

УДК 588.85

*В.М. Брыксин, А.В. Евтюшкин, А.В. Филатов***Технология создания комплексного банка космических снимков Земли***V.M. Bryksin, A.V. Yevtyushkin, A.V. Filatov***Technology of Creating Complex Bank of Earth Space Images**

Рассмотрены особенности создания банка данных дистанционного зондирования Земли с различных сенсоров космического базирования.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, космические снимки, каталог, база данных, радарная интерферометрия.

The article considers features of creating data base of the Earth remote sensing from various sensors controlling space basing.

**Key words:** remote sensing, space images, catalogue, data base, radar interferometry.

**Введение.** Совершенствование технологий дистанционного зондирования Земли, лавинообразное возрастание объема получаемых данных вызвали бурное развитие поисковых систем [1, 2]. Как правило, каталоги метаданных и квиклуков (QL) имеют операторы всех спутниковых систем, запущенных за последние годы. Имеются средства каталогизации в дорогостоящих коммерческих пакетах Erdas Imagine, Arc Gis. Однако конечным пользователям, выполняющим тематическую интерпретацию спутниковых данных в ГИС приложениях в рамках корпоративной сети, необходимо также обеспечить оперативный доступ к исходным данным. В связи с этим в ЮНИИ ИТ ведется разработка и модернизация программного обеспечения для оперативного поиска космоснимков с возможностью доступа к исходным данным [3–4].

**Предварительная обработка данных дистанционного зондирования Земли.** В настоящее время в архиве ЮНИИ ИТ имеются космоснимки за 1973–2010 гг. со спутников Landsat 4-5/TM, Landsat 1-5/MSS, Landsat-7/ETM, SPOT-2/4/5, CBERS-2, Ресурс-Ф2М/МК-4, Ресурс-О/МСУ-Э/МСУ-СК, Метеор-3М/МСУ-Э/МСУ-СМ, Ресурс-ДК, Монитор-Э, IRS/LISS3/PAN, TERRA/ASTER, TERRA и AQUA/MODIS, NOAA/AVHRR, ENVISAT/ASAR/MERIS, ERS-1,2/SAR, JERS-1/SAR, SIR-C, ALOS, Radarsat-1, TerraSar-X, Q-Bird, GeoEye-1, Ikonos, WV-1. Также имеются цифровые модели местности с полным покрытием Земли GTOPO30, SRTM3, SRTM1 и растровые топокарты различных масштабов с геопривязкой.

В центре дистанционного зондирования Земли ЮНИИ ИТ с 2002 г. оперативный прием космоснимков осуществляется круглосуточно на антенные комплексы ТНА-9, ОПТЭКС и СКАНЭКС-М. Объем принимаемой в сутки информации со спутников TERRA, AQUA, NOAA, ERS-2 и МОНИ-

ТОР-Э составляет от 3 до 20 Гб. Первичная обработка данных выполняется на суперкомпьютере SUN FIRE 15K, архивация ведется на стримерных лентах DLT и DAT (ленточная библиотека), DVD и CD дисках. Пополнение архива радарных данных ALOS/ PALSAR проводится при поддержке научных грантов Японского агентства аэрокосмических исследований 07/JAXA/ASP №0704001 и 09/JAXA/AEO №0223001.

Наличие большого числа разнородных геоданных потребовало разработки специализированной поисковой системы, обладающей возможностью доступа к исходным кадрам для большого числа пользователей в локальной сети [4–6]. Использовались следующие технологии подготовки и импорта в поисковую систему координат углов кадров и квиклуков (QL):

- извлечение метаданных из построенных Geotif файлов в пакетном режиме обработки в Erdas Imagine и ENVI: ASTER\_L1a, Landsat, ENVISAT, ERS-2/PRI, RadarSat-1, JERS-1, SPOT-2/4/5, Ресурс-Ф2, SRTM;
- обработка метафайлов: ALOS, ERS-2 DLT, SIR-C/X-SAR, Ресурс О1-3, Aster\_TL, TerraSAR-X, WV-1, GeoEye-1, Ikonos;
- построение метафайлов по именам файлов исходных данных: Digital Maps;
- импорт метаданных и QL из СУБД NormSat-Reg приемного комплекса ТНА-9 для Метеор-3М;
- импорт метаданных из СУБД IDEAS/PostgreSQL для ERS-2 DLT.

Общая емкость RAID накопителей 5-го уровня EonStor ES A080-C2412, обеспечивающих пользователям поисковой системы для локальной сети online доступ к спутниковым данным в исходных форматах, составляет 18 Тб.

Структура основного архива космоснимков представлена в таблице.

Объем архива космоснимков

Спутник	Съемочная аппаратура	Кол-во кадров
МЕТЕОР-3М	МСУ-Э, СМ	32273
РЕСУРС-О	МСУ-Э, СК	4965
РЕСУРС-Ф1М	МК-4	80
Ресурс-ДК	MS, PAN	31
TERRA	ASTER	69379
LANDSAT 1-7	MSS, TM, ETM	22015
LANDSAT 7	ETM (MrSID формат)	881
LANDSAT 5	TM (MrSID формат)	606
ERS-2 (DLT формат)	SAR	70550
ERS-2 (PRI формат)	SAR	40539
ERS-1, 2 (tandem)	SAR	11
TerraSAR-X	SAR	7
ENVISAT	ASAR	78
SIR-C (STS)	SAR	149
SPOT-2, 4, 5	HRG, HRV, HRVIR, PAN	190
CBERS-2	MS	46
ALOS	PALSAR	112
ALOS	AVNIR-2, PRISM	64
TERRA, AQUA	MODIS	10112
NOAA	AVHRR	10934

**Создание архива радарных кадров ERS-2.** В Центре дистанционного зондирования Земли ЮНИИ ИТ с 2005 г. ведется создание архива радарных космоснимков ERS-2 на зону радиовидимости приемной антенны ТНА-9. Демодулятор ERS-2 предоставлен Европейским космическим агентством (ESA) для выполнения грантов Category-1 ID 3110, 3158, 3159, 3161, 3162, 3166, 5762 в течение 2005–2012 гг. Регистрация данных ERS-2/SAR выполняется на сервере SGI Challenge, включающем в себя ЦПУ на базе четырех процессоров с тактовой частотой 250 МГц.

Разработана оригинальная технология пакетного построения кадров в формате PRI радарных изображений ERS-2, хранящихся на DLT в исходном формате. Создана сервисная программа для управления нажатием виртуальной мыши при построении кадров в формате PRI в лицензионном программном обеспечении Production Monitor разработки фирмы ACS (Италия) с дополнительной клиентской машины SGI O<sub>2</sub>, работающей в X-терминале операционной системы IRIX. Установлено, что по окончании работы модуля быстрого преобразования Фурье (БПФ) свертки с перекрытием при синтезе апертуры возможен запуск следующей программы Production Monitor. Время построения кадра в формате PRI составляет 50–60 минут и зависит от времени чтения DLT. Окончание работы модуля БПФ (прямого и обратного) составляет 33–35 минут от момента запуска. При одновременной работе двух модулей Production Monitor с последовательной задержкой запуска в 15 минут исключается простой дорогостоящего оборудования и возможно восстановление до 42 кадров в сутки.

Производительность повышена в три раза по сравнению с интерактивным режимом, что позволяет оперативно подготавливать кадры ERS-2 для целей мониторинга чрезвычайных ситуаций, таких как ледостав, прохождение паводка, лесные пожары.

**Интерферометрическая обработка данных ERS-2.** В ЮНИИ ИТ накоплен значительный архив (более 70 тыс. кадров) оперативно принимаемых радарных данных ERS-2/SAR, который работает на орбите с апреля 1995 г. В результате выхода из строя систем ориентации аппарата на орбите после аварии в 2001 г. получаемые снимки имеют большую ошибку в геопривязке (до 1200 м) и являются малоприспособными для интерферометрической обработки. Только для определенных пар кадров, у которых разница доплеровских центроидов не превышает половины частоты повторения зондирующих импульсов (1680Hz), возможно получить достаточно информативную интерферограмму [7].

Для обработки архива снимков ERS-2 в формате PRI разработан комплекс программ для отбора интерферометрических пар, пригодных для расчета смещений земной поверхности на основе разности доплеровских центроидов и длины базовой линии. Использование результатов, полученных при помощи данного комплекса, совместно с поисковой системой BaseImages позволяет выбрать из архива интерферометрические пары, пригодные для построения ЦМР и карт смещений.

Одна из целей обработки архива кадров ERS-2 – накопление достаточного объема данных для применения метода интерферометрии устойчивых отражателей PSI – Persistent Scatterers Interferometry.

Данный подход позволяет анализировать отдельные когерентные точки на интерферограммах, соответствующие объектам нефтедобычи [8], дающие высокие и устойчивый во времени уровень обратного отражения, и получать смещения с точностью до 1 мм.

В 2008 и 2010 гг. ESA проводились миссии по кросс-интерферометрической тандемной съемке Земли на основе ERS-2/SAR и ENVISAT/ASAR. При тандемной съемке спутники сканируют одну и ту же территорию земной поверхности с интервалом в 30 минут, что позволяет исключить временную декорреляцию и строить точные ЦМР либо отслеживать вертикальные подвижки [7]. Однако с учетом срока эксплуатации ERS-2/SAR прогнозируется низкий процент пригодных интерферометрических пар тандемной съемки. Доработка комплекса программ позволит применять его для обработки архива радарных данных тандемной миссии ERS-ENVISAT.

**Поисковая система для локальной сети.** Каталог поисковой системы для ИНТРАNET сети построен на базе СУБД MS SQL Server 2000. Серверная часть с защитой от записи пользователем находится на сервере приемного комплекса ТНА-9. Клиентские приложения работают на рабочих местах пользователей в локальной сети через так называемого толстого клиента. Индексная структура базы данных для спутников среднего и низкого разрешения [5] представлена на рисунках 1 и 2. Пример заполнения базы данных с различных сенсоров показан на рисунке 3.

Реализован поиск космоснимков по следующим критериям: точка, прямоугольник, область произвольной формы с заданием вершин, полилиния, SPH файл, название или дата витка или кадра, временной интервал (рис. 4). При запросе предоставляется возможность настройки цветовой палитры для одновременного отображения контуров кадров при поиске нескольких сенсоров. Результаты поиска отображаются в виде контуров кадров на фоне области поиска и QL с возможностью интерактивного выбора кадра. Для каждого кадра в результатах поиска (рис. 5) отображается QL, картосхема с контуром кадра, координаты углов, дата съемки.

В поисковой системе для локальной сети также предусмотрена подготовка KML файлов отображенных кадров для целей дальнейшего отображения

в сервисе Google Earth [9]. Пользователю предоставляется возможность передачи схемы отображенных кадров в Google Earth через файл формата KML. При этом, помимо схемы кадров, передаются ссылки на QL, хранящиеся на сервере базы.

На базе версии поисковой системы и базы данных космоснимков для локальной сети разработаны WEB интерфейсы, доступные по адресам dzz.uriit.ru, www.ucgd.ru, metageo.uriit.ru. Поисковая система для сети Internet построена на базе My SQL и сервера Apache. Картосхемы масштаба М 1:1000000 для каждого кадра построены программным способом на основе модуля, разработанного в среде Delphi.

В связи с возрастающей популярностью сервиса Google Maps в WEB интерфейс поисковой системы был внедрен интерактивный блок выбора области поиска и просмотра результатов, использующий технологию Google Maps API. При создании интерактивного интерфейса применялись технология AJAX, языки WEB программирования JavaScript и PHP.

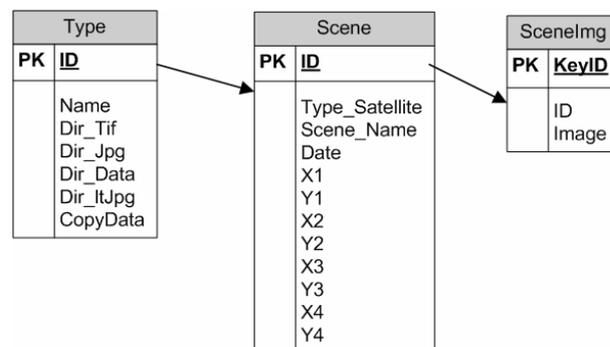


Рис. 1. Структура базы данных для космоснимков среднего и высокого разрешения

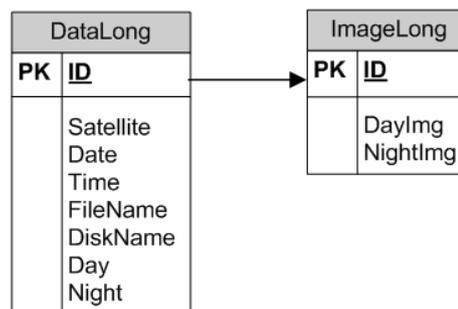


Рис. 2. Структура базы данных по космоснимкам низкого разрешения

ID	Name	Dir_TIF	Dir_JPG	Dir_Data	TypeJPG	StartDate	ErsDate	Cop
1	SPOT 4	\\Vppoiserv-pc\QL\SPO	\\Vppoiserv-pc\QL\SPO	\\Vppoiserv-pc\Archive	True	11 15 17	False	Tru
2	LandSat 7 ETM	\\Vppoiserv-pc\QL\Lanc	\\Vppoiserv-pc\QL\Lanc	\\Vppoiserv-pc\Archive	True	9 13 15	False	Tru
3	LandSat 4-5 TM	\\Vppoiserv-pc\QL\Lanc	\\Vppoiserv-pc\QL\Lanc	\\Vppoiserv-pc\Archive	True	9 13 15	False	Tru
4	LandSat 4-5 MSS	\\Vppoiserv-pc\QL\Lanc	\\Vppoiserv-pc\QL\Lanc	\\Vppoiserv-pc\Archive	True	9 13 15	False	Tru
5	LandSat 1-3 MSS	\\Vppoiserv-pc\QL\Lanc	\\Vppoiserv-pc\QL\Lanc	\\Vppoiserv-pc\Archive	True	9 13 15	False	Tru
6	Terra Aster USGS	\\Vppoiserv-pc\QL\Terr	\\Vppoiserv-pc\QL\Terr	\\Vppoiserv-pc\Archive	True	8 13 15	False	Tru
7	ERS-2 SAR PRI	\\Vppoiserv-pc\QL\ERS	\\Vppoiserv-pc\QL\ERS	\\Vppoiserv-pc\Archive	True		True	Tru

Рис. 3. Таблица Type

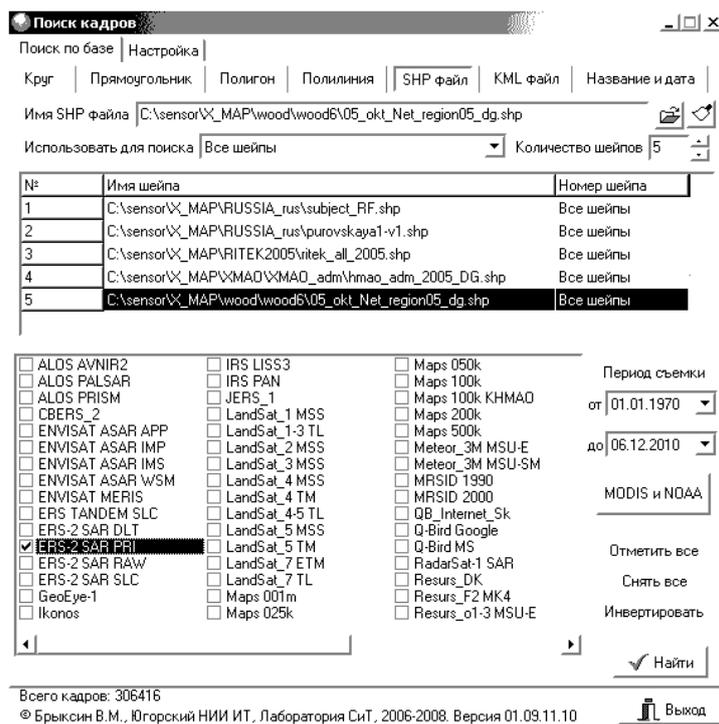


Рис. 4. Интерфейс поисковой системы для локальной сети

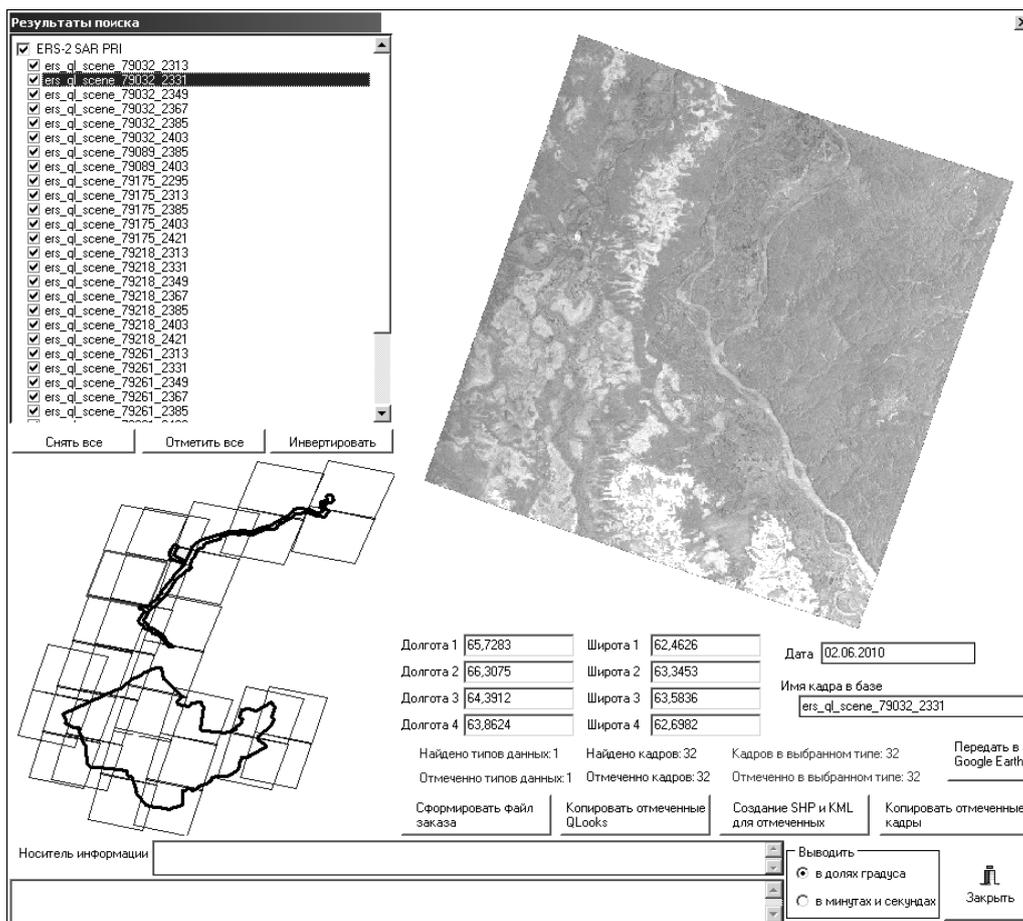


Рис. 5. Возможности доступа к исходным данным по результатам поиска кадров ERS-2

**Заключение.** Основные показатели созданного каталогизированного архива геоданных: объем исходных данных – 23 Тб, объем данных в оперативном доступе на RAID массивах – 14 Тб, объем QL – 180 Гб, число кадров – 318 тыс.

Поисковая система космоснимков [4] используется в ЮНИИ ИТ при выполнении проектов по планированию геофизических профилей, разработки методики картирования видового состава лесов, изучении дина-

мики термокарстовых озер, мониторинге факельных установок по сжиганию попутного нефтяного газа, разработки технологии мониторинга состояния посевных площадей, картировании просадок земной поверхности методом радарной интерферометрии, решении задач поиска залежей нефти на основе комплексирования результатов дешифрирования космоснимков, палео- и неотектонических исследований и ряда других комплексных задач.

### Библиографический список

1. Шокин Ю.И., Пестунов И.А., Смирнов В.В. и др. Распределенная информационная система сбора, хранения и обработки спутниковых данных для мониторинга территорий Сибири и Дальнего Востока // Журнал Сибирского федерального университета. Сер.: Техника и технологии. – 2008. – Т. 1, №4.
2. Мальцев Е.А., Маглинец Ю.А. Инфраструктура центра приема спутниковой информации Сибирского федерального университета // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2010. – Т. 7, №2.
3. Брыксин В.М., Евтюшкин А.В., Еремеев А.В., Кочергин Г.А. Поисковая система космоснимков для локальной сети с доступом к исходным данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2009. – Т. 6, №2.
4. Брыксин В.М. Система интерактивного поиска и копирования космоснимков в локальной сети Intranet (Base Images): свидетельство о гос. регистрации программы на ЭВМ №2009611711 от 31.03.2009.
5. Брыксин В.М. База географически распределенных данных дистанционного зондирования Земли: свидетельство о гос. регистрации базы данных №2009620133 от 31.03.2009.
6. Брыксин В.М. База радиолокационных кадров ERS-2 в формате PRI (ERSPRIData): свидетельство о гос. регистрации базы данных №2010620129 от 19.02.2010.
7. Евтюшкин А.В., Филатов А.В., Васильев Ю.В., Мартынов О.С., Радченко А.В. Использование данных PALSAR при выполнении геодинамического мониторинга нефтегазовых месторождений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2010. – Т. 7, №2.
8. Евтюшкин А.В., Филатов А.В. Технология построения цифровых моделей рельефа и оценки смещений методом радарной интерферометрии // Вестник Новосибир. гос. ун-та. Сер.: Информационные технологии. – 2009. – Т. 7, вып. 1.
9. Брыксин В.М., Евтюшкин А.В., Кочергин Г.А. Каталог данных дистанционного зондирования // ГЕО-Сибирь-2010: сб. мат. VI Междунар. науч. конгресса. – Новосибирск, 2010.