ЕТРИС ДЗЗ — современные решения в развитии отечественной наземной космической инфраструктуры дистанционного зондирования Земли из космоса

В. В. Ромашкин, П. А. Лошкарев, Д. И. Федоткин,
О. О. Тохиян, Т. А. Арефьева, В. А. Мусиенко

Научно-исследовательский институт точных приборов, Москва, 127490, Россия
E-mails: v.romashkin@inbox.ru, ploshkaryov@mail.ru, gisproj@mail.ru,
hovnan@gmail.ru, info-44@niitp.ru, roamus@rambler.ru

Представлены преимущества использования возможностей Единой территориально-распределённой информационной системы дистанционного зондирования Земли из космоса (далее — ЕТРИС ДЗЗ), которая является основой отечественной наземной космической инфраструктуры, при создании перспективных космических систем. Описаны топология ЕТРИС ДЗЗ и направления её модернизации и развития. Подробно изложены требования к технологиям обработки данных космической съёмки и качеству выходных информационных продуктов, проблемы современных комплексов обработки, сформулированы направления создания технологии обработки данных на средствах ЕТРИС ДЗЗ. Предложен метод распределённой обработки информации, описаны его преимущества перед существующими методами и средствами, а также эффективность его практического применения. Приведено описание сервисов ЕТРИС ДЗЗ с целью получения оперативного доступа к космическим данным и продуктам обработки на их основе. Сформулированы основные направления развития технологий и сервисов ЕТРИС ДЗЗ на ближайшую перспективу. Предложено создание и использование в рамках системы унифицированного комплекса обработки информации с космических аппаратов оптико-электронного и радиолокационного назначения, функционирующего на едином комплекте аппаратных средств. Описана возможность использования высокотехнологичных информационных ресурсов ЕТРИС ДЗЗ для создания собственных коммерческих проектов и приложений геоинформационных систем с доступом по адресу: <https://gptl.ru>.

Ключевые слова: геоинформационные системы, автоматическая потоковая обработка, облачные технологии, обработка данных ДЗЗ, геопортал

Одобрена к печати: 11.06.2019
DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-220-227

Введение

Дистанционное зондирование является очень важным и незаменимым в исследованиях поверхности Земли, её атмосферы, недр и Мирового океана в интересах различных отраслей хозяйственной деятельности человека, а также выполнения специальных задач. Современные достижения космической техники и съёмочной аппаратуры предоставили возможность проводить ретроспективный анализ при изучении обширных территорий земной поверхности. Применение дистанционного зондирования сегодня основано на использовании современных методов аэрокосмической съёмки, а также на имеющихся технических и технологических преимуществах наземной космической инфраструктуры, основой которой является Единая территориально-распределённая информационная система дистанционного зондирования Земли (далее — ЕТРИС ДЗЗ) (Концепция создания..., 2006).

Система ЕТРИС ДЗЗ позволяет изменить парадигму создания перспективных космических систем путём отказа от разработки наземных комплексов приёма, обработки и распространения (НКПОР) отдельно для каждой системы.

Преимуществами ЕТРИС ДЗЗ являются комплексный и системный подход при её формировании в соответствии со следующими основными принципами (Лошкарев, 2011; Лошкарев, Мусиенко, 2012):

- максимальная унификация применяемых технических средств и общего программного обеспечения (ПО);

- комплексное планирование целевого применения отечественной орбитальной группировки КА ДЗЗ;
- использование универсальных комплексов приёма информации;
- полная автоматизация технологических процессов, участвующих в обработке информации;
- переход на высокопроизводительную распределённую потоковую обработку принятых данных;
- использование единого каталога данных ДЗЗ и продуктов на их основе;
- применение кластерных технологий облачной вычислительной среды в инфраструктуре центров обработки данных (ЦОД);
- хранение не только результатов обработки, но и «сырых» данных для потребителей, заинтересованных в самостоятельной обработке материалов ДЗЗ;
- выдача требуемых потребителю продуктов в онлайн-режиме.

Топология Единой территориально-распределённой информационной системы дистанционного зондирования Земли из космоса

В 2019 г. фактически завершается создание основной топологии ЕТРИС ДЗЗ. Территориально-распределённая сеть центров состоит из двенадцати объектов, каждый из которых в той или иной мере использует технологии планирования, приёма, обработки, хранения и распространения информации ДЗЗ (Концепция развития..., 2006; Федеральная..., 2018).

Организационно, в части планирования целевого применения орбитальной группировки космических аппаратов (ОГ КА) ДЗЗ, сеть центров ЕТРИС ДЗЗ построена по схеме «звезда», в центре которой находится Оператор космических средств (КС) ДЗЗ — Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) АО «Российские космические системы» (Единая..., 2011).

Базовыми объектами ЕТРИС ДЗЗ являются Сибирский и Восточный региональные центры ДЗЗ Госкорпорации «Роскосмос», расположенные на базе АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва и космодрома «Восточный» соответственно.

Арктическую зону Российской Федерации представляют совместные («Роскосмос» и МЧС России) региональные центры ЕТРИС ДЗЗ, расположенные на базе объектов МЧС России в городах Мурманск, Дудинка и Анадырь. В 2019 г. введён в строй новый пункт приёма и ретрансляции, размещённый на станции «Прогресс» в Антарктиде.

В состав ЕТРИС ДЗЗ также входят три базовых центра Росгидромета, расположенные на базе филиалов НИЦ «Планета» в европейской (Москва, Обнинск, Долгопрудный), сибирской (Новосибирск) и дальневосточной (Хабаровск) зонах России, основной задачей которых является эксплуатация и развитие национальных космических систем гидрометеорологического, океанографического, гелиогеофизического мониторинга и мониторинга окружающей среды, а также приём и обработка данных с зарубежных спутников. НИЦ «Планета» также взаимодействует с зарубежными национальными гидрометеорологическими службами и космическими агентствами более 30 стран: США, ЕС, Японии, Индии, Китая, Кореи и др.

Наличие такой топологии построения ЕТРИС ДЗЗ позволяет добиться максимального целевого применения с точки зрения баллистического обеспечения существующих и, самое главное, перспективных космических аппаратов дистанционного зондирования Земли в составе растущей объединённой отечественной группировки (Ломов, 2012).

Наглядно топология центров ЕТРИС ДЗЗ представлена на *рисунке* (см. с. 222).

Дальнейшее развитие топологии ЕТРИС ДЗЗ направлено на оснащение Западного, Сибирского и Восточного региональных центров Госкорпорации «Роскосмос» информационными технологиями и вычислительными ресурсами на уровне функционирования высокотехнологичных и высокопроизводительных ЦОД, обеспечивающих региональных потребителей актуальной информацией о поверхности Земли из космоса (Носенко и др., 2011).

Топология центров ЕТРИС ДЗЗ

Технология обработки данных в ЕТРИС ДЗЗ

Аналитические прогнозы однозначно показывают, что в ближайшие и последующие годы объёмы информации дистанционного зондирования Земли будут неуклонно и значительно возрастать: увеличивается число различных космических аппаратов ДЗЗ на орбите, малые КА проектируются для эксплуатации сериями до нескольких десятков аппаратов, совершенствуется съёмочная аппаратура, увеличивается пропускная способность радиолиний.

Одновременно с этим расширяется круг потребителей информации ДЗЗ: спутниковые снимки и результаты их обработки находят применение в новых отраслях экономики, увеличивается объём решаемых с помощью данных ДЗЗ прикладных задач.

В совокупности эти два фактора из года в год диктуют всё более высокие требования к технологиям обработки данных космической съёмки и качеству выходных информационных продуктов. Основные из этих требований:

- высокая степень автоматизации обработки;
- высокая производительность (скорость) обработки;
- масштабируемость средств обработки под увеличивающиеся объёмы;
- лёгкая портируемость (переносимость) средств обработки;
- высокое качество выходной продукции;
- широкий спектр видов выходной продукции;
- стандартизация процессов обработки и выходной продукции;
- высокая оперативность доставки информации потребителю.

Для удовлетворения этих требований наземным комплексам обработки российских данных ДЗЗ потребуется существенная модернизация, их ориентирование под современные нужды потребителей, использование постоянно совершенствующихся технологий обработки информации (в том числе технологий «больших данных»).

Современные потребители данных ДЗЗ предпочитают иметь оперативный доступ к данным космической съёмки посредством высокоскоростных интернет-каналов связи в режиме,

близком к реальному времени. При этом потребителю не столь важно, на какую антенную систему, в каком приёмном пункте и в каком городе принимались и как обрабатывались данные космической съёмки.

Потребителю зачастую удобно видеть отснятую со спутника информацию в едином гео-портале, картографическом сервисе или отраслевой геоинформационной системе, иметь возможность выбрать снимок (на заданную территорию, с заданного типа КА, заданного пространственного разрешения и т. д.), уровень обработки и формат представления данных и тут же оперативно получить (загрузить) его непосредственно по интернет-каналу.

Другая тенденция — получение потребителем не самих продуктов ДЗЗ, а оперативных сервисов на базе информации ДЗЗ (получение потребителем услуги, например, в виде уже тематически обработанной информации в геопортале или тематического слоя в его собственной отраслевой геоинформационной системе).

Исторически наземные комплексы обработки представляли собой набор различных аппаратно-программных комплексов (АПК), последовательно реализующих тот или иной этап интерактивной (с участием оператора) обработки на автоматизированных рабочих местах (АРМ) оператора: первичной обработки, стандартной обработки, каталогизации данных, анализа качества данных, высокоуровневой тематической обработки и т. д. С повышением уровня автоматизации отдельных технологических этапов (переход к серверной обработке) составной характер средств обработки тем не менее оставался прежним — набор АПК.

Каждый из АПК, как правило, реализован на своём собственном наборе аппаратных средств (часто имеющих свою конфигурацию под каждый этап обработки), включает собственное общее программное обеспечение (ОПО), специальное программное обеспечение (СПО), и создавались они, как правило, различными группами разработчиков. Всё это достаточно непросто в сопряжении и эксплуатации. В свою очередь, в таком составном исполнении для каждого КА или космического комплекса (КК) традиционно создаются свои собственные наземные комплексы обработки информации (КОИ). Они также разрабатываются разными коллективами в рамках различных ОКР на КК, имеют зачастую отличные друг от друга архитектуры, базируются на различных платформах и технологиях.

Основные текущие проблемы таких комплексов:

- в обработке задействовано большое число аппаратно-программных комплексов;
- в обработке задействовано большое количество операторов;
- ограниченные площади под размещение вычислительных средств и операторов;
- недостаточная оперативность обработки информации;
- обработка данных преимущественно периферийная на АРМ;
- недостаточный уровень автоматизации;
- многократное перемещение данных между комплексами по локальной сети;
- использование дорогостоящего оборудования;
- часть оборудования загружена только на отдельных этапах обработки;
- многократно создаётся одинаковый функционал под различные КА;
- высокие затраты на создание, модернизацию и эксплуатацию.

Очевидно, что комплексы обработки нуждаются в существенной модернизации, в первую очередь — в повышении уровня автоматизации и оперативности обработки.

Одним из наиболее перспективных направлений развития технологий обработки больших объёмов данных космической съёмки является внедрение технологий распределённой обработки информации. Под распределённой обработкой понимается как территориально-распределённая обработка информации в пунктах приёма (с дальнейшим предоставлением потребителям доступа к этой информации посредством единых интерфейсов сопряжения, интернет/интранет-каналов связи и т. д.), так и распределение обработки информации на всём объёме вычислительных ресурсов в пределах конкретного пункта приёма.

Данные подходы могут быть реализованы созданием унифицированных программных комплексов распределённой обработки, хранения и распространения данных ДЗЗ, функционирующих на вычислительных кластерах (массивах вычислительных серверов) пунктов

приёма информации или в центрах обработки данных. Эти унифицированные комплексы должны позволять обрабатывать данные с различных КА ДЗЗ (как оптических, так и радиолокационных) на одном комплексе технических средств, совмещать все этапы обработки данных, обеспечивать оперативную обработку постоянно увеличивающегося потока входной информации и иметь возможность функционального расширения в сторону дальнейшей автоматизации тематической и аналитической обработки информации, предоставления сервисов потребителям и т. д.

Масштабируемость подобного комплекса распределённой потоковой обработки информации под различные объёмы данных только лишь за счёт состава используемых технических средств позволила бы эксплуатировать его как в стационарном исполнении на вычислительном кластере, включающем десятки унифицированных (однотипных) вычислительных серверов, так и в мобильном исполнении, вплоть до персональных компьютеров.

Обработка и хранение данных в отдельных АПК приводит к значительным затратам времени на передачу информации (более 50 % времени от полного цикла обработки). Существующее разделение на оперативный контур и архив не позволяют получать в автоматическом режиме производные продукты, например серию снимков (ретроспективный композит) для аналитической обработки.

Так, для формирования высокоточных выходных продуктов в процессе обработки используются опорные покрытия и рельеф (объёмы этой информации такого же порядка, что и сами обрабатываемые данные). Копирование этих данных негативно сказывается на оперативности обработки. Другой пример: для целого ряда стандартных выходных продуктов необходимо извлекать на средства обработки дополнительные данные из архива (в частности, при формировании мозаик снимков, построении цифровых моделей местности, мультитременного композита и т. д.). Копирование такой информации в случае отдельных комплексов хранения также приводит к значительным потерям времени.

Эти примеры показывают, что при традиционной архитектуре обработки информации данные доставляются к месту размещения ПО обработки.

При модернизации имеющихся комплексов обработки необходимо предусмотреть оптимизацию процессов обработки и хранения информации (как целевой, так и опорной) на едином комплексе аппаратных средств с целью сокращения времени формирования выходных информационных продуктов. При этом ставится задача отойти от традиционной модели жёсткой связки «функция — ПО — сервер» и реализовать другой подход: концепцию установки любого ПО обработки на любом доступном сервере комплекса (ПО доставляется к месту размещения данных, а не данные доставляются к комплексу обработки). Это возможно при организации процессов обработки и хранения информации (как целевой, так и опорной) на единых технических средствах, что позволит обеспечить:

- значительное сокращение общего времени генерации выходных продуктов за счёт хранения данных на тех же аппаратных средствах (серверах), на которых они и обрабатываются;
- лёгкую доступность всех данных, необходимых для генерации информационных продуктов, телеметрической, навигационной и опорной информации;
- видимость данных и их доступность для средств обработки за счёт отсутствия деления данных на архивные и оперативные.

Создание перспективных комплексов обработки позволит решить все основные текущие проблемы наземной обработки, хранения и распространения информации ДЗЗ: значительно увеличить оперативность, на порядок сократить время обработки информации за счёт более рационального использования доступных вычислительных средств; заметно улучшить качество обработки информации унификацией технологических процессов и стандартизацией выходной продукции; повысить уровень автоматизации процессов, значительно уменьшив количество операторов, задействованных в обработке; сократить затраты на создание наземных средств обработки под новые КА и существенно снизить эксплуатационные расходы.

Использование сервисов ЕТРИС ДЗЗ

На сайте геопортала «Роскосмоса» (<https://gptl.ru/>) пользователи могут получить доступ к следующим данным:

- космическим снимкам земной поверхности в составе растровых покрытий;
- архивным космическим снимкам земной поверхности в стандартных форматах;
- перечню геоданных, размещённых в едином каталоге центрального хранилища;
- векторным слоям формализованных данных;
- тематическим данным о пожарах и метеоданным.

При осуществлении поиска требуемых данных потребители имеют возможность воспользоваться следующими сервисами:

- поиск и просмотр космических снимков, помещённых в растровое покрытие;
- поиск, просмотр характеристик и заказ архивных космических снимков с использованием информации единого каталога;
- заказ космической съёмки через сервис «Личный кабинет»;
- просмотр тематической информации:
 - данных о пожарах на территорию РФ;
 - метеоданных на территорию РФ.

Кроме того, для зарегистрированного потребителя существует возможность получения программного доступа к геопорталу «Роскосмоса», который позволяет использовать данные Центрального банка геоинформационных данных в геопорталах других информационных систем. В настоящий момент возможен программный доступ к растровым покрытиям через веб-сервис, соответствующий стандарту OpenGIS® Web Map Service Interface Standard (WMS) версии 1.1.1., а также к единому каталогу через специальный веб-сервис по протоколу HTTPS.

Направления развития технологий и сервисов ЕТРИС ДЗЗ

Основой технологического прорыва в отечественной отрасли ДЗЗ является разработка в рамках проекта ЕТРИС ДЗЗ унифицированного (единого) многофункционального комплекса потоковой обработки информации с КА оптико-электронного и радиолокационного назначения (ОЭН и РЛН), внедрение которого позволит обеспечить следующие инновации:

- обработку данных с различных КА единым комплексом с едиными интерфейсами оператора;
- унификацию технологической цепочки обработки и оперативного хранения информации, которая позволит обеспечить стандартизацию уровней обработки, видов продукции, обменных форматов и метаданных всей целевой информации;
- расширение перечня стандартной выходной продукции за счёт объединения информации с разных КА уже на стадии генерации стандартных продуктов;
- вторичное (многократное) использование компонентов комплекса для обработки информации от космических систем (комплексов), создаваемых в рамках «Цифровой Земли» и других инновационных проектов (например, проект сверхмалых КА «Сфера»).

Унифицированный комплекс обработки информации с КА ОЭН и РЛН, функционирующий на едином комплексе аппаратных средств и включающий в свой состав единые программные средства управления обработкой информации, позволит обеспечить снижение расходов на эксплуатацию, а также максимально эффективное использование всех доступных вычислительных ресурсов за счёт перераспределения нагрузки на незагруженные аппаратные средства в процессе обработки информации.

Основным направлением развития сервисов доступа к данным ЕТРИС ДЗЗ является разработка в ближайшее время мобильных приложений, функционирующих на базе операционных систем IOS и ANDROID, которые позволят осуществлять оперативный доступ потребителей к информационным ресурсам ЕТРИС ДЗЗ для создания собственных коммерческих проектов и приложений ГИС.

Литература

1. Единая территориально-распределенная информационная система дистанционного зондирования Земли. Пояснительная записка. Кн. 3, 4. Эскизный проект. НИИ ТП, 2011.
2. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1157-р от 21.08.2006. URL: <http://www.szrf.ru/szrf/doc.phtml?nb=100&issid=1002006035000&docid=35>.
3. Концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года. Федеральное космическое агентство. 2006. 72 с.
4. Ломов А. Ю. Перспективы развития рынка космических систем ДЗЗ // Земля из космоса — наиболее эффективные решения. 2012. № 13. С. 24–26.
5. Лошкарев П. А. Основные принципы создания единой территориально-распределенной информационной системы дистанционного зондирования Земли из космоса // Научно-техн. сб. М.: НИИ ТП, 2011. С. 17–29.
6. Лошкарев П. А., Мусиенко В. А. Единая территориально-распределенная информационная система дистанционного зондирования Земли — ключевые направления развития // Научно-техн. сб. М.: НИИ ТП, 2012. С. 14–23.
7. Носенко Ю. И., Лошкарев П. А., Тохиян О. О., Кошкин К. В. Обеспечение потребителей данными ДЗЗ и развитие инфраструктуры пространственных данных // Аэрокосм. курьер. 2011. № 6(78). С. 20–24.
8. Федеральная космическая программа России на 2016–2025 годы. Федеральный закон от 29.11.2018 № 459-ФЗ.

UGDIS ERS — modern solutions in the development of domestic terrestrial space infrastructure of Earth remote sensing from space

V. V. Romashkin, P. A. Loshkarev, D. I. Fedotkin,
O. O. Tohiyan, T. A. Arefyeva, V. A. Musienko

Research Institute of Precision Instruments, Moscow 127490, Russia
E-mails: v.romashkin@inbox.ru, ploshkaryov@mail.ru, gisproj@mail.ru,
hovnan@gmail.ru, info-44@niitp.ru, roamus@rambler.ru

The advantages of using the capabilities of the Unified Geographically Distributed Information System of Earth Remote Sensing from space (UGDIS ERS), which is the basis of the domestic terrestrial space infrastructure, in the creation of advanced space systems are presented. The topology of UGDIS ERS and directions of its modernization and development are described. The requirements for processing space imagery data and the quality of output information products, the problems of modern complexes of processing, the ways of creating the technology of data processing in UGDIS ERS are discussed. The method of distributed information processing is proposed; its advantages over existing methods and means, as well as the effectiveness of its practical application are described. The description of the services of UGDIS ERS in order to obtain operational access to space data and processing products based on them is given. The main directions of development of technologies and services of UGDIS ERS in the near future are formulated. Within the framework of UGDIS ERS, it is proposed to create and use a unified information processing complex with spacecrafts of optical-electronic and radar purpose, functioning on a single set of hardware. The possibility for users to create their own commercial projects and GIS applications using high-tech information resources of UGDIS ERS (<https://gptl.ru>) is described.

Keywords: geoinformation systems, automatic distributed data processing, cloud processing, remote sensing data processing, geoportal

Accepted: 11.06.2019

DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-220-227

References

1. *Edinaya territorial'no-raspredelennaya informatsionnaya sistema distantionnogo zondirovaniya Zemli (ETRIS DZZ), Eskiznyi projekt, Knigi 3, 4* (Unified geographically distributed information system of Earth remote sensing (UGDIS ERS), Preliminary design, Vol. 3, 4), Research Institute of Precision Instrument, 2011.
2. *Government of Russian Federation: Order No. 1157-r*, Date 21.08.2006, available at: <http://www.szrf.ru/szrf/doc.phtml?nb=100&issid=1002006035000&docid=35>.
3. *Kontseptsiya razvitiya rossiiskoi kosmicheskoi sistemy distantionnogo zondirovaniya Zemli na period do 2025 goda* (The concept of the development of the Russian space system of remote sensing of the Earth for the period up to 2025), Roscosmos, 2006, 72 p.
4. Lomov A. Yu., *Perspektivy razvitiya rynka kosmicheskikh sistem DZZ* (Prospects of development of the market of space remote sensing systems), *Earth from space — the most effective solutions*, 2012, No. 13, pp. 24–26.
5. Loshkarev P. A., *Osnovnye printsipy sozdaniya edinoi territorial'no-raspredelennoi informatsionnoi sistemy distantionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* (Basic principles of creating a unified geographically distributed information system of Earth remote sensing from space), *Nauchno-tekhnicheskii sbornik*, Moscow: NII TP, 2011, pp. 17–29.
6. Loshkarev P. A., Musienko V. A., *Edinaya territorial'no-raspredelennaya informatsionnaya sistema distantionnogo zondirovaniya Zemli — klyuchevye napravleniya razvitiya* (Unified geographically distributed information system of Earth remote sensing — key areas of development), *Nauchno-tekhnicheskii sbornik*, Moscow: NII TP, 2012, pp. 14–23.
7. Nosenko Yu. I., Loshkarev P. A., Tohiyan O. O., Koshkin K. V., *Obespechenie potrebitelei dannymi DZZ i razvitie infrastruktury prostranstvennykh dannykh* (Provide consumers with remote sensing data and development of spatial data infrastructure), *Aerokosmicheskii kur'er*, 2011, No. 6(78), pp. 20–24.
8. *Federal'naya kosmicheskaya programma Rossii na 2016–2025 gody* (Federal Space Program of Russia for 2016–2025), *Federal Law No. 459-FZ*, Date 29.11.2018.