

Данные дистанционного зондирования

Различают несколько уровней обработки данных ДЗЗ, обозначение и перечень которых у различных компаний-операторов систем ДЗЗ могут отличаться

При всем многообразии спутниковых систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), режимов работы съемочной аппаратуры и форматов представления данных в процессе их обработки прослеживаются характерные особенности и технологические решения, присущие большинству мировых систем сбора и обработки данных ДЗЗ.

Как правило, обработку данных ДЗЗ разделяют на предварительную и тематическую. Под первой обычно понимают набор действий (процессов), преобразующих исходную информацию, полученную наземной станцией приема, в некоторые продукты ДЗЗ стандартных уровней обработки, пригодные для архивации и дальнейшего использования. Предварительная обработка включает в себя радиометрическую калибровку, географическую привязку и геометрическую коррекцию изображений. Под тематической понимают обработку с целью интерпретации данных ДЗЗ в рамках конкретной задачи с получением тематических информационных продуктов.

В наземном приемном комплексе задачи предварительной обработки данных ДЗЗ — распаковка принятого потока данных, извлечение изображений и сопутствующей служебной информации, обработка и представление информации в форматах хранения.

Различают несколько уровней обработки данных ДЗЗ, обозначение и перечень которых у различных компаний-операторов систем ДЗЗ могут отличаться

Стандартизация оборудования станций приема данных ДЗЗ

В.Е. Гершензон, А.А. Кучейко

33

Технологии предварительной обработки данных ДЗЗ: опыт ИТЦ «СканЭкс» в создании программного обеспечения и организации обработки данных в составе приемных комплексов

Д.И. Федоткин

40

Стандартизация оборудования станций приема данных ДЗЗ

Существующие международные стандарты носят рекомендательный характер, но стремление присутствовать на международном рынке космической информации делает их де-факто законодательными нормами для гражданских и коммерческих программ ДЗЗ



В.Е. Гершензон (ИТЦ «СканЭкс»)
В 1980 г. окончил МФТИ, в 1984 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности «радиофизика», работал в институтах Академии наук, с 1989 г. — генеральный директор ИТЦ «СканЭкс». Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники (2002). Область интересов — технологии ДЗЗ из космоса.



А.А. Кучейко (ИТЦ «СканЭкс»)
В 1982 г. окончил ВИКИ им. А.Ф. Можайского по специальности «радиоэлектроника», кандидат технических наук. Эксперт ИТЦ «СканЭкс». Область интересов — космические системы ДЗЗ.

Международная стандартизация параметров и систем спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) стала объективной реальностью в связи с развитием мирового рынка космической информации и появлением большого

числа программ ДЗЗ в различных странах.

Стандартизации подверглись частотные характеристики и структурные параметры радиолиний, что обеспечивало возможность использования одной и той же наземной станции для приема и обработки информации со спутников различных программ ДЗЗ. Несмотря на то, что существующие международные стандарты носят рекомендательный характер, стремление присутствовать на международном рынке космической информации делает их де-факто законодательными нормами для гражданских и коммерческих программ ДЗЗ.

Радиолинии передачи данных

Понятие линий передачи данных связано с коммуникационной архитектурой. Исходя из функционального предназначения космических аппаратов (КА), различают следующие типы коммуникаций в космических системах:

- передача команд, телеметрии и траекторные измерения (КТТИ);
- сбор данных (специальной информации или изображений от съемочной аппаратуры);
- передача данных через КА-ретрансляторы (в качестве данных могут выступать КТТИ и специальная информация съемочной аппаратуры).

В зависимости от схемы распределения данных выделяют два основных типа конфигурации: от точки к точке и циркулярное оповещение (от одного всем).

Диапазоны частот для передачи данных на Землю

По мере развития радиотехники и увеличения объема передаваемой с космических аппаратов информации осваивались все более высокочастотные диапазоны электромагнитного спектра. В настоящее время для передачи информации по радиолиниям с борта КА ДЗЗ и метеосъемки используются следующие диапазоны радиочастот:

- ОВЧ (135–150 МГц) и УВЧ (400–470 МГц);
- L (1670–1990 МГц);
- S (2000–2300 МГц);
- X (7450–8400 МГц);
- Ku (13,75–15,35 ГГц, используется в межспутниковой связи);
- Ka (25,5–27,0 ГГц).

Основные диапазоны частот, применяемые в радиолиниях «Борт — Земля» спутников ДЗЗ и метеосъемки, приведены в табл. 1. Стоит заметить, что некоторые государства используют частоты, отличные от указанных. Так, китайские КА ДЗЗ применяют для передачи данных КТТИ частоту 180 МГц, а для метеоданных — 480 МГц.

Диапазон частот ОВЧ/УВЧ применялся в системах ДЗЗ в 1960-х годах, в настоящее время используется ограниченно для автоматической низкоскоростной передачи обзорных метеоизображений (формат АРТ), данных от автоматических датчиков сбора информации и сигналов бедствия, двусторонней связи с микро- и миниспутниками ДЗЗ, а также для передачи данных КТТИ в командно-измеритель-



Таблица 1. Основные диапазоны частот, применяемые в радиолиниях КА ДЗЗ и метеосъемки

Диапазон частот, МГц	Радиослужба	Применение
Диапазон ОВЧ		
137–138	Метеорологические КА Космические операции	Автоматическая передача изображений с метеоспутников, находящихся на полярных орбитах, в формате АРТ (например, КА NOAA, США). Передача сигналов телеметрии и траекторных измерений
Диапазон УВЧ		
400,15–406	Метеорологические спутники и зонды Космические операции	Передача данных и изображений с метеоспутников
460–470	Метеорологические КА Космические операции	Передача данных от автоматических платформ с геостационарных метеоспутников GOES (США)
L-диапазон		
1670–1710	Метеорологические КА и зонды	Передача метеоданных от КА, находящихся на полярных и геостационарных орбитах, в формате HRPT
S-диапазон		
2200–2290	Космические исследования, космические операции, КА ДЗЗ	Передача телеметрии (в том числе системы SGLS BBC США и DSN агентства NASA) и данных от съемочной аппаратуры
2290–2300	Космические исследования	Передача данных от исследовательских КА в системе слежения за дальним космосом NASA DSN
X-диапазон		
7450–7550	Метеорологические геостационарные КА	Используется российским метеоспутником «Электро»
7750–7850	Метеорологические негеостационарные КА	Планируется использовать на КА NPP (США), в перспективной системе NPOESS и на европейском КА MetOp-1
8025–8400	КА ДЗЗ Метеорологические КА	Передача данных съемочной аппаратуры
Ka-диапазон		
25 500–27 000	КА ДЗЗ Метеорологические КА	Планируется использовать в перспективной системе NPOESS

ных комплексах некоторых стран (Россия, Китай).

Радиолинии L-диапазона частот используются для передачи метеоизображений с разрешением около 1 км с полярных и геостационарных спутников NOAA, «Метеор» (Россия), FY (Китай), GOES, METEOSAT (ESA), MTSAT (Япония).

Радиолинии S-диапазона широко используются с 1970-х годов для передачи команд, телеметрии,

а также сбора данных ДЗЗ по среднескоростным каналам связи (1–15 Мбит/с), это, например, камера MSS спутников Landsat-4, -5 (США), камеры спутников DMC и DMSP (США).

Радиолинии X-диапазона широко применяются в международной практике в качестве основных линий передачи средне- и высокоскоростных потоков данных (до 320 Мбит/с) с борта спутников практически всех ос-

новных космических систем ДЗЗ на наземные станции. Характеристики радиолиний передачи информации со спутников крупнейших программ ДЗЗ приведены в табл. 2, где PMB – реальный масштаб времени, ЗУ – запоминающее устройство.

В системах межспутниковой ретрансляции данных используются диапазоны S (2–2,3 ГГц), Ku (13–15 ГГц) и Ka (23–28 ГГц). В связи с увеличением информа-

Таблица 2. Характеристики радиопередатчиков систем ДЗЗ

КА (год запуска)	Компания (страна)	Частоты радиопере- датчиков, МГц	Скорость передачи (Мбит/с), модуляция (режим)
QuickBird-2 (2001)	DigitalGlobe (США)	8185	320; OQPSK
IKONOS-2 (1999)	GeoEye (США)	8185 8346	320; QPSK
Terra (1999)	NASA (США)	8212,5 8212,5	150; QPSK (ЗУ) 13; UOQPSK (PMB)
Aqua (2002)	NASA (США)	8160 8160	150; QPSK (ЗУ) 15; SQPSK (PMB)
Landsat-7 (1999)	USGS (США)	8082,5 8212,5 8342,5	150; AQPSK
SPOT-4 (1998)	SPOT Image (Франция)	8253 8153 1704	50; QPSK 3,4; – 0,51; –
SPOT-5 (2002)	SPOT Image (Франция)	8253 8365 8153	50; QPSK 50; QPSK 6,8; QPSK
RADARSAT-1 (1995)	MDA (Канада)	8105 8230	105; QPSK (PMB) 85; QPSK (ЗУ)
ENVISAT-1 (2002)	ESA (Европа)	8100 8200 8300	100; QPSK (PMB) 100; QPSK (PMB) 50; QPSK (ЗУ)
TopSat-1	Infoterra (Великобритания)	8127	11; QPSK
«Монитор-Э» (2005)	Федеральное космическое агентство (ФКА), ГКНПЦ им. М.В. Хруничева (Россия)	8192	15,36; BPSK 61,44; BPSK 122,88; QPSK
«Метеор-3М»-1 (2000)	ФКА (Россия)	8192	15,36; BPSK
IRS-1C (1995), -1D (1997)	NRSA, Antrix (Индия)	8150 8350	85; QPSK 42,45; QPSK
IRS-P6 (2003) ResourceSat-1	NRSA, Antrix (Индия)	8125 8300	105; QPSK 105; QPSK

тивности космических датчиков дистанционного зондирования решением Международного союза электросвязи ИТУ полоса диапазона частот Ка (25,5–27,0 ГГц) выделена для радиолиний высокоскоростной передачи данных в направлении «Борт — Земля». Впервые в практике ДЗЗ радиолинии передачи данных Ка-диапазона планируется использовать в перспективной метеорологической системе США NPOESS.

Стандарты передачи команд, телеметрии и данных

Функции проведения траекторных измерений, передачи командно-программной информации и приема телеметрии обычно возложены на национальные командно-измерительные комплексы (КИК). На борту спутников устанавливаются устройства приема команд и формирования телеметрических сигналов, соответствующие национальным стандартам и аппаратуре КИК. Большая часть современных КА ДЗЗ применяет для передачи

данных КТТИ радиолинии S-диапазона.

В США используется командно-телеметрическая аппаратура нескольких стандартов:

- агентства NASA USB (Unified S-Band) — для всех гражданских спутников NASA и многих коммерческих спутников;
- BBC США SGLS (Space Ground Link System) — для большинства военных и военно-экспериментальных спутников Министерства обороны США;
- TDRS (агентства NASA) — для всех гражданских спутников NASA, обслуживаемых системой

NOVA ORBIS TABULA, IN LVCEM EDITA, A. F. DE WIT

3AO «ГЕО-НАВИГ»



Январь

Февраль

Март

Апрель

Пн.	3	10	17	24	
Вт.	4	11	18	25	
Ср.	5	12	19	26	
Чт.	6	13	20	27	
Пт.	7	14	21	28	
Сб.	1	8	15	22	29
Вс.	2	9	16	23	30

Май

Пн.	2	9	16	23	30
Вт.	3	10	17	24	31
Ср.	4	11	18	25	
Чт.	5	12	19	26	
Пт.	6	13	20	27	
Сб.	7	14	21	28	
Вс.	1	8	15	22	29

Июнь

Пн.	6	13	20	27	
Вт.	7	14	21	28	
Ср.	1	8	15	22	29
Чт.	2	9	16	23	30
Пт.	3	10	17	24	31
Сб.	4	11	18	25	
Вс.	5	12	19	26	

Июль

Пн.	3	10	17	24	31
Вт.	4	11	18	25	
Ср.	5	12	19	26	
Чт.	6	13	20	27	
Пт.	7	14	21	28	
Сб.	1	8	15	22	29
Вс.	2	9	16	23	30

Август

Пн.	1	8	15	22	29
Вт.	2	9	16	23	30
Ср.	3	10	17	24	31
Чт.	4	11	18	25	
Пт.	5	12	19	26	
Сб.	6	13	20	27	
Вс.	7	14	21	28	

Сентябрь

Пн.	3	10	17	24	31
Вт.	4	11	18	25	
Ср.	5	12	19	26	
Чт.	6	13	20	27	
Пт.	7	14	21	28	
Сб.	1	8	15	22	29
Вс.	2	9	16	23	30

Октябрь

Пн.	4	11	18	25	
Вт.	5	12	19	26	
Ср.	6	13	20	27	
Чт.	7	14	21	28	
Пт.	1	8	15	22	29
Сб.	2	9	16	23	30
Вс.	3	10	17	24	31

Ноябрь

Пн.	6	13	20	27	
Вт.	7	14	21	28	
Ср.	1	8	15	22	29
Чт.	2	9	16	23	30
Пт.	3	10	17	24	31
Сб.	4	11	18	25	
Вс.	5	12	19	26	

Декабрь

Пн.	3	10	17	24	31
Вт.	4	11	18	25	
Ср.	5	12	19	26	
Чт.	6	13	20	27	
Пт.	7	14	21	28	
Сб.	1	8	15	22	29
Вс.	2	9	16	23	30

Январь

Пн.	4	11	18	25	
Вт.	5	12	19	26	
Ср.	6	13	20	27	
Чт.	7	14	21	28	
Пт.	1	8	15	22	29
Сб.	2	9	16	23	30
Вс.	3	10	17	24	31

Февраль

Пн.	5	12	19	26	
Вт.	6	13	20	27	
Ср.	7	14	21	28	
Чт.	1	8	15	22	29
Пт.	2	9	16	23	30
Сб.	3	10	17	24	
Вс.	4	11	18	25	

Март

Пн.	3	10	17	24	31
Вт.	4	11	18	25	
Ср.	5	12	19	26	
Чт.	6	13	20	27	
Пт.	7	14	21	28	
Сб.	1	8	15	22	29
Вс.	2	9	16	23	30

Апрель

Пн.	4	11	18	25	
Вт.	5	12	19	26	
Ср.	6	13	20	27	
Чт.	7	14	21	28	
Пт.	1	8	15	22	29
Сб.	2	9	16	23	30
Вс.	3	10	17	24	31

Май

Пн.	5	12	19	26	
Вт.	6	13	20	27	
Ср.	7	14	21	28	
Чт.	1	8	15	22	29
Пт.	2	9	16	23	30
Сб.	3	10	17	24	
Вс.	4	11	18	25	

Июнь

Пн.	3	10	17	24	31
Вт.	4	11	18	25	
Ср.	5	12	19	26	
Чт.	6	13	20	27	
Пт.	7	14	21	28	
Сб.	1	8	15	22	29
Вс.	2	9	16	23	30

Июль

Пн.	4	11	18	25	
Вт.	5	12	19	26	
Ср.	6	13	20	27	
Чт.	7	14	21	28	
Пт.	1	8	15	22	29
Сб.	2	9	16	23	30
Вс.	3	10	17	24	31

Август

Пн.	5	12	19	26	
Вт.	6	13	20	27	
Ср.	7	14	21	28	
Чт.	1	8	15	22	29
Пт.	2	9	16	23	30
Сб.	3	10	17	24	
Вс.	4	11	18	25	

Сентябрь

Пн.	6	13	20	27	
Вт.	7	14	21	28	
Ср.	1	8	15	22	29
Чт.	2	9	16	23	30
Пт.	3	10	17	24	31
Сб.	4	11	18	25	
Вс.	5	12	19	26	

Октябрь

Пн.	4	11	18	25	
Вт.	5	12	19	26	
Ср.	6	13	20	27	
Чт.	7	14	21	28	
Пт.	1	8	15	22	29
Сб.	2	9	16	23	30
Вс.	3	10	17	24	31

Ноябрь

Пн.	5	12	19	26	
Вт.	6	13	20	27	
Ср.	7	14	21	28	
Чт.	1	8	15	22	29
Пт.	2	9	16	23	30
Сб.	3	10	17	24	
Вс.	4	11	18	25	

Декабрь

Пн.	6	13	20	27	
Вт.	7	14	21	28	
Ср.	1	8	15	22	29
Чт.	2	9	16	23	30
Пт.	3	10	17	24	31
Сб.	4	11	18	25	
Вс.	5	12	19	26	



ЗАО "ГЕО-НАДИР" - карты, атласы, космические снимки высокого разрешения и другие виды продукции.
 Современные технологии - быстро, качественно, умеренные цены (тел. /факс (495) 179-42-64)
 сайт: www.geo-nadir.ru эл. почта: order@geo-nadir.ru

ЗАО "ГЕО-НАДИР" - участник конференции GeoFORM+ 2006, стенд №4.1



Станция «УниСкан-36» с антенной диаметром 3,6 м в Московском центре приема и обработки информации ИТЦ «СканЭкс». В настоящее время это самый универсальный отечественный комплекс, обеспечивающий прием данных от 11 КА ДЗЗ ведущих оперативных программ США, Индии, Израиля, Франции, Европейского космического агентства, России и Канады

межспутниковой передачи данных TDRSS;

– CDLS (Common Data Link System) – для обеспечения разведывательных КА.

Стандарты командно-телеметрической аппаратуры КА США в S-диапазоне частот приведены в табл. 3.

В 1987 г. был введен единый международный протокол передачи командной и телеметрической информации – CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems). Впервые он был реализован на спутнике ERS-1

Европейского космического агентства (ESA) в 1991 г.

В настоящее время практически все КА ДЗЗ оснащаются аппаратурой передачи данных по радиолиниям, удовлетворяющим протоколу CCSDS: RADARSAT-1 (Канада), RocSat-1 (Тайвань), американские Landsat-7, Terra, Aqua, MTI, EO-1, KOMPSAT-1 (Корея), ADEOS-2 (Япония), а также перспективные КА COSMO (Италия), Pleiades (Франция), TerraSAR-X (Германия), MetOp-1 и др. Благодаря CCSDS оборудование одной станции может с минимальными модификациями принимать и об-

рабатывать данные от различных КА ДЗЗ. В качестве альтернативных протоколов, применяемых в некоторых национальных проектах, можно назвать TDM и SLE.

Относительно новым способом является передача информации в формате IP (Internet Protocol), значительно ускоряющая обработку и представление данных. Впервые в практике ДЗЗ такой формат передачи был успешно реализован при радиообмене данными с британским миниспутником UoSat-12.

Наземные станции приема данных ДЗЗ

Развитие технологий, особенно в течение последних 10–15 лет, существенно повлияло на облик наземных приемных комплексов. На место дорогостоящих систем с капитальными конструкциями и крупногабаритными антеннами диаметром 10–15 м пришли малогабаритные недорогие комплексы с антеннами диаметром 2–3 м.

Развитие рынка данных ДЗЗ и демократизация доступа к космической информации благотворно отразились на рынке приемных комплексов. В связи с увеличением числа программ дистанционного зондирования Земли вырос спрос на **универсальные комплексы приема** сигналов радиолиний **X-диапазона** частот. Операторы существующих центров ДЗЗ модернизируют уже действующие приемные комплексы под форматы радиолиний новых спутников.

Таблица 3. Стандарты командно-телеметрической аппаратуры КА США в S-диапазоне частот

Стандарт	Командная радиolinия		Телеметрия		Примечание
	Частота, МГц	Скорость, кбит/с	Частота, МГц	Скорость, кбит/с	
SGLS BBC США	1763,721–1839,795	1; 2	2202,500–2297,500	0,125–2048	20 каналов 256/205
Стандарт NASA USB	2025–2120	0,0078–2	2200–2300	0,0056–500	20 каналов 240/221
TDRS (NASA)	MA 2106,4; SA 2025–2120	До 10; до 300	MA 2287,5; SA 2200–2300	1–1500; 1–12000	20 объектов в режиме MA и два объекта в режиме SA

В связи с большой практической значимостью информации MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer – сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения) спутников серии EOS создана крупнейшая международная сеть из 110 упрощенных малогабаритных комплексов X-диапазона, которая обеспечивает сбор данных MODIS в реальном масштабе времени. Четвертая часть этих станций разработана и изготовлена в России ИТЦ «СканЭкс».

В некоторых странах для оперативного распространения данных космической съемки Земли используются технологии телевидения. После обработки в центрах ДЗЗ космические изображения транслируются через геостационарные спутники телевидения на сеть станций потребителей, оснащенных малогабаритными антеннами приема телевизионных программ. Такие сети созданы, например, в Европе для трансляции данных метеоспутника MSG и в Китае для распространения изображений радиометра MODIS по всей стране.

Наблюдается и другая тенденция. Операторы космических систем ДЗЗ высокого разрешения расширяют дистрибуторские сети, предлагая клиентам вместе с контрактами на прием космической информации дорогостоящие **специализированные станции с терминалами обработки**, перекладывая часть стоимости разработки космического сегмента на изделия наземного комплекса. В качестве примера можно привести терминалы бывшей компании Space Imaging (США) для приема данных IKONOS-2 или терминал ELS (Easy Link to SPOT), созданный европейским аэрокосмическим концерном Astrium для приема данных SPOT-5, суммарная стоимость которого превышает 2 млн евро. В то же время благо-

Окончание на с. 43



Развитие приемных комплексов в 1970–1990-х годах шло по пути универсализации крупногабаритных специализированных станций. Комплекс на базе ТНА-57 с антенной диаметром 12 м (Приозерск, Республика Казахстан) в советский период применялся для полигонных испытаний и сопровождения объектов в S-диапазоне частот. В результате модернизации, проведенной ИТЦ «СканЭкс» в 2004 г., обеспечена возможность приема данных с КА IRS-1С, -D и «Метеор-3М»-1 в X-диапазоне частот



В Центре ДЗЗ Ирана, где установлена станция «УниСкан-36»

Технологии предварительной обработки данных ДЗЗ: опыт ИТЦ «СканЭкс» в создании программного обеспечения и организации обработки данных в составе приемных комплексов

Наиболее важными моментами при разработке и введении в эксплуатацию систем предварительной обработки данных ДЗЗ представляются: стандартизация процессов обработки и форматов представления данных, повышение быстродействия программных комплексов и автоматизация обработки



Д.И. Федоткин (ИТЦ «СканЭкс»)
В 1997 г. окончил Рязанскую государственную радиотехническую академию по специальности «вычислительная техника», кандидат технических наук. Ведущий инженер-программист ИТЦ «СканЭкс». Область интересов — технологии обработки данных ДЗЗ, разработка ГИС и систем обработки изображений.

приема, в некоторые продукты ДЗЗ стандартных уровней обработки, пригодные для архивации и дальнейшего использования. Предварительная обработка включает в себя радиометрическую калибровку, географическую привязку, геометрическую коррекцию изображений и др. Под тематической понимают обработку с целью интерпретации данных ДЗЗ в рамках конкретной задачи с получением тематических информационных продуктов (картографические основы, маски облачности, модели рельефа и т. д.).

Исходная информация (поток «сырых» данных), регистрируемая наземным приемным центром, представляет собой сигнал со спутника в виде битовой последовательности, содержащий как результаты съемки Земли, так и служебную информацию о движении и ориентации космического аппарата, режимах работы съемочной аппаратуры и др. При этом информационный сигнал проходит несколько стадий обработки (демодуляция, синхронизация, декодирование и др.), часть из которых выполняется аппаратно, часть — с помощью программных средств приемного комплекса непосредственно после сеанса связи со спутником. Зная структуру (формат) потока данных, можно извлечь из него отснятые изображения.

Если на спутнике функционирует несколько комплектов съемочной аппаратуры или ведется съемка в различных режимах, то в наземный приемный центр одно-

ременно поступает несколько потоков данных. Как правило, один поток содержит информацию, принятую по одному частотному каналу. Например, индийские спутники серии IRS-1C, -1D, -P6 транслируют отснятую информацию по двум радиоканалам.

В наземном приемном комплексе задачи предварительной обработки данных ДЗЗ — распаковка принятого потока данных, извлечение изображений и сопутствующей служебной информации, обработка и представление информации в форматах хранения.

Различают несколько уровней обработки данных ДЗЗ, обозначение и перечень которых у различных компаний-операторов систем ДЗЗ могут отличаться. Чаще всего встречается следующая номенклатура уровней предварительной обработки данных:

0 — необработанные (первичные) данные съемочного прибора;

1А — данные, прошедшие радиометрическую коррекцию и калибровку;

1В — радиометрически скорректированные и географически привязанные данные;

2А — радиометрически и геометрически скорректированные данные, представленные в картографической проекции.

Далее идут продукты более высоких уровней обработки, для получения которых используется дополнительная информация (опорные точки, модели рельефа для ор-



При всем многообразии спутниковых систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), режимов работы съемочной аппаратуры и форматов представления данных в процессе их обработки прослеживаются характерные особенности и технологические решения, присущие большинству мировых систем сбора и обработки данных ДЗЗ.

Как правило, **обработку данных ДЗЗ** разделяют на **предварительную** и **тематическую**. Под первой обычно понимают набор действий (процессов), преобразующих исходную информацию, полученную наземной станцией

токоррекции и др.) и генерацию которых обычно относят к последующей тематической обработке.

Продукты ДЗЗ более высоких, чем 2А, уровней обработки, как правило, распространяются в общедоступных форматах хранения (например, GeoTIFF или форматы систем обработки изображений — ERDAS, ENVI, PCI и др.). Это объясняется тем, что в большинстве случаев они представляют собой картографически привязанные изображения и для их использования уже не нужна специфическая информация о модели движения космического аппарата в момент съемки, его ориентации, параметрах съемочной аппаратуры и др. Единственное требование — формат должен содержать параметры географической привязки раstra (например, в виде описания картографической проекции).

Продукты начальных уровней обработки обязаны (в большинстве случаев это обеспечивается) содержать служебную информацию, которая в дальнейшем используется для генерации продуктов более высоких уровней обработки. К сожалению, в настоящее время не существует общих форматов хранения и распространения продуктов начальных уровней обработки, что объясняется уникальностью спутников, комплектов съемочной аппаратуры, режимов съемки и т. д. Возможно, в будущем компании-операторы систем ДЗЗ договорятся и предложат пользователям стандартизованные форматы, но сейчас каждый оператор использует собственные форматы хранения (например, RADARSAT CEOS, IRS Super Structured и т. п.). Часто структура этих форматов открыта, и компании идут навстречу пользователям, предлагая более приемлемые решения. Так, программа EOS NASA (спутники Terra, Aqua; США) предполагает хранение и передачу продуктов в формате EOS-HDF, являющемся модификацией общеизвестного формата HDF (Hierarchical Data Format) для представления

данных научных исследований произвольного типа и состава. Существуют доступные программные средства, позволяющие работать с этим форматом, и многие современные системы обработки данных ДЗЗ поддерживают hdf-файлы. Другой пример: данные SPOT-5 (Франция) распространяются в формате DIMAP, который содержит растр в формате (Geo)TIFF и метаданные (служебная информация) в формате XML, что существенно облегчает дальнейшее использование продуктов. Похожие решения используются и другими компаниями, в частности, данные с отечественного аппарата «Монитор-Э» будут доступны в формате RSML, метаданные которого представлены в файлах на базе XML.

Ведущие мировые компании-операторы систем ДЗЗ обычно рекомендуют (реже — требуют) соответствия их номенклатуре выходных продуктов и форматов хранения данных, что обеспечивает стандартизацию хранения и распространения результатов ДЗЗ потребителями данных. Например, компания MDA (Канада) предъявляет весьма жесткие требования к наземным приемным комплексам, функционирующим в составе их сети центров приема данных RADARSAT-1, в том числе к качеству генерируемых продуктов и структуре выходных форматов. Обязательное требование — сертификация каждого вновь создаваемого приемного центра (в России и Казахстане сертифицированы три центра, оснащенные аппаратно-программными комплексами «УниСкан»; при этом пакет программ предварительной обработки данных RADARSAT-1 разработан специалистами ИТЦ «СканЭкс» по предоставленным канадской стороной спецификациям).

Принятую со спутника информацию в большинстве случаев сохраняют в архивах для дальнейшего использования (исключением может быть оперативный

мониторинг, когда ценность имеют только «свежие» изображения). При этом различают архивирование, т. е. размещение данных в архиве на определенных носителях (DLT, HDD, CD, DVD и др.), и каталогизацию — создание каталога метаданных (атрибутов), описывающих архивируемые изображения. Каталогизация позволяет в дальнейшем организовать поиск и выборку из архива интересующей информации, например, изображений по географическим координатам.

Как свидетельствует опыт работы ИТЦ «СканЭкс», при принятии решения об уровне обработки данных, помещаемых в архив, наиболее значимыми выступают следующие положения.

1. Чем ниже уровень обработки данных, тем меньше вероятность возникновения ошибок; при необходимости можно менять алгоритмы обработки; возможны максимальная автоматизация процесса и сокращение времени обработки, а также экономия места, так как часто данные низкого уровня обработки имеют наиболее компактную структуру.

2. Важное требование — целостность архивируемых данных, т. е. крайне желательно не подвергать их нарезке на небольшие сюжеты; если же это необходимо для каталогизации, то нарезка может быть выполнена виртуально. Это позволит избежать лишних операций и минимизировать вероятность возникновения ошибок. Кроме того, хранение в архиве протяженного изображения (например, соответствующего одному сбросу) позволяет при последующей генерации продуктов легко извлекать нужные сюжеты. Рассмотрим эту операцию подробнее.

Поток данных представляет собой протяженное изображение, обычно соответствующее сеансу съемки (несколько тысяч километров). При распространении продуктов ДЗЗ зачастую оперируют понятием «сцена», под кото-

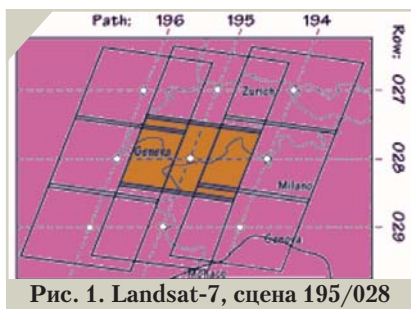


Рис. 1. Landsat-7, сцена 195/028

любой части земной поверхности указанием номинального центра сцены, задаваемого параметрами «путь» (Path) и «ряд» (Row) (рис. 1).

При подобной схеме нарезки отдельные сцены незначительно перекрываются. А как быть пользователю, если интересующая тер-

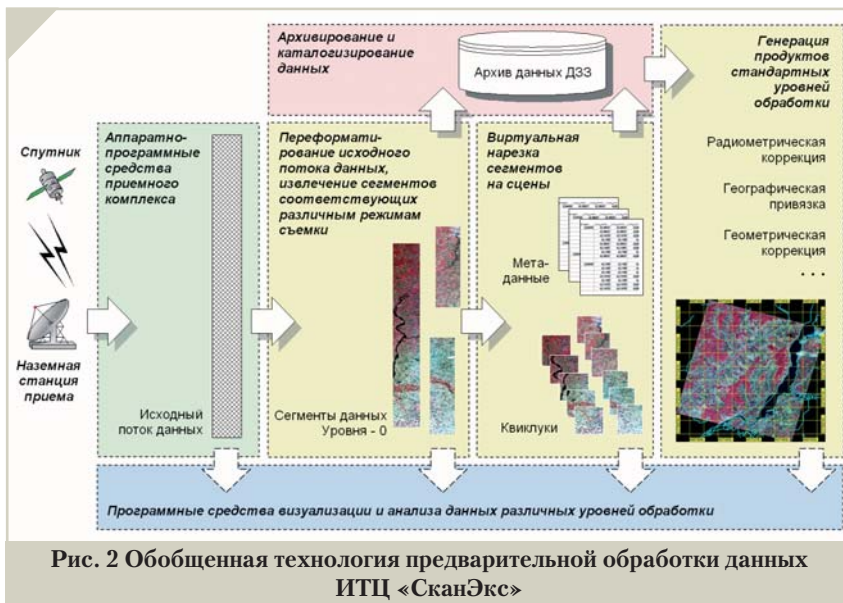


Рис. 2 Обобщенная технология предварительной обработки данных ИТЦ «СканЭкс»

рым подразумевают часть потока (как правило, квадратной формы). Сцены извлекаются из потока по определенной схеме (правилам), чтобы соответствовать участкам на местности. Обычно схема нарезки потока на сцены называется WRS (World Reference System — мировая система привязки). WRS используется такими системами ДЗЗ, как Landsat (США) и IRS. В терминологии программы SPOT это GRS (Grille de Reference SPOT). Схемы имеют отличия, обусловленные параметрами движения спутника и характером съемки, но основополагающий принцип один. WRS — это сетка «путей» (пролеты спутника) и «рядов» (параллели), покрывающая поверхность Земли. Пересечения путей и рядов образуют множество номинальных центров сцен. WRS позволяет пользователям позиционировать, каталогизировать и запрашивать изображения

ритория находится на стыке двух сцен? Чтобы потенциальному покупателю не пришлось приобретать заведомо лишнюю информацию, многие компании-операторы ДЗЗ (например, SPOT Image) позволяют вырезать из потока сцены со смещением вдоль пути. Таким образом, хранение в архиве целых (не нарезанных на сцены) потоков позволяет легко извлекать произвольные сцены и генерировать на их основе выходные продукты.

У ИТЦ «СканЭкс» имеется как опыт интегрирования в свои приемные аппаратно-программные комплексы готовых зарубежных программных пакетов предварительной обработки данных от компаний-операторов (EROS A, Израиль; IRS-P6 и др.), так и создания собственных программных средств предварительной обработки на основе имеющихся спецификаций (RADARSAT-1, SPOT-4 и др.). Как правило, в состав пакетов предварительной обработки

ИТЦ «СканЭкс» входят программные компоненты, позволяющие выполнять:

- перевод данных в форматы, пригодные для дальнейшей обработки;
- разделение и извлечение данных от различных сенсоров и режимов съемки;
- выборку данных по качественному признаку (например, без облачности);
- виртуальную нарезку потока на сцены с генерацией для каждой из них файла метаданных и изображения быстрого просмотра для дальнейшей каталогизации;
- генерацию продуктов стандартных уровней обработки в заданных форматах.

Хотя состав пакетов и назначение отдельных программных компонент могут меняться в зависимости от типа принимаемых и обрабатываемых данных ДЗЗ, обобщенная технологическая схема предварительной обработки данных, применяемая ИТЦ «СканЭкс», может быть представлена в следующем виде (рис. 2).

Исходная информация, полученная приемной станцией, переводится в некоторый формат хранения (уровень 0) и делится на сегменты, каждый из которых соответствует одному режиму работы съемочной аппаратуры спутника. Затем данные проходят стадию виртуальной нарезки на сцены в соответствии с выбранной технологией обработки. Сегменты архивируются, а соответствующие им виртуальные сцены каталогизируются, при этом в каталог заносятся сжатые образы (квиклуки) и атрибуты (метаданные) изображений отдельных сцен. По запросу нужная сцена находится в каталоге, из соответствующего архивного сегмента вырезается часть данных, на основе которых генерируется выходной продукт требуемого уровня обработки.

Пакеты программ предварительной обработки данных,

Тип данных	Пакет программ	Функции
Terra, Aqua	IMAPP	Первичная обработка и генерация стандартных продуктов MODIS EOS-HDF уровней 0, 1A, 1B
EROS A	EROS Tools*	Первичная обработка и генерация стандартных продуктов EROS уровней 0A, 1A, 1B
RADARSAT-1	RADARSAT Tools	Первичная обработка и генерация стандартных продуктов RADARSAT CEOS уровней 0, 1
IRS-1C, -1D	IRS Tools	Первичная обработка и генерация продуктов уровней 1A, 1B
SPOT-2, -4	SPOT Tools	Первичная обработка и генерация стандартных продуктов SPOT DIMAP уровней 0, 1A
IRS-P6	IRS-P6 Tools*	Первичная обработка и генерация стандартных продуктов уровней 0, 1A, 1B

* В состав пакета входят программные компоненты компании-оператора систем ДЗЗ

поставляемые ИТЦ «СканЭкс» со станциями «УниСкан», представлены в таблице.

Как видно из таблицы, перечисленные пакеты программ позволяют создавать продукты начальных уровней обработки (0, 1A, 1B). Создание продуктов уровня 2A, т. е. изображений, трансформированных в картографическую проекцию, уже мало зависит от типа обрабатываемых данных и практически универсально. Эта операция выполняется программой ScanMagic, которая входит в комплект поставки станции.

Кроме того, ИТЦ «СканЭкс» разрабатывает и поставляет пакеты программ тематической обработки (например, ScanEx Image Processor), позволяющие создавать продукты более высоких, чем 2A, уровней обработки. Для каталогизации данных ДЗЗ, принима-

емых станциями «УниСкан», используется программное обеспечение ScanEx Catalog Manager.

Стоит отметить, что наличие консольных версий программ (без графического интерфейса пользователя) позволяет организовать обработку данных в пакетном режиме в рамках автономных систем предварительной обработки данных ДЗЗ. Это сводит к минимуму участие операторов станций приема в предварительной обработке данных и обеспечивает частичную или полную автоматизацию процесса. В то же время версии программ с графическим интерфейсом пользователя существенно облегчают работу операторов. Особенно это касается этапа генерации стандартных выходных продуктов, который подразумевает задание многочисленных параметров обработки. Поэтому

пакеты ИТЦ «СканЭкс» имеют, как правило, консольные и графические версии программ. Все пакеты программ функционируют под управлением операционных систем Windows 2000, XP и последующих версий.

В заключение хочется отметить, что наиболее важными моментами при разработке и введении в эксплуатацию систем предварительной обработки данных ДЗЗ представляются: стандартизация процессов обработки и форматов представления данных, повышение быстродействия программных комплексов и автоматизация обработки.

Тел: (095) 939-56-40, 246-38-53
Факс: (095) 939-42-84, 246-25-93
Адрес: 119021, Москва,
ул. Льва Толстого, 22/5
E-mail: info@scanex.ru
Интернет: www.scanex.ru



Окончание. Начало на с. 33

даря гибкому подходу компаний-операторов SPOT Image, MDA (Канада), ImageSat (Израиль), Antrix существует возможность дооборудования существующих наземных комплексов X-диапазона трактами для приема с КА SPOT-2, -4, RADARSAT-1, EROS A, IRS-1C, -1D, -P6 по разумным ценам.

Благодаря мировым процессам стандартизации, глобализации и универсализации возникла международная сеть универсальных станций приема спутниковых данных в X-диапазоне частот, что упрощает и удешевляет доступ к космической информации для конечного пользователя, которого интересует информационный продукт, а не схема и аппаратная реализация доступа. От-

радно заметить, что в этой сети Россия занимает далеко не последнее место.

Тел: (095) 939-56-40, 246-38-53
Факс: (095) 939-42-84, 246-25-93
Адрес: 119021, Москва,
ул. Льва Толстого, 22/5
E-mail: info@scanex.ru
Интернет: www.scanex.ru

