предоставляют основу, позволяющую системам поставки данных наблюдения за Землей и сервисов работать совместно.

Перспективным проектом развития Европейской распределенной инфраструктуры доступа к спутниковой информации было создание специальной среды SSE (Service Support Environment) для интеграции различных поставщиков данных и услуг и основанный на ней проект НМА (Heterogeneous Mission Accessibility), обладающие аналогичным назначением. Последний проект хорошо был проработан теоретически, охватывая все ступени обработки и обмена данными различных поставщиков информации с последующей поставкой информации в ГИС системы, работающие по OGC-стандартам. Тем не

менее, после остановки работы серверов, обеспечивающих работу информационной системы, проект SSE и его информационная система были закрыты. Интерфейсы HMA сейчас используются в Европе в системе доступа к данным различных поставщиков FedEO (Federated Earth Observation missions access <https://ceos.org/ourwork/workinggroups/wgiss/access/fedeo/>).

Целью разработки Государственной информационной системы оперативной поставки данных дистанционного зондирования Земли (ГИС ОПД ДЗЗ) является обеспечение потребителей информационными продуктами обработки данных дистанционного зондирования Земли из космоса на основе интеграции различных поставщиков информационных продуктов и сервисов. В данной работе обсуждается опыт интеграции конкретного сервиса Центра коллективного пользования «Региональный спутниковый мониторинг окружающей среды» ДВО РАН (далее Спутниковый центр ДВО РАН) в ГИС ОПД ДЗЗ. Сервис расчёта композиционных карт температуры поверхности океана (ТПО) использует информационные ресурсы обеих систем и работает в режиме реального времени с данными из глобальных зарубежных архивов.

ГИС ОПД ДЗЗ. Базовые принципы интеграции сторонних поставщиков

Организация доступа к данным и сервисам сторонних поставщиков (в том числе и зарубежных) в рамках единой информационной системы планировалась Роскосмосом еще при создании Единой территориально распределенной информационной системы дистанционного зондирования Земли ЕТРИС ДЗЗ [7]. Сложность задачи объединения разнородных информационных систем поставщиков требовало разработки новых технологий решение задачи. Разработка таких технологий [8] позволила организовать реализацию интеграции поставщиков данных и услуг в рамках разрабатываемой информационной системы ГИС ОПД ДЗЗ.

Задача интеграции сторонних поставщиков услуг является сложной. В США и Европе были предприняты ряд попыток ее решения. В США существует проект NASA Giovanni, где можно просто вызывать алгоритмы обработки для имеющейся базы данных. Добавлять алгоритмы сторонних пользователей и обрабатывать данные не из базы невозможно. Невозможно запускать алгоритмы сторонним пользователем в обход web-интерфейса системы, т. к. API для взаимодействия с системой не реализовано. Невозможно предлагать на обработку свои данные. В Европе существует проект ESA GPOD, предполагающий размещение алгоритмов внешних поставщи-

ков сервисов обработки на локальных виртуальных машинах. К нему разрабатывается интерфейс для внешнего вызова, с дальнейшим добавлением его в общий пул алгоритмов. Данные для обработки можно использовать только из архива ESA (European Space Agency). Права на результаты обработки принадлежат ESA, то есть создатель сервиса фактически отдает его ESA.

При проектировании систем, подобных ГИС ОПД ДЗЗ, часто делают дорогостоящее программное обеспечение для упрощения интеграции поставщиков. Чем больше закладывается возможностей в ПО, передающееся поставщику, тем дольше затягивается время ввода системы в работу. И требуется постоянно совершенствовать такое ПО. Необходимы решения, которые бы позволили сторонним поставщикам самим развивать систему. Сформулировать четкие правила интеграции важнее, чем создавать конкретное программное обеспечение для стороннего поставщика.

Погружение алгоритмов поставщиков в специализированную информационно-вычислительную среду, создаваемую в рамках ГИС ОПД ДЗЗ, с определенными стандартами и соглашениями и с перекладыванием обязательств работы с разнообразными форматами данных на самого поставщика может стать таким решением. Но тут требуется развитие подхода в плане распространения такой среды на вычислительные ресурсы самого поставщика при сетевой структуре самой информационно-вычислительной среды.

Система ГИС ОПД ДЗЗ предназначена для организации обработки спутниковых данных и поставки продуктов потребителям. Основными задачами ГИС ОПД ДЗЗ являются:

- реализация принципа «Одного окна» для организации доступа потребителей к продуктам, сервисам и услугам ДЗЗ в требуемой тематической области;
- формирование единого каталога данных, продуктов и сервисов ДЗЗ;
- автоматизация информационного взаимодействия с поставщиками исходных данных, продуктов, сервисов и услуг ДЗЗ;
- обеспечение потребителей данными и продуктами высокоуровневой обработки с использованием различных сервисов и услуг ДЗЗ.

Базовыми сервисами ГИС ОПД ДЗЗ, на основе которых функционируют тематические сервисы, являются:

- онлайн-каталог поиска и заказа данных, продуктов и сервисов ДЗЗ;

- временное хранение заказанных данных и продуктов потребителей;
- предоставление потребителям машинных сервисов поиска и сервиса каталога данных и продуктов по спецификации STAC
- публикация данных и продуктов в виде web-сервисов (по спецификации OGC WMS/WFS) в том числе с поддержкой временных серий данных;
- отображение данных, продуктов (с поддержкой временных серий) в картографическом интерфейсе;
- автоматическое производство и предоставление доступа потребителям к продуктам ДЗЗ различных уровней обработки;
- управление и мониторинг процессов обработки данных ДЗЗ;

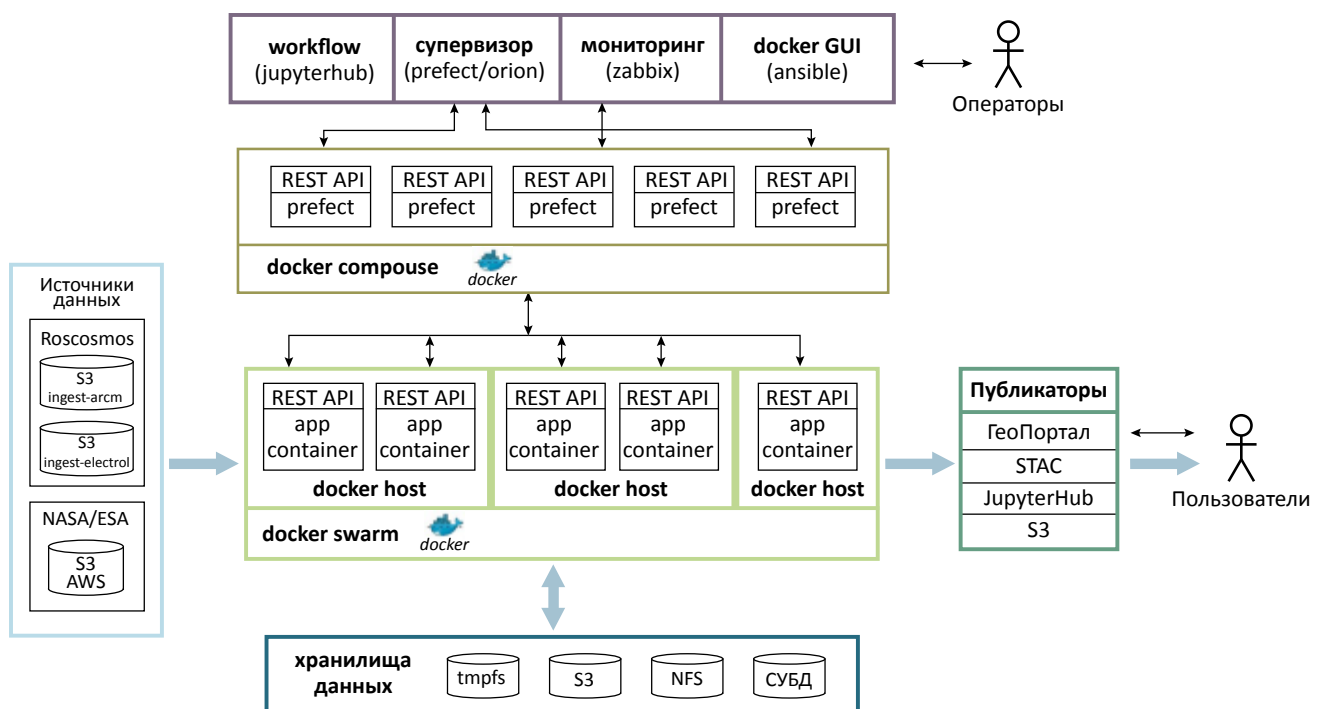
В ГИС ОПД ДЗЗ базовый вариант интеграции внешних сервисов реализуется посредством стандартных docker-контейнеров, хотя могут использоваться и виртуальные машины. Docker-контейнер — это «облегченный» вариант виртуализации. В виртуальной машине размещается копия операционной системы и эмулируется виртуальное оборудование. В случае docker-контейнера приложения запускаются в искусственной, частично изолиро-

ванной среде без отдельной копии операционной системы и без эмуляции оборудования. Это позволяет делать контейнеры простыми, легковесными, быстро запускаемыми. Docker-контейнеры связываются друг с другом через файловые системы облачного хранилища данных. Управление осуществляется как на основе стандартных средств управления контейнерами, так и на основе стандартов REST-API (рис. 1).

Основным средством хранения и исходных данных и продуктов является система хранения основанная на S3 — облачной системе хранения объектов, созданной компанией Amazon. Это гибкая, расширяемая система, основанная на стандартизированных протоколах (web, REST API, BitTorrent). Размер одного объекта может достигать 5 терабайт. Существуют средства, позволяющие отображать дерево каталогов S3 в дерево каталогов файловой системы, но работают они не очень хорошо, что связано с ограничениями облачной архитектуры. Результаты обработки публикуются на портале ГИС ОПД ДЗЗ. Вся административная часть (мониторинг, управление заказами) реализована с использованием свободно доступного программного обеспечения.

Рис. 1. Схема функционирования ГИС ОПД ДЗ

Fig. 1. Scheme of SIS OD ERS operating



**Информационная система
Спутникового центра ИАПУ ДВО РАН**

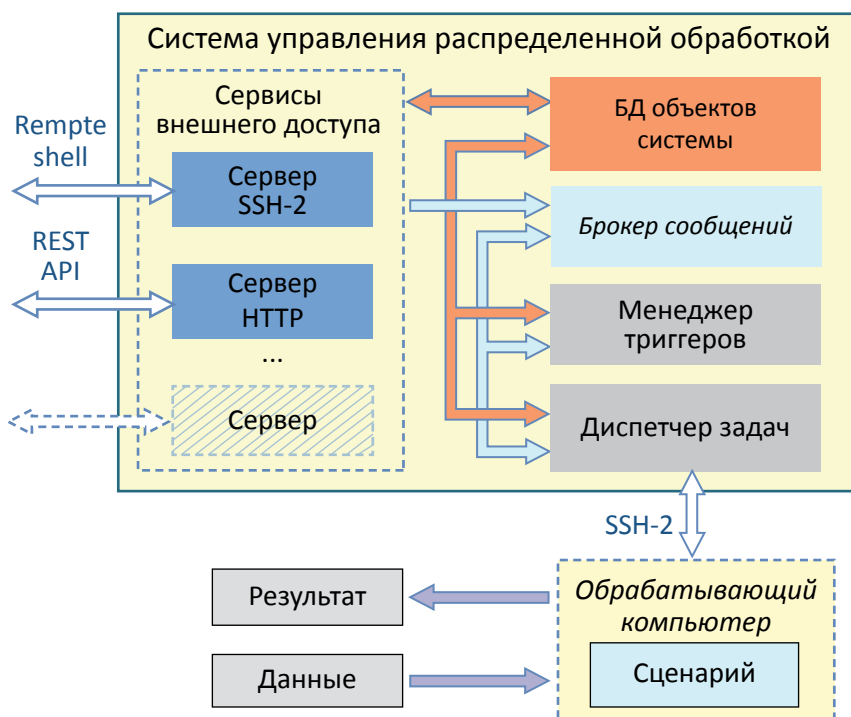
Информационная система (ИС) Центра коллективного пользования «Региональный спутниковый мониторинг окружающей среды» ДВО РАН развивалась на принципах возможной интеграции во внешние глобальные системы [1]. Ресурсы Центра были интегрированы в течение нескольких лет в информационную систему SSE Portal через SSE-Toolbox [5]. Обработывались технологии не только обмена данными и метаданными. SSE-Toolbox позволял выбирать алгоритмы обработки данных, хотя в списке официальных функций это не значилось. Созданное в Центре программное обеспечение позволяло интегрировать в систему SSE Portal произвольного поставщика данных и сервисов обработки данных в течение недели вместе с его вычислительными ресурсами. Для этого создана Платформа интеграции гетерогенных ресурсов, обеспечивающая возможность поиска, получения и обработки данных по технологии, управляемой пользователем. Для автоматической обработки данных используется распределённая система [2, 6].

Вся система построена на распределённых вычислениях, где каждый вычислительный узел (в том числе задействованный для вычислений мно-

гопроцессорный кластер) является независимым компьютером, связанным с другими посредством сети. Основной задачей системы управления распределённой обработкой является запуск и контроль задач на удалённых вычислительных узлах. Доступ к системе осуществляется по протоколу SSH. Поддерживается как режим командной строки, так и режим непосредственного выполнения команд. Так же для организации API существует возможность взаимодействовать с системой по JSON-подобному протоколу построенному поверх SSH, либо с использованием REST API. Все соединения с сервером управления обработкой, а также обрабатываемыми машинами, происходят по протоколу SSH, что обеспечивает простоту взаимодействия и высокий уровень безопасности устанавливаемых соединений (рис. 2).

Для обеспечения функционирования ИС и обеспечения передачи больших объёмов данных между различными частями распределённой системы центра было решено использовать iRODS, интегрированную систему данных, основанную на правилах. iRODS реализует такое перспективное направление в области распределённой поставки и обмена данными как архитектура data grid. Data grid предоставляет пользователям возможность доступа, измене-

Рис. 2. Схема управления локальной распределённой системой обработки данных Спутникового центра ДВО РАНЗ
Fig. 2. Control scheme of the local distributed data processing system of the Satellite Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences



ния и передачи больших объемов географически распределенных данных для различных прикладных задач. Обеспечивается это посредством множества промежуточных приложений (middleware) и сервисов, которые объединяют данные и ресурсы из нескольких административных доменов, а затем представляют их пользователям по запросу. При этом данные в data grid могут быть расположены как на одном ресурсе, так и на множестве разделённых ресурсов, где каждый ресурс может быть участником административного домена, регулируемого своим собственным набором правил разграничения доступа. Кроме того, несколько реплик данных могут быть распределены по сети за пределы их первоначального административного домена, но ограничения безопасности на исходные данные должны одинаково применяться и к репликам.

Управление удалёнными задачами осуществляется посредством протокола SSH-2. Событийно-ориентированная архитектура основана на реализации цепочек «Событие → Триггер → Задача → Событие». Событие порождается как внутри системы, так и может быть вызвано внешними источниками. Ядро системы написано на языке Java, но также система поддерживает встраивание обработчиков команд системы, написанных на языке Groovy. Это позволяет добавлять новые или изменять старые команды системы на лету, без перекомпиляции или перезапуска системы. Доступ к системе осуществляется посредством различных протоколов (SSH-2, HTTP REST-запрос). Система команд построена так, чтобы была возможность создания расширений на Groovy «на лету».

Принципы организации ИС Спутникового центра хорошо соответствуют принципам взаимодействия со сторонними поставщиками данных и услуг, используемым при создании ГИС ОПД ДЗЗ. В информационной системе Спутникового центра ДВО РАН реализованы возможности и функции интеграции в неё внешних сервисов. Стороннему поставщику данных/сервисов достаточно зарегистрировать ресурс в системе и «завернуть» программы расчета в некоторую оболочку, которая обеспечивает унифицированный вызов программ, управление ими и формирование необходимых данных и метаданных. Используемый в ИС центра интерфейс к сервисам можно организовать внутри ГИС ОПД ДЗЗ для имеющихся в ней процедур обработки данных. Это позволяет не только интегрировать информационные ресурсы центра в ГИС ОПД ДЗЗ, но и организовать распределенную обработку данных, при которой сервисы ГИС ОПД ДЗЗ могут использоваться внутри цепочек обработки ИС Спутникового центра.

Интеграция внешнего сервиса построения композиции ТПО в ГИС ОПД ДЗЗ

В Спутниковом центре ДВО РАН создано около двух десятков оригинальных технологий обработки данных ДЗЗ, которые могут быть полезны широкому кругу пользователей. Центр коллективного пользования «Региональный спутниковый мониторинг окружающей среды» ДВО РАН получил доступ к ГИС ОПД ДЗЗ для размещения своих сервисов. На примере расчёта композиционных карт температуры поверхности океана (ТПО) получен опыт интеграции сервисов внешних поставщиков в ГИС ОПД ДЗЗ.

На рисунке 3 показана схема взаимодействия и используемые информационные ресурсы при реализации сервиса построения композиционных карт температуры поверхности океана [3]. В целом, вся вычислительная обработка вынесена на машины Роскосмоса, подготовка данных и преобразование форматов — на сервера Спутникового центра ДВО РАН. Это вызвано тем, что при получении и преобразовании данных ДЗЗ используется стороннее ПО — пакеты программ SeaDAS, AAPP, Glance и другое, развернутое в центре. Основным способом удаленного вызова является вызов по стандарту REST API. При обработке в качестве основного формата данных используется внутренний формат Спутникового центра. Результаты обработки преобразуются в формат DIMAP или в GeoTIFF, причем создаются две версии файла — byte GeoTiff — цветные изображения, и float32 GeoTIFF для интеграции физических величин. Публикация результатов осуществляется с помощью внутреннего интерфейса ГИС ОПД ДЗЗ.

На рисунке 4 показано, где и с использованием каких программных средств выполняются подзадачи построения композиционных карт ТПО. Обработка данных в ГИС ОПД ДЗЗ осуществляется на основе средств web или REST API, которые поддерживаются в среде Python, в рамках которой выполняется интеграция сервисов. На рисунке 5 показан интерфейс, показывающий уже построенные в ГИС ОПД ДЗЗ композиционные карты ТПО. Ключевым организационным вопросом интеграции сервисов является минимизация затрат как со стороны Роскосмоса, так и со стороны внешних участников. В результате интеграции сервис получил распределенным. Задействованы как ресурсы и данные Роскосмоса и Спутникового центра ДВО РАН, так и данные зарубежных информационных систем.

Заключение

Выбранный в ГИС ОПД ДЗЗ способ интеграции данных и сервисов сторонних поставщиков в еди-

Рис. 3. Схема функционирования ГИС ОПД ДЗ

Fig. 3. Scheme of SIS OD ERS operating

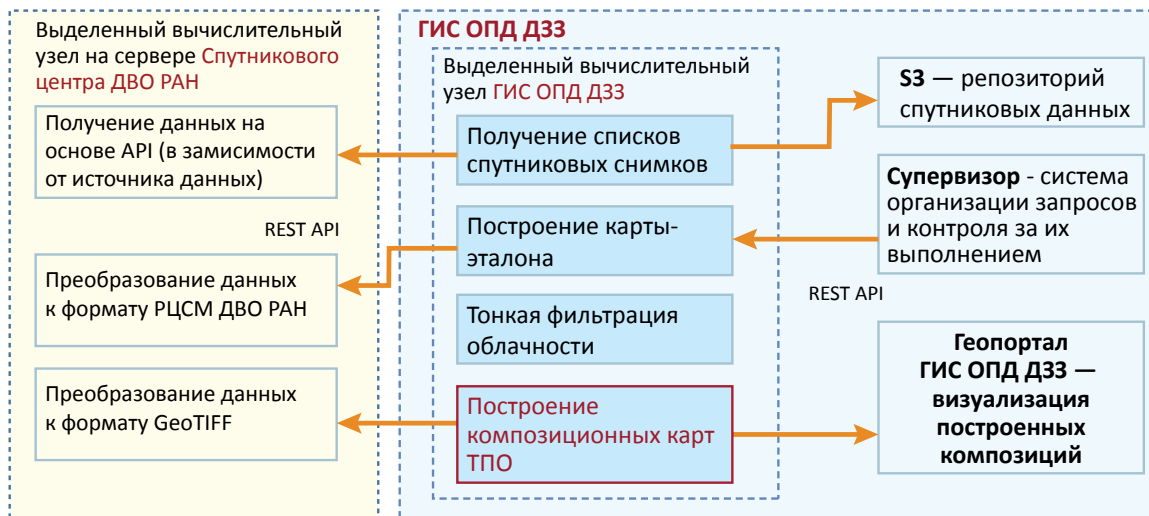


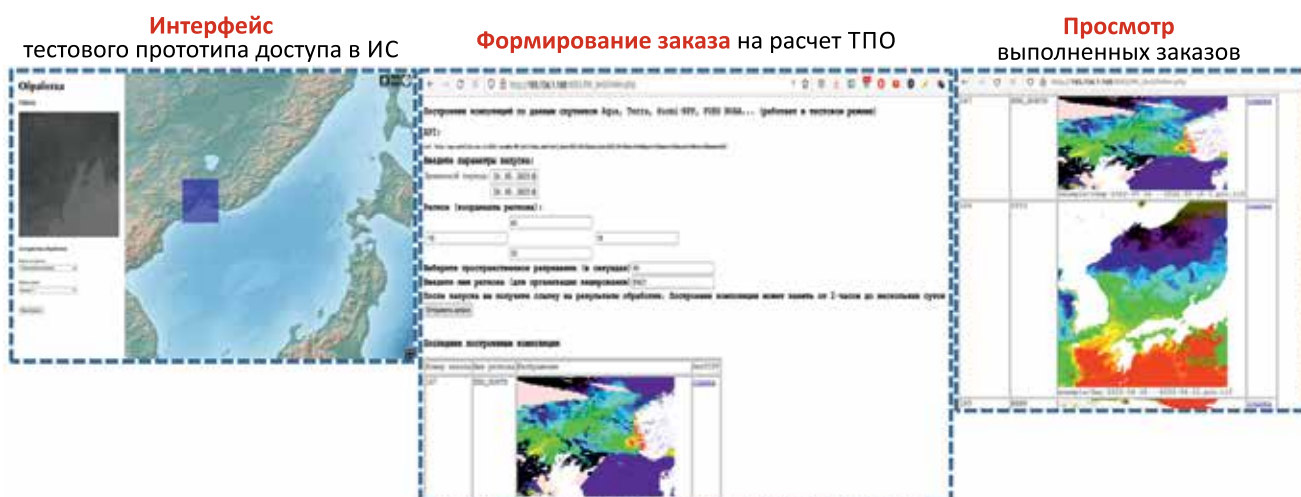
Рис. 4. Программные модули и их функции: распределение между ГИС ОПД ДЗЗ и ИС Спутникового центра ДВО РАН.

Fig. 4. Software modules and their functions: distribution between(SIS OD ERS and IS of the FEB RAS Satellite Center

Спутниковый центр ДВО РАН		ГИС ОПД ДЗЗ	
Задачи	Используемые средства	Задачи	Используемые средства
Поиск данных POES NOAA	↔ Система поиска на основе библиотеки selenium	Поиск данных AQUA/TERRA, Suomi NPP	↔ pyorbital (поиск по региону на основе орбитальных параметров)
Получение данных AQUA/TERRA, POES NOAA, Suomi NPP ...	↔ wget, arai2c	Получение данных российских спутников из репозитория S3	↔ s3fs, fsspec
Обработка данных, преобразование форматов данных	↔ SeaDAS, AAPP, SML CLI Tools, TERM, библиотека GDAL	Обработка данных	↔ SML CLI Tools, модернизированная версия pysat
		Построение карты-эталона, тонкая фильтрация облачности, построение композиции ТПО	↔ SML CLI Tools satpy

Рис. 5. Интерфейс сервиса построения композиционной карты ТПО в ГИС ОПД ДЗЗ

Fig. 5. SIS OD ERS interface of the service for SST merged charts computation



ную информационную систему имеет как достоинства, так и недостатки.

К достоинствам следует отнести решение проблемы унификации форматов данных и сервисов, что обеспечивается соблюдением установленных правил интеграции самими поставщиками. Разработчикам не требуется создавать сложного промежуточного программного обеспечения для сопряжения информационных систем разных поставщиков и проводить постоянную модернизацию этого обеспечения, обусловленную быстро меняющейся ситуацией в области запускаемых спутниковых систем и устаревания вычислительных и коммуникационных средств. Сторонние поставщики становятся как бы со-разработчиками информационной системы. Это обеспечивает высокую гибкость организации сложных автоматических цепочек обработки данных, в которых могут использоваться информационные ресурсы разных поставщиков.

К недостаткам следует отнести жесткие требования к сервисам и данным, которые в ИС производного поставщика им не соответствуют. Кардинально переделать свою информационную систему поставщику трудоемко и дорого. Проще организовать распределенную обработку как на серверах Роскосмоса, так и с использованием собственных

вычислительных средств. Упрощает интеграцию то, что ГИС ОПД ДЗЗ строится на основе современных стандартов доступа к данным и сервисам их обработки, облегчающих решение этой задачи. В то же время, разработки ГИС ОПД ДЗЗ должны обеспечивать сторонних поставщиков требуемым программным обеспечением создания сервисов в ГИС и средствами отладки сервисов. Также должны быть созданы средства мониторинга состояния обработки данных сторонних поставщиков: контроль выполняемых заданий; наличие требуемых ресурсов; согласование каталогов данных как исходных, так и генерируемых; решение проблем оповещения заказчика о состоянии его заказа, оплаты работы, и др.

В настоящее время ГИС ОПД ДЗЗ только разрабатывается. Но базовые функции у нее уже находятся в рабочем состоянии и ими можно пользоваться. Поскольку ГИС ОПД ДЗЗ обеспечивает доступ к данным и сервисам ЕТРИС ДЗЗ, то это открывает возможность к массовой автоматической обработке данных с российских космических аппаратов сторонними поставщиками услуг. Упрощается задача замены существующих сервисов обработки данных на альтернативные, более подходящие по своим параметрам к точностным характеристикам потенциальных потребителей.

Работа поддержана программой МинОбрНауки «Приоритет-2030».

Авторы выражают благодарность сотрудникам Акционерного общества «Российские космические системы» А.О. Смирнову и Л.Е. Долгобородову за консультации и помощь в работе.

Список источников

1. Алексанин А.И., Алексанина М.Г., Бабяк П.В., Ерёмченко В.С. Интеграция поставщиков спутниковых данных и услуг // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16. – № 3. – С. 288–300. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-288-300.
2. 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 // Интернет и современное общество : материалы XIV Всероссийской объединённой конференции (Санкт-Петербург, 12-14 октября 2011 г.). – СПб.: МПСС, 2011. – С. 27–32.
3. Дьяков С.Е., Качур В.А. Построение композиционных карт температуры поверхности океана, ориентированных на сохранение термических структур // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т. 13. – № 2. – С. 84–94. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-2-84-94.
4. 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. – № 1. – С. 81–88.
5. Недолужко И.В. Интеграция ресурсов Центра коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН в среду SSE Европейского космического агентства // Вычислительные технологии. – 2010. – Т. 15. – № 4. – С. 116–130.
6. Недолужко И.В., Бабяк П.В., Тарасов Г.В., Ерёмченко В.С. Инфраструктура приёма, распределённой обработки и поставки спутниковых данных в Центре коллективного пользования Регионального спутникового мониторинга ДВО РАН // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9. – № 3. – С. 324–331.
7. Носенко Ю.И., Новиков М.В., Заичко В.А., Ромашкин В.В., Лошкарев П.А. Единая территориально-распределённая информационная система ДЗЗ - проблемы, решения, перспективы (часть 2) // Геоматика. – 2010. – № 4. – С. 31–37.
8. Смирнов А.О., Смишкальн А.В., Романова К.Н., Устинов М.М. Технологическая основа формирования и доведения до потребителей продуктов и услуг, основанных на результатах космической деятельности // Современные проблемы дистанционного зонди-

рования Земли из космоса : материалы 18-й Всерос. открытой конф. (Москва, 16–20 ноября 2020 г.). – Москва : ИКИ РАН, 2020. – С. 442. DOI: 10.21046/18DZZconf-2020a.

9. Шокин Ю.И., Жижимов О.Л., Пестунов И.А., Синявский Ю.Н., Смирнов В.В. Распределенная информационно-аналитическая система для поиска, обработки и анализа пространственных данных // Вычислительные технологии. – 2007. – Т. 12. – Спец. вып. 3. ГИС- и веб-технологии в междисциплинарных исследованиях. Материалы Междисциплинарной программы СО РАН 4.5.2. Вып. I. – С. 108–115.

10. Шокин Ю.И., Потапов В.П. ГИС сегодня: состояние, перспективы, решения // Вычислительные технологии. – 2015. – Т. 20. – № 5. – С. 175–213.

11. Kobler B., Berbert J. NASA Earth Observing System Data Information System (EOSDIS) [Электронный ресурс] // Digest of Papers Eleventh IEEE Symposium on Mass Storage Systems (Monterey, 7–10 October 1991). – 1991. – P. 18–19. – Режим доступа: <https://www.computer.org/csdl/proceedings/mass/1991/12OmNzLUKpJ> (дата обращения 05.12.2022). DOI: 10.1109/MASS.1991.160199.

12. Mitchell A., Ramapriyan H., Lowe D. Evolution of web services in EOSDIS – Search and order metadata registry (ECHO) [Электронный ресурс] // 2009 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Cape Town, 12–17 July 2009). – 2009. – Vol. 5. – pp. 371–374. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5417653> (дата обращения 05.12.2022). DOI: 10.1109/IGARSS.2009.5417653.

References

1. Aleksanin A.I., Aleksanina M.G., Babyak P.V., Eremenko V.S. Integration of satellite data and service providers. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2019;16(3):288–300. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-288-300.

2. Babyak P.V., Nedoluzhko I.V., Fomin E.V. An approach used to provide satellite data processing services at Multiple Access Centre for Regional Satellite Monitoring of Environment FEB RAS. In: *Internet i sovremennoe obshchestvo : materialy XIV Vserossiiskoi ob"edinennoi konferentsii* (St. Petersburg, 12–14 October 2011). St. Petersburg: MPSS; 2011. pp. 27–32.

3. Diakov S.E., Kachur V.A. Creating composite maps of ocean surface temperature preserving thermal structures. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2016;13(2):84–94. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-2-84-94.

4. Lupyan E.A., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Flitman E.V. Tekhnologiya postroeniya avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem sbora, obrabotki, khraneniya i rasprostraneniya sputnikovyykh dannykh dlya resheniya nauchnykh i prikladnykh zadach [Technology for creating automated information systems for satellite data collecting, processing, storing and distributing for solving scientific and applied problems] // *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2004;1(1):81–88.

5. Nedolyzhko B.V. Integration of resources of the center of joint use for regional satellite monitoring of environment FEB RAS into the Service Support Environment of the European Space Agency. *Computational technologies*. 2010;15(4):116–130.

6. Nedoluzhko I.V., Babyak P.V., Tarasov G.V., Eremenko V.S. Infrastructure for receive, distributed processing and delivery of satellite data at Multiple Access Center of Regional Satellite Monitoring FEB RAS. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2012;9(3):324–331.

7. Nosenko Yu.I., Novikov M.V., Zaichko V.A., Romashkin V.V., Loshkarev P.A. Edinaya territorial'no-raspredeennaya informatsionnaya sistema DZZ- problemy, resheniya, perspektivy (chast' 2) [Unified geographically distributed information system of remote sensing- problems, solutions, prospects (part 2)]. *Geomatika*. 2010;4:31–37.

8. Smirnov A.O., Smishkal'n A.V., Romanova K.N., Ustinov M.M. Tekhnologicheskaya osnova formirovaniya i dovedeniya do potrebitelei produktov i uslug, osnovannykh na rezul'tatakh kosmicheskoi deyatel'nosti [Technological basis for the formation and communication to consumers of products and services based on the results of space activities]. In: *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa: materialy 18 Vseros. otkrytoi konf.* (Moscow, 16–20 November 2020). Moscow: IKI RAN; 2020. p. 442. DOI: 10.21046/18DZZconf-2020a.

9. Shokin Yu.I., Zhizhimov O.L., Pestunov I.A., Sinyavskii Yu.N., Smirnov V.V. Raspredeennaya informatsionno-analiticheskaya sistema dlya poiska, obrabotki i analiza prostranstvennykh dannykh [Distributed information and analytical system for search, processing and analysis of spatial data]. *Computational technologies*. 2007;12(S3):108–115.

10. Shokin Yu.I., Potapov V.P. GIS today: current state, perspectives, solutions. *Computational technologies*. 2015;20(5):175–213.

11. Kobler B., Berbert J. NASA Earth Observing System Data Information System (EOSDIS). In: *Digest of Papers Eleventh IEEE Symposium on Mass Storage Systems* (Monterey, 7–10 October 1991). 1991. pp. 18–19. Available at: <https://www.computer.org/csdl/proceedings/mass/1991/12OmNzLUKpJ> (accessed 05/12/2022). DOI: 10.1109/MASS.1991.160199.

12. Mitchell A., Ramapriyan H., Lowe D. Evolution of web services in EOSDIS- Search and order metadata registry (ECHO). In: *2009 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (Cape Town, 12–17 July 2009). 2009. Vol. 5. pp. 371–374. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5417653> (accessed 05/12/2022). DOI: 10.1109/IGARSS.2009.5417653.

Статья поступила в редакцию 25.10.2022, одобрена после рецензирования 12.11.2022, принята к публикации 15.12.2022.

The article was submitted 25.10.2022; approved after reviewing 12.11.2022; accepted for publication 15.12.2022.

Информация об авторах**Алексанин Анатолий Иванович**

Доктор технических наук
 Заведующий лабораторией Спутникового мониторинга
 Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН
 690041 Владивосток, ул. Радио, д. 5
 Профессор ДВФУ – Дальневосточный Федеральный университет
 690091 о. Русский, п. Аякс, Университетский проспект, д. 10
 e-mail: aleks@iacp.dvo.ru
 ORCID: 0000-0002-8915-7981

Дьяков Сергей Евгеньевич

Младший научный сотрудник
 Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН
 690041 Владивосток, ул. Радио, д. 5
 e-mail: sergdkv@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-8462-4173

Бабяк Павел Владимирович

Ведущий инженер-программист
 Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН
 690041 Владивосток, ул. Радио, д. 5
 e-mail: vanger.paul@yandex.ru

Алексанина Марина Георгиевна

Кандидат технических наук
 Старший научный сотрудник
 Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН
 690041 Владивосток, ул. Радио, д. 5
 Доцент ДВФУ – Дальневосточный Федеральный университет
 690091 о. Русский, п. Аякс, Университетский проспект, д. 10
 e-mail: margeo@mail.ru
 ORCID: 0000-0002-0274-3487

Information about authors**Anatoly I. Aleksanin**

Doctor of Technical Sciences
 Head of the Satellite Monitoring Laboratory
 Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch
 of the Russian Academy of Sciences
 5, Radio Str., Vladivostok, 690041, Russia
 Professor at Far Eastern Federal University
 10, Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690091 Russia
 e-mail: aleks@iacp.dvo.ru
 ORCID: : 0000-0002-8915-7981

Sergey E. Dyakov

Junior Researcher
 Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch
 of the Russian Academy of Sciences
 5, Radio Str., Vladivostok, 690041, Russia
 e-mail: sergdkv@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-8462-4173

Pavel V. Babyak

Lead Software Engineer
 Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch
 of the Russian Academy of Sciences
 5, Radio Str., Vladivostok, 690041, Russia
 e-mail: vanger.paul@yandex.ru

Marina G. Aleksanina

Candidate of Technical Sciences
 Senior Researcher
 Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch
 of the Russian Academy of Sciences
 5, Radio Str., Vladivostok, 690041, Russia
 Associate Professor of Far Eastern Federal University
 10, Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690091 Russia
 e-mail: margeo@mail.ru
 ORCID: 0000-0002-0274-3487