

Алгоритм представления метаданных и сфокусированных радиолокационных данных в формат HDF5

Е. Р. Адамовский, Р. П. Богуш

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, 211440, Республика Беларусь
E-mails: adamovskiy.yegor@bk.ru, bogushr@mail.ru*

В статье рассмотрен алгоритм представления радиолокационных данных в формате HDF5 с учётом их особенностей и иерархии формата, который включает следующие основные шаги: установление соответствия между метаданными и основными радиолокационными данными в структуре продукта системы дистанционного зондирования Земли; определение их комплекта для записи сфокусированного изображения, включая информацию об имени, размерности и адресе; преобразование всех данных в требуемую форму их представления в соответствии со спецификацией формата HDF5; запись атрибутов и наборов данных в файл. На основе алгоритма разработана модель, которая содержит блоки преобразования радиолокационных данных и метаданных, формирования имени и структуры файла HDF5, его инициализации базовыми атрибутами, записи радиолокационных данных, основных и дополнительных метаданных. Данная схема реализована в пакете MatLab, и на её основе выполнено моделирование записи набора необходимых метаданных и сфокусированного изображения в формат и сохранение полученного результата. Представлены результаты его дальнейшей обработки с применением специализированного программного обеспечения NEST 5.1, которые подтверждают корректность записи метаданных и сфокусированных данных в формат HDF5.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, радиолокационное изображение, формат данных, HDF5

Одобрена к печати: 03.03.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-19-29

Введение

Системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) осуществляют мониторинг земной поверхности, воды и слоёв атмосферы, объектов сельского хозяйства, военных и строительных объектов с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ). Одним из продуктов спутниковых систем является радиолокационное изображение (РЛИ), полученное способом радиолокационного синтезирования апертуры (РСА), который обладает высоким пространственным разрешением, независимостью от времени суток и погодных условий съёмки (Верба, 2010).

В настоящее время наиболее широко используется уровень 1A представления данных системами ДЗЗ, включая TerraSAR-X, Sentinel, COSMO-SkyMed и др. Радиолокационные изображения сопровождаются метаданными — дополнительной информацией, необходимой для обработки и идентификации продукта, который хранится в определённом формате. Практически каждая спутниковая система отличается использованием специализированного либо универсального существующего формата или его вариацией. Это обусловлено тем, что не существует утверждённого и обязательного для применения международного стандарта (Беленов, 2009; Полетаев, 2008). Однако, независимо от технической реализации и решаемых задач ИСЗ, продукты спутниковых систем имеют общие компоненты: радиолокационные данные в виде матрицы отсчётов, полученных с помощью РСА, орбитальные векторы, определяющие траекторию спутника, его технические характеристики, параметры сцены, обработки данных, идентификаторы продукта.

При разработке новой системы ДЗЗ на базе РСА или для обеспечения возможности более эффективной обработки данных, полученных предшествующими системами ДЗЗ, необходим выбор и применение формата хранения и представления радиолокационных данных и метаданных (View Seasat HDF5 Data, <https://www.asf.alaska.edu/asf-tutorials/data-recipes/>

view-seasat-hdf5-data/). Решение задачи в значительной мере определяет удобство работы со спутниковой информацией при её обработке в наземном сегменте: совместимость со специализированным программным обеспечением (ПО), возможность дополнения или изменения продукта новыми данными, быстрое действие. Поэтому различные системы используют разные форматы для представления данных первого уровня: ALOS (GeoTIFF), Envisat (CEOS), TerraSAR-X (COSAR, XML), Sentinel (SAFE), COSMO-SkyMed (HDF5).

Среди используемых форматов представления продуктов систем ДЗЗ можно выделить открытый формат Hierarchical Data Format (HDF5) (HDF5 Support Page, <https://portal.hdfgroup.org/display/HDF5/HDF5>) по ряду преимуществ: самоописываемость, иерархическая структура, гибкость размера данных, мультиплатформенность. Кроме этого, формат HDF5 совместим со специализированным прикладным ПО, которое применяется для обработки радиолокационных изображений.

Особенности представления данных в HDF5

Для хранения информации используется иерархическая структура (рис. 1), ключевыми элементами которой являются группы (каталоги), содержащие наборы данных (изображения) и атрибуты, которые определяются типом и пространством данных, именем и содержащейся в них информацией. При этом применяются стандартные представления данных для совместимости с любыми другими программными средствами: int, uint, float, double, string.



Рис. 1. Иерархия данных в формате HDF5

Запись произвольных радиолокационных данных в формат HDF5 может быть выполнена с учётом его структуры (см. рис. 1) таким образом, что аннотирующая информация будет представлена в виде атрибутов, а РЛИ — набора данных. В общем случае метаданные состоят из собственного названия и соответствующих ему значений. При их записи как атрибутов требуется указать тип (data type) и пространство данных (data space). РЛИ представляется массивом чисел, включающим дополнительную информацию при записи в формат HDF5.

В настоящее время ПО, применяемое для обработки радиолокационных данных, совместимо с форматом HDF5. Однако для возможности моделирования дальнейшей обработки радиолокационных данных с применением ПО после записи их в формат должны быть учтены особенности структуры HDF5 известных систем ДЗЗ.

В настоящее время формат HDF5 используется действующей системой COSMO-SkyMed (структура продукта показана на рис. 2, см. с. 21), которой обеспечивается съёмка с разре-

шением до 1 м в X-диапазоне и предоставляется продукт уровней 1A-1D: Single-look Complex Slant — комплексный наклонный вид, Detected Ground Multi-look — проекция на земную сетку, Geocoded Ellipsoid Corrected — проекция на эллипсоид, Geocoded Terrain Corrected — проекция на цифровую модель рельефа, что соответствует классификации уровней обработки данных Международного комитета по спутниковым наблюдениям (англ. Committee on Earth Observation Satellites — CEOS) (Лупян, Саворский, 2012). Такая структура может быть использована как шаблон для записи исходных радиолокационных данных таким образом, что метаданные и РЛИ будут распределены по соответствующим каталогам и наборам данных, и это позволит обработать их специализированными приложениями: NEST, Geomatica и др.

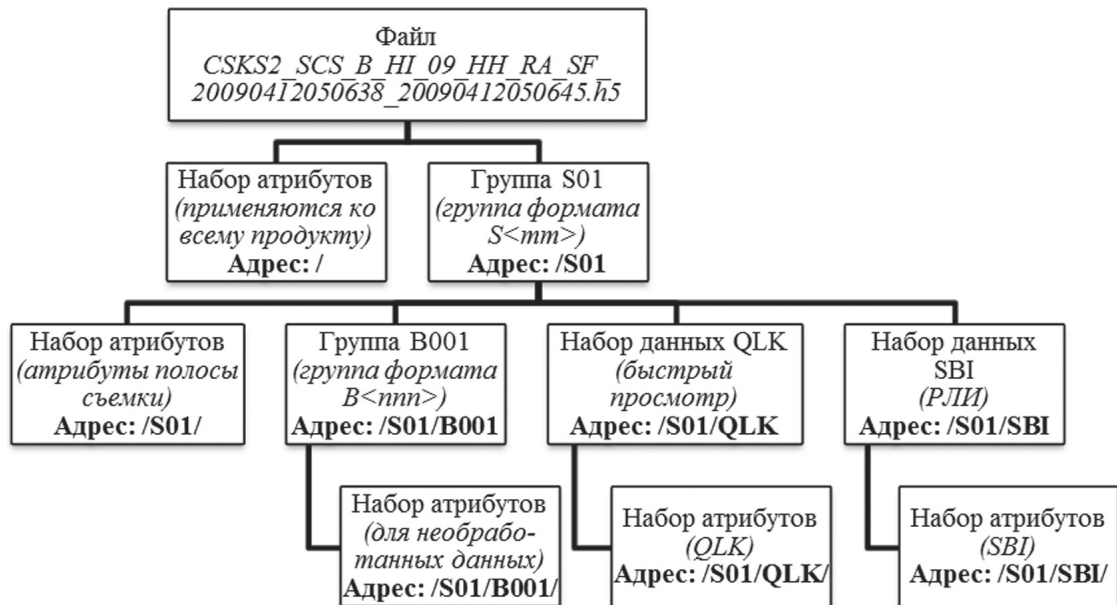


Рис. 2. Структура данных COSMO-SkyMed уровня 1A в формате HDF5

Группа S01 содержит информацию о полученных данных в текущем режиме съёмки и определённом уровне представления, в то время как набор атрибутов в корневом расположении обобщённо описывает параметры продукта в целом. Группа B001 для данных уровня 1A и выше включает атрибуты, зависящие от пакета данных (burst), которые применяются к необработанной информации. Массив SBI (Single Beam Image) содержит сфокусированное двухканальное РЛИ. Данные QLK (Quick Look) представляют одноканальную копию SBI с меньшим разрешением для возможности быстрого просмотра.

Алгоритм и модель представления радиолокационных данных в формате HDF5

В общем случае для записи радиолокационных данных и метаданных в формат HDF5 предлагается алгоритм, который включает следующие этапы: установление соответствия между метаданными в структуре продукта целевой системы ДЗЗ и в наборе исходных радиолокационных данных, что позволит задать адреса и наименования атрибутов в файле для записи их значений; определение соответствующего набора данных для записи РЛИ, включая информацию об имени, размерности и адресе; преобразование исходных метаданных и радиолокационных данных в требуемую форму их представления в соответствии со спецификацией формат HDF5; инициализация атрибутов и наборов данных, которые заданы на первых двух шагах алгоритма, в файле HDF5 и запись в них соответствующих значений из исходных радиолокационных данных.

Для осуществления проверки адекватности записи данных в формат HDF5 и обеспечения возможности дальнейшего моделирования обработки специализированным ПО учитывается структура продукта системы COSMO-SkyMed (COSMO-SkyMed..., 2007), поэтому при реализации представленного алгоритма необходимо учитывать следующие особенности. Спецификацией COSMO-SkyMed установлен тип набора данных для хранения РЛИ int16, а также наличие каналов синфазных и квадратурных составляющих в виде единого трёхмерного массива. Сфокусированное изображение уровня 1A должно быть взвешенным и радиометрически выровненным в наклонно-азимутальной проекции, аннотированным параметрами географической привязки. Адрес хранения, наименование и форма записи компонентов продукта должны строго соответствовать спецификации продукта COSMO-SkyMed, поскольку ошибки могут привести к невозможности построения внутренних структур данных специализированных приложений при открытии и обработке файла. Оригинальное наименование продукта COSMO-SkyMed имеет структуру, которая формируется на основе атрибутов: идентификатор спутника (Satellite ID), тип продукта (Product Type), режим работы (Acquisition Mode), идентификатор полосы обзора (Beam ID), тип поляризации (Polarisation), направление съёмки (Look Side) и орбиты (Orbit Direction), режим доставки (Delivery), доступность во время сбора данных (Selective Availability Status), отсчёты по времени начала и окончания зондирования (Scene Sensing Start UTC Time и Scene Sensing Stop UTC). Для корректного чтения файла с помощью специализированного ПО в его названии должен присутствовать атрибут Satellite ID. Все атрибуты продукта, отражающие физические величины, спецификацией продукта COSMO-SkyMed определены в единицах международной системы СИ. Формат записи всемирного координированного времени UTC (Coordinated Universal Time) в продукте COSMO-SkyMed соответствует стандарту ISO 8601 и имеет вид ГГГГ-ММ-ДД чч:мм:сс.мс. Сам файл должен обладать минимальным набором из девяти определённых базовых атрибутов (орбитальные состояния спутника в системе отсчёта ECEF (Earth Centred — Earth Fixed), их количество и точки привязки по времени, а также ширина полосы съёмки, время передачи пакета данных и полиномиальные коэффициенты) для идентификации его как продукта системы ДЗЗ (табл. 1).

Таблица 1. Описание базовых атрибутов системы ДЗЗ COSMO-SkyMed

Атрибут	Адрес	Базовое значение
Centroid vs Range Time Polynomial (коэффициенты доплеровского центроида)	ROOT	[6; 1] double
Azimuth First Time (момент начала получения пакета данных)	B001	double
Azimuth Last Time (момент окончания получения пакета данных)		double
ECEF Satellite Position (положение спутника по ECEF)	ROOT	[3; 1] double
ECEF Satellite Velocity (скорость спутника по ECEF)		[3; 1] double
Number of State Vectors (количество аннотированных векторов состояния)		uint16
State Vectors Times (отсчёты времени векторов состояния спутника)		double
Azimuth Focusing (ширина полосы по азимуту в режиме Single-Look)	S01	double
Range Focusing (ширина полосы по дальности в режиме Single-Look)		double

На основе алгоритма разработана модель (рис. 3, см. с. 23), которая включает блоки преобразования радиолокационных данных и метаданных, формирования имени и структуры файла HDF5, его инициализации базовыми атрибутами, записи радиолокационных данных, основных и дополнительных метаданных. Модель также учитывает выделенные спецификацией продукта области атрибутов согласно их назначению, отображённые в табл. 2.

Блок преобразования входных данных. Для возможности проверки адекватности записи данных необходимо учитывать специфику используемых программных средств, поэтому проведён анализ и в табл. 3 представлено соотношение идентификационных данных продукта, которые формируют заголовок структуры Identification файла HDF5, и соответствующих им параметров ПО NEST 5.1.

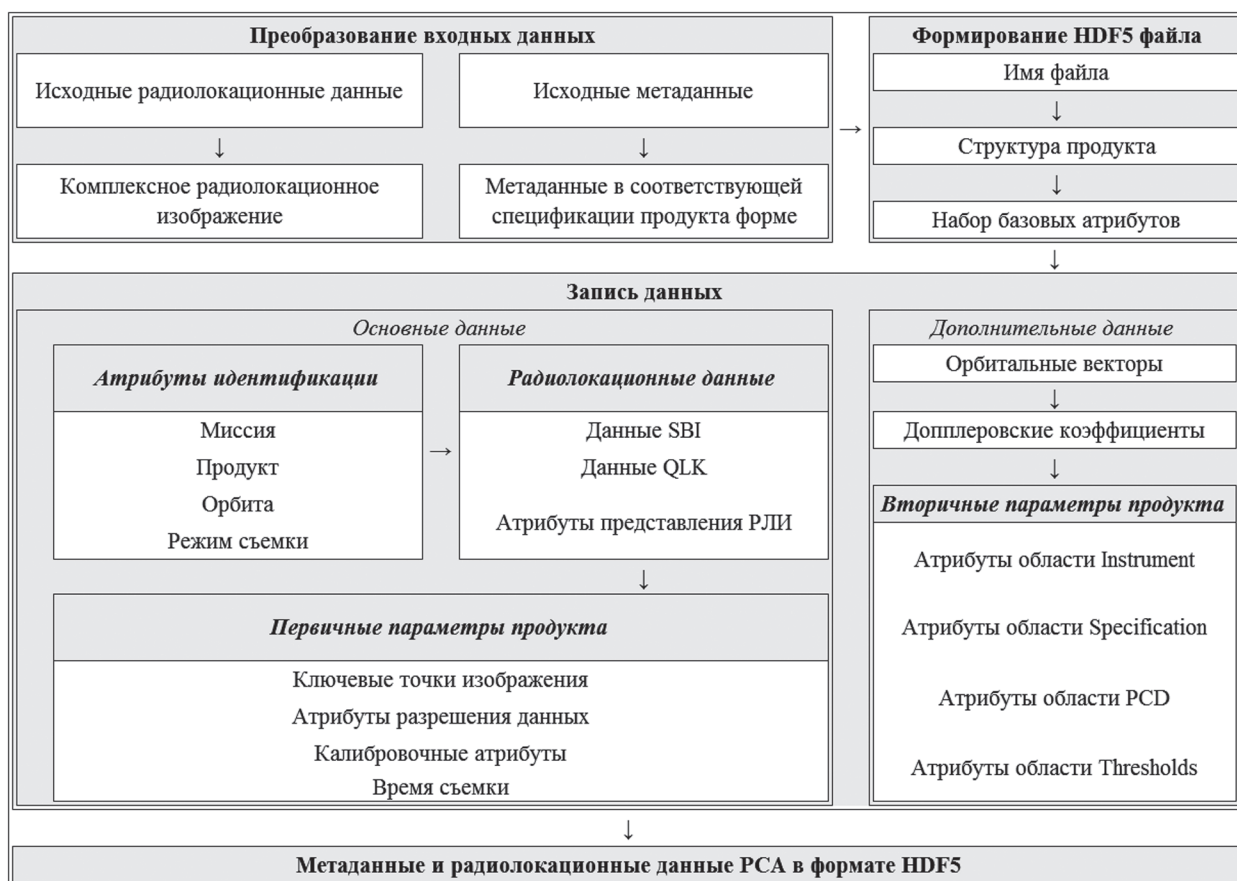


Рис. 3. Модель представления метаданных и сфокусированных радиолокационных данных PCA в формате HDF5

Таблица 2. Области атрибутов продукта COSMO-SkyMed

Область	Описание атрибутов области
Acquisition	Параметры режима сбора данных
Calibration	Параметры поправок для полученных данных
Doppler	Параметры доплеровской проекции
Formatting	Параметры, связанные с форматом хранения данных
Identification	Атрибуты, конкретизирующие основные параметры съёмки
Instrument	Параметры радиолокационного сенсора
PCD	Параметры данных RAW и точного определения орбиты
Platform	Параметры положения, скорости и ориентации спутника
Processing	Параметры обработки полученных данных
Projection	Параметры, описывающие поверхность, на которую проецируются данные
Scene	Параметры, определяющие место съёмки
Sensor	Параметры аппаратуры съёмки
Specification	Параметры, определяющие технические характеристики системы
Thresholds	Параметры пороговых значений для определения качества продукта

Таблица 3. Атрибуты идентификации и переменные заголовка структуры файла в NEST 5.1

Атрибут системы ДЗЗ	Параметр ПО NEST 5.1	Описание
Satellite ID	Mission	ID спутника
Product Type	Type	Тип продукта
Azimuth. First Time	Acquisition	Начало съёмки
Orbit Direction	Pass	Направление орбиты
Orbit Number	Orbit	Номер орбиты
Processing Centre	Procesing_system_identifier	ID центра обработки
Product Filename	PRODUCT	Имя продукта

Одной из особенностей является то, что формирование параметра Acquisition происходит путём ссылки сразу на несколько атрибутов файла продукта COSMO-SkyMed:

- Reference UTC (область Processing), который устанавливает дату съёмки в виде ГГГГ-ММ-ДД 00:00:000000;
- Azimuth First Time (область Formatting), который указывает время начала съёмки в секундах, начиная отсчёт от значения, установленного в Reference UTC.

Другая особенность — терминологическая неопределённость, связанная с тем, что параметр заголовка Mission формирует атрибут Satellite ID, а не Mission ID (область Identification), который отличается наличием номера спутника.

Блок записи радиолокационных данных. Для корректного представления РЛИ необходимо наличие атрибутов: Samples per Pixel (определяет количество каналов данных), Sample Format (тип данных хранения РЛИ), Bits per Sample (количество памяти, выделяемой на элемент изображения в битах).

Блок записи первичных параметров продукта. РЛИ содержит набор ключевых точек, являющихся координатами его географической привязки. Для продукта COSMO-SkyMed такими точками служат координаты краёв РЛИ (Bottom Left Geodetic Coordinates, Bottom Right Geodetic Coordinates, Top Left Geodetic Coordinates, Top Right Geodetic Coordinates), относящиеся к области Scene.

Атрибуты разрешения данных (область Processing) дают представление о масштабах сцены и характерных размерах объектов, доступных для визуального анализа с помощью РЛИ, а также используются в качестве входных данных для геометрических преобразований: Column Spacing (интервал между соседними столбцами РЛИ), Line Spacing (интервал между соседними строками РЛИ).

Калибровочные данные представлены в области Calibration. Важнейший атрибут Calibration Constant отображает пропорцию между целевой энергией в исходном продукте и фактическим обратным рассеянием. Также область содержит различные эталонные значения.

Ключевые значения времени начала и конца генерации продукта хранятся в атрибутах Azimuth First/Last Time, а также дополнительно в Zero Doppler Azimuth First/Last Time и Zero Doppler Range First/Last Time, определяющих время получения первых и последних строк и столбцов соответственно.

Блок записи орбитальных векторов. Векторы состояния спутника, связанные с отсчётами по времени, определяют траекторию орбитального тела и задаются атрибутами области Platform: Number of State Vectors (количество векторов), State Vectors Times (отсчёты по времени), ECEF Satellite Position (положения спутника по трём осям в системе отсчёта ECEF), ECEF Satellite Velocity (скорости спутника по трём осям в системе отсчёта ECEF). Кроме того, продукт может быть аннотирован орбитальными векторами в системе ECI (Earth-centered inertial) следующими атрибутами: Attitude Quaternions (кватернионы спутника), Attitude Times (отсчёты по времени), Inertial Satellite Position (положение), Inertial Satellite Velocity (скорость), а также Pitch/Roll/Yaw Rate (угловые скорости).

Блок записи доплеровских коэффициентов связан с базовым атрибутом Centroid vs Range Time Polynomial (область Doppler), который содержит массив полиномиальных коэффициентов функции, аппроксимирующей полученные отражённые данные доплеровских частот.

Блок записи вторичных параметров продукта определяет атрибуты, необходимые для представления продукта и незадействованные в других блоках. Сюда относятся данные области Instrument, среди которых информация о поляризации и длине антенны, частоты радара и импульсов.

Область PCD (Precise Orbit Determination) содержит параметры для точного определения орбиты и статистические данные об изображении: его минимальное, среднее и максимальное значения, а также процент перенасыщенных и недонасыщенных пикселей относительно пороговых значений, установленных в области Thresholds. Атрибуты области Specification перечисляют основные технические характеристики системы.

Особенности программной реализации модели

Модель представления данных PCA выполнена в программном пакете MatLab, который выбран с учётом поддержки формата HDF5 и необходимости работы с графическими данными.

Блок формирования структуры COSMO-SkyMed в HDF5 файле организован следующим образом (листинг 1). Группа S01 и сам файл инициализируются созданием набора данных SBI необходимой размерности и типа. Для создания вложенной в каталог S01 группы B001 применяются функции групп H5F и H5G.

Листинг 1

```
H5_NAME = 'file.h5'; % имя целевого файла
h5create (H5_NAME, '/S01/SBI', [L(1) L(2) L(3)])/Datatype'int16'); % создание набора SBI
FILE = H5F.open (H5_NAME, 'H5F_ACC_RDWR', 'H5P_DEFAULT'); % открытие файла
Set = 'H5P_DEFAULT'; % настройки группы
group = H5G.create (file, '/S01/B001', Set, Set, Set); % создание группы B001
H5G.close (group); % закрытие группы
H5F.close (file); % закрытие файла
```

Запись радиолокационных данных осуществляется с помощью функции h5write, которая в качестве аргументов принимает имя целевого файла, адрес записи и массив данных, а метаданных — с помощью функции h5writeatt, которая имеет аналогичный набор аргументов и дополнительно запрашивает имя атрибута для записи данных.

Листинг 2

```
fseek (fid, 720+1886+1046+1132, 'bof'); % смещение указателя чтения
Product_Generation.UTC = strtrim (char (fread (fid, 24, 'uchar'))); % чтение данных
[dat_gen, time_gen] = strtok (Product_Generation.UTC, ''); % разделение данных времени
dat_gen = strrep (dat_gen, 'JAN', '01'); % изменение записи месяцев
...
dat_gen = strrep (dat_gen, 'DEC', '12');
gen_day = dat_gen (1:2); % выделение дня
gen_month = dat_gen (4:5); % выделение месяца
gen_year = dat_gen (7:10); % выделение года
dat_gen = [gen_year, '-', gen_month, '-', gen_day]; % восстановление даты
Product_Generation.UTC = [dat_gen, ' ', time_gen]; % восстановление записи
h5writeatt (h5_name, '/', 'Product Generation UTC', Product_Generation.UTC); % запись данных в hdf5
```

В качестве исходных данных для моделирования использовался продукт системы ДЗЗ ERS-1 (CEOS..., 1989) со сфокусированным РЛИ с использованием алгоритма из публикации

(Богуш и др., 2016). Продукт ERS-1 хранится в текстовом формате DAT, а доступ осуществляется по адресу, заданному в байтах и указывающему место начала считывания, а также по длине самого значения и типу данных. Тогда алгоритм записи радиолокационных данных в формат HDF5 для продукта ERS-1 может быть соответствующим образом уточнён.

Учтено, что одной из особенностей продукта ERS-1 является отличная от продукта COSMO-SkyMed форма записи UTC: ДД-МММ-ГГГГ чч:мм:сс.мс (02-DEC-1997 04:51:08.289). В частности, месяц записывается в символьном виде, а связка день-месяц-год представлена в обратном порядке. *Листинг 2* содержит пример преобразования данных UTC, включающий алгоритмы перестановки компонентов строки и замены формы записи данных месяца.

Другой особенностью продукта является отсутствие информации о координатах крайних точек изображения при наличии лишь координат центра сцены. В таком случае необходимые значения должны быть получены аналитически.

Результаты моделирования

В качестве исходных данных при моделировании алгоритма представления метаданных и сфокусированных радиолокационных данных использовано сфокусированное РЛИ и представленные в формате CEOS метаданные, полученные со спутника ERS-1 (ERS-1 SAR Images Search, http://eo-virtual-archive4.esa.int/search/ER01_SAR_IM__0P/html/?name=Franche-Comte).

Адекватность реализованной модели представления метаданных и сфокусированных радиолокационных данных в формате HDF5 может быть подтверждена возможностью дальнейшей обработки РЛИ специализированным ПО. На *рис. 4* представлен скриншот работы приложения NEST 5.1 с полученным результатом моделирования.

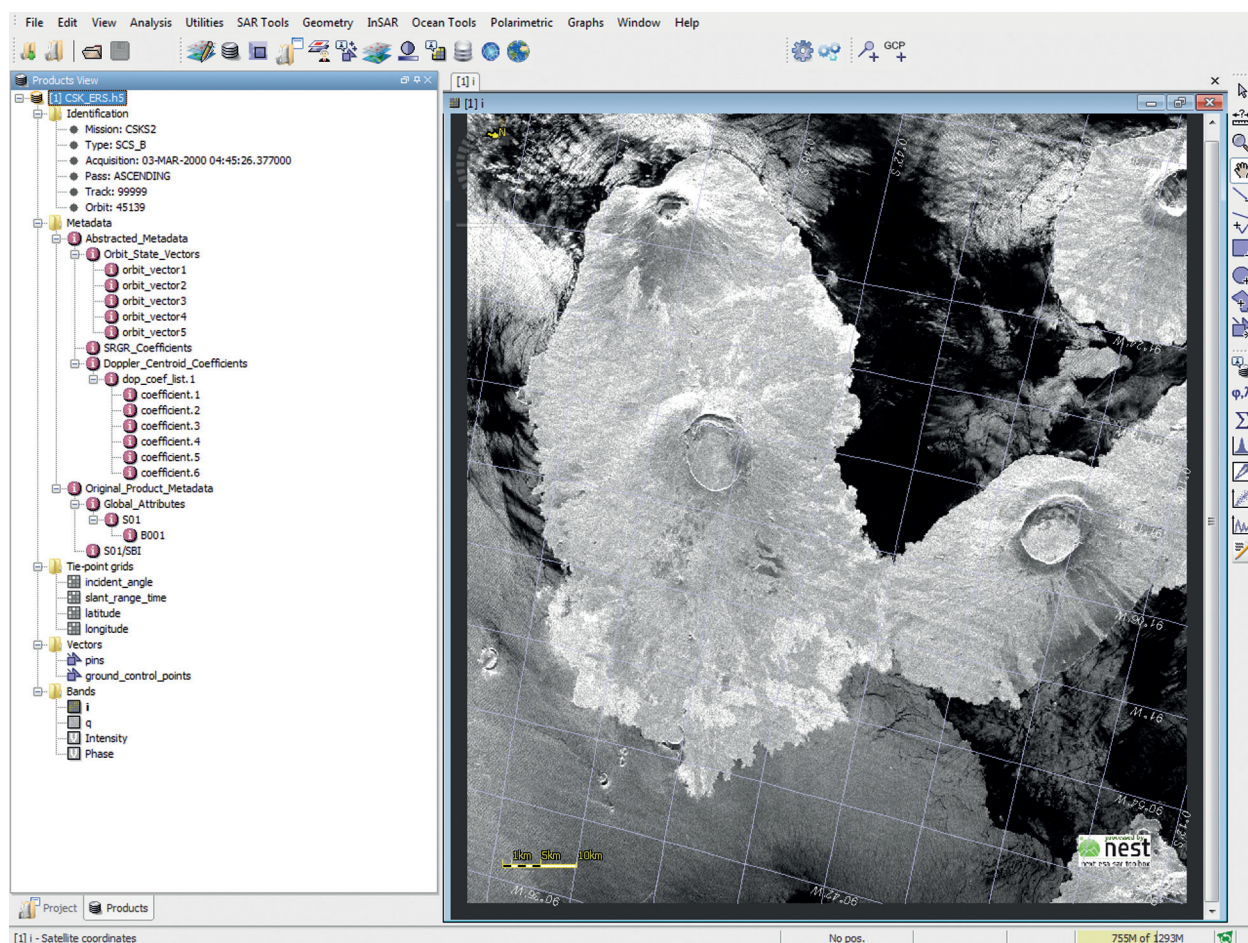
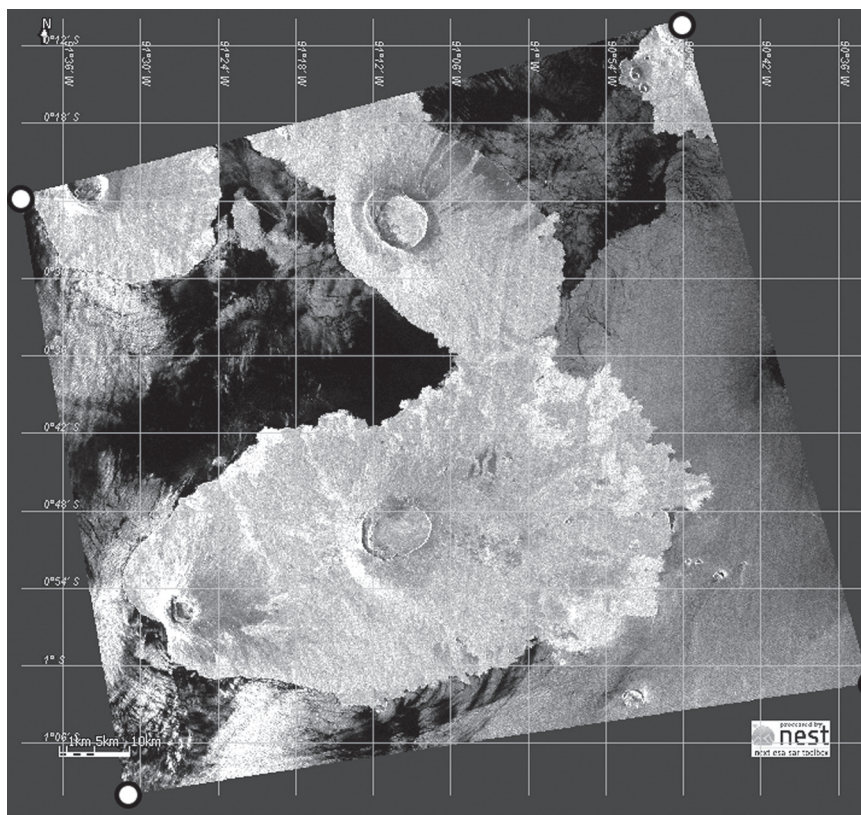


Рис. 4. Отображение радиолокационных данных ERS-1 в программном продукте NEST 5.1

Примером обработки сфокусированных радиолокационных данных в формате HDF5 служит инструмент преобразования РЛИ в ортогональную проекцию (Geometry > Reprojection...). Используя географические координаты ключевых точек (крайних угловых элементов) изображения, приложение геометрически корректирует его таким образом, чтобы соответствующие точки совпадали с собственными координатами на географической земной сетке. Преобразование может быть применено при необходимости совмещения разновременных или перекрывающихся изображений, а результирующие данные доступны для дальнейшей обработки.

На *рис. 5* изображена область с РЛИ, обработанном инструментом Reprojection NEST 5.1 с наложением виртуальной сетки координат (Show Graticule Overlay). Дополнительно указано положение ключевых точек преобразованного РЛИ, демонстрирующих характер геометрических искажений, вносимых инструментом в исходные данные: изображение переориентировано более чем на 90° и приобрело форму параллелограмма из-за того, что его съёмка осуществлялась не в надире, а под определённым углом к поверхности Земли.



○ — Координаты крайних угловых элементов РЛИ

Рис. 5. Результирующее изображение, обработанное инструментом Reprojection в NEST 5.1

В качестве исходных данных инструмент использует информацию о типе геоида (по умолчанию приложением применяется модель WGS84), т.е. поверхности, на которую проецируются радиолокационные данные, координаты ключевых точек, а также межпиксельный и межстрочный интервалы.

Для представленного на *рис. 5* изображения доступен режим проекции на карту Земли NASA Blue Marble (Show World Map Overlay), которая отображается в NEST 5.1. Соответственно, участок этой карты NASA Blue Marble, содержащий спутниковое изображение островов (светлые участки) на фоне океана (тёмная заливка), показан на *рис. 6а* (см. с. 28), который может быть использован для наложения обрабатываемого изображения. Для этого использован инструмент Reprojection ПО NEST 5.1, результат показан на *рис. 6б*.

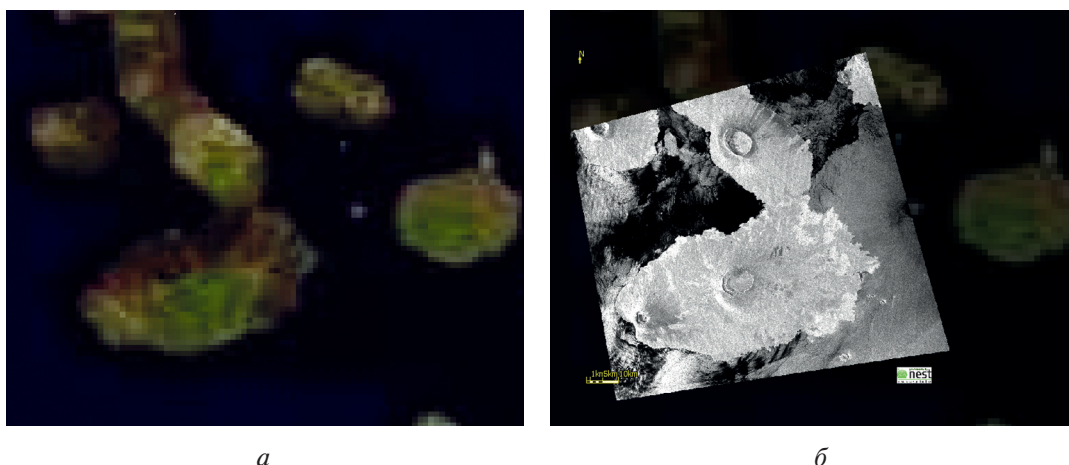


Рис. 6. Проекция РЛИ на прямоугольную координатную сетку: *а* — участок карты NASA Blue Marble; *б* — аналогичный участок карты с проекцией результирующего изображения

Визуальное сравнение *рис. ба* и *б* демонстрирует совпадение очертаний объектов исходной карты и проекции, что подтверждает правильное выполнение данной операции за счёт корректного представления метаданных в формате HDF5 с учётом структуры продукта COSMO-SkyMed.

Заключение

Разработаны алгоритм и модель представления набора метаданных и сфокусированных радиолокационных данных PCA системы ДЗЗ в стандартный формат HDF5, который позволяет выполнять дальнейшую обработку с использованием специализированного программного обеспечения. Модель включает в себя блоки формирования целевого файла HDF5, преобразования исходных данных согласно спецификации продукта COSMO-SkyMed и их последовательную запись в этот формат. Рассмотрены особенности программной реализации модели в пакете MatLab, а её адекватность проверена результатами дальнейшей обработки РЛИ, подтверждающими корректность записи метаданных и сфокусированных данных в формат HDF5, с применением специализированного ПО NEST 5.1.

Литература

1. Беленов А. В. Стандартные уровни обработки и форматы представления данных ДЗЗ из космоса. Мировой опыт // Геоматика. 2009. № 4. С. 18–202.
2. Богуш Р. П., Игнатъева С. А., Наумович Н. М., Урбанович С. П. Моделирование алгоритма формирования радиолокационного изображения на основе представленных в формате CEOS необработанных данных дистанционного зондирования Земли // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. Сер. С. «Фундаментальные науки». 2016. № 12. С. 13–21.
3. Верба В. С. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования. М.: Радиотехника, 2010. 680 с.
4. Лупян Е. А., Саворский В. П. Базовые продукты обработки данных дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 2. С. 87–97.
5. Полетаев А. М. Стандартизация радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли как процедура описания показателей их информативности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 1. № 5. С. 303–310.
6. CEOS WGD. Synthetic Aperture Radar Data Product Format Standards, Rev. 2.0. CEOS, 1989. 140 p.
7. COSMO-SkyMed SAR Products Handbook. COSMO-SkyMed Mission. Italian Space Agency, 2007. 103 p. URL: <http://www.cosmo-skymed.it/docs/ASI-CSM-ENG-RS-092-A-CSKSARProductsHandbook.pdf> (accessed: 10.10.2019).

An algorithm of metadata and focused radar data transformation to HDF5

E. R. Adamovskiy, R. P. Bohush

Polotsk State University, Novopolotsk 211440, Republic of Belarus

E-mails: adamovskiy.yegor@bk.ru, bogushr@mail.ru

In this work an algorithm of Synthetic Aperture Radar (SAR) data transformation to Hierarchical Data Format 5 (HDF5) is presented. The algorithm consists of the following steps: comparison of metadata and basic radar data within the product structure of the Earth remote sensing system; defining data for recording a SAR image with the identification information, including name, size and address; data conversion according to the specification of the HDF5; recording the attributes and data sets to the target file. An algorithm-based model is developed. The model includes blocks for converting radar data, generating the name and hierarchical structure of the HDF5 file, initializing with basic attributes, SAR image and metadata recording. Modeling was performed for metadata and focused radar image transformation to HDF5 using the MatLab package. After that a specialized software tool Next ESA SAR Toolbox 5.1 was used for image processing. The obtained results confirm correctness of metadata and SAR image recording in the HDF5 format.

Keywords: remote sensing, radar image, data format, HDF5

Accepted: 03.03.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-19-29

References

1. Belenov A. V., Standartnye urovni obrabotki i formaty predstavleniya dannykh DZZ iz kosmosa. Mirovoi opyt (Standard processing levels and formats for the presentation of remote sensing data from space. World experience), *Geomatika*, 2009, No. 4, pp. 18–202.
2. Bohush R. P., Ignat'eva S. A., Naumovich N. M., Urbanovich S. P., Modelirovanie algoritma formirovaniya radiolokatsionnogo izobrazheniya na osnove predstavlenykh v formate CEOS neobrabotannykh dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli (Simulation of the algorithm for generating a radar image based on the raw Earth remote sensing data presented in CEOS format), *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya S. Fundamental'nye nauki*, 2016, No. 12, pp. 13–21.
3. Verba V. S., *Radiolokatsionnye sistemy zemleobzora kosmicheskogo bazirovaniya*, Moscow: Radiotekhnika, 2010, 680 p.
4. Loupian E. A., Savorskii V. P., Bazovye produkty obrabotki dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli (Basic Earth Remote Sensing Data Processing Products), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 2, pp. 87–97.
5. Poletaev A. M., Standartizatsiya radiolokatsionnykh dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli kak protsedura opisaniya pokazatelei ikh informativnosti (Standardization of radar data of remote sensing of the Earth as a procedure for describing indicators of their information content), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Vol. 1, No. 5, pp. 303–310.
6. *CEOS WGD, Synthetic Aperture Radar Data Product Format Standards*, Rev. 2.0, CEOS, 1989, 140 p.
7. <http://www.cosmo-skymed.it/docs/ASI-CSM-ENG-RS-092-A-SKSARProductsHandbook.pdf>.