

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДЕПАРТАМЕНТ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ» РАН



**ИНФОРМАТИКА:
ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ**

*Материалы
XX Международной
научно-методической конференции*

Воронеж,
13-14 февраля 2020 г.

Под редакцией д.т.н. Зацаринного А.А., к.т.н. Борисова Д. Н.

Воронеж
Издательство
«Научно-исследовательские публикации»
2020

УДК 004.65+004.438.5

ББК Ч 481 (2) 22

И74

Оргкомитет:
Сопредседатели:

Ендовицкий Д. А. – ректор Воронежского государственного университета, д.э.н., профессор;

Мосолов О. Н. – руководитель Департамента образования, науки и молодежной политики Воронежской области;

Проскурин Д. К. – руководитель Департамента цифрового развития Воронежской области.

Заместители:

Чупандина Е. Е. – первый проректор — проректор по учебной работе, д. фарм. н., профессор;

Козадеров О. А. – проректор по науке и инновациям, д. х. н., доцент;

Зацаринный А. А. – зам. директора федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, д. т. н., профессор;

Савинков Ю. А. – ректор Воронежского института развития образования (ВИРО), д.т.н., профессор;

Алгазинов Э. К. – декан факультета компьютерных наук, д. ф.-м. н., профессор;

Борисов Д. Н. – доцент кафедры информационных систем, к. т. н., доцент;

Крыловецкий А. А. – доцент кафедры цифровых технологий, к.ф.-м.н., доцент.

Члены комитета:

Бойченко И. А., Вахтин А.А., Данышин Б. И., Монько Н.А., Соломатин Д. И., Таратухин В. В., Федоров М. Г., Шаров Ю. Н.

Программный комитет:

Артемов М. А., Бережная И. Ф., Васенин В. А., Гаршина В. В., Ерешко Ф. И., Запругаев С. А., Кобозева И. М., Кретов А. А., Крыловецкий А. А., Кургалин С. Д., Львович Я. Е., Матвеев М. Г., Махортов С. Д., Семенов М. Е., Сирота А. А., Сычев А. В., Толстобров А. П., Чижов М. И., Чечкин А. В., Шашкин А. И.

И74 Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XX международной научно-методической конференции / под редакцией А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 13-14 февраля 2020 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – 2305 с.

ISBN 978-5-6042216-9-3

В сборнике предлагаются научные работы, доклады и лекции, представленные на XX Международную научно-методическую конференцию «Информатика: проблемы, методы, технологии», проводимой Воронежским государственным университетом.

Сборник предназначен для научных работников, аспирантов и студентов старших курсов.

УДК 004.65+004.438.5

ББК Ч 481 (2) 22

© ФГБОУ ВО ВГУ, 2020

© ООО «Вэлборн», 2020

ISBN 978-5-6042216-9-3

Алгоритм конвертации сфокусированного радиолокационного изображения и метаданных в стандартизированный формат представления

Е. Р. Адамовский, e-mail: adamovskiy.y@pdu.by¹

Р. П. Богущ, e-mail: bogushr@mail.ru¹

Н. М. Наумович, e-mail: naumovich@bsuir.by²

¹Полоцкий государственный университет

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

***Аннотация.** Рассмотрен алгоритм представления радиолокационных данных в формате HDF5 с учетом его иерархии и особенностей обработки специализированными приложениями. Основные шаги его требуют преобразования исходных данных, формирования структуры целевого файла и последовательную запись согласно спецификации продукта, включая идентификационные, калибровочные, позиционные и геодезические значения. Представлены результаты обработки радиолокационного изображения с применением специализированного программного обеспечения, которые подтверждают корректность записи метаданных и сфокусированных данных в стандартизированный формат на основе представленного алгоритма.*

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

Введение

В настоящее время системами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) наиболее широко используется уровень представления данных 1A. Радиолокационные изображения (РЛИ) сопровождаются метаданными, т.е. дополнительной информацией, необходимой для обработки и идентификации продукта, который хранится в определенном формате. Практически каждая спутниковая система отличается использованием специализированного формата, поскольку не существует утвержденного и обязательного применения Международного стандарта [1-2]. При этом продукты спутниковых систем имеют общие компоненты: радиолокационные данные в виде матрицы отсчетов, орбитальные векторы спутника, его технические характеристики, параметры сцены, идентификаторы продукта.

При разработке новой системы ДЗЗ на базе радиолокационного синтезирования апертуры (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 [3]. Решение задачи в значительной мере определяет удобство работы со спутниковой информацией при ее обработке в наземном сегменте: совместимость со специализированным программным обеспечением (ПО), возможность дополнения или изменения продукта новыми данными, быстрдействие.

Среди используемых форматов перспективным является Hierarchical Data Format (HDF5) [4], поскольку он имеет возможность хранения радиолокационных данных и метаданных как в едином, так и в нескольких файлах без ограничений на количество записанной информации, для его поддержки разработаны библиотеки на многих распространенных языках, является открытым форматом и совместим со специализированным прикладным программным обеспечением.

1. Алгоритм представления данных в HDF5

В формате используется иерархическая структура, элементами которой являются каталоги, наборы данных и атрибуты. Применяются стандартные представления данных для совместимости с другими программными средствами: int; uint; float; double; string.

В продукте уровня 1А корневой каталог и вложенные группы S01 и B001 содержат информацию о полученных данных в текущем режиме съемки и определенном уровне представления, параметры их обработки, а также обобщенно описывают продукт в целом. Массивы данных SBI (Single Beam Image) и QLK (Quick Look) представляют сфокусированное двухканальное РЛИ и одноканальную копию с меньшим разрешением для возможности быстрого просмотра [5].

Формат используется действующей системой COSMO-SkyMed, которой предоставляются продукты уровней 1А-1D. Представление спутниковых данных в HDF5 должно быть реализовано с учетом спецификации продукта этой системы ДЗЗ для возможности проверки адекватности записи специализированным ПО [6]. С учетом этого предлагается алгоритм представления радиолокационных данных в формате HDF5, включающий следующие основные шаги:

1. Преобразование входных данных. Спецификацией COSMO-SkyMed [7] установлен тип набора данных для РЛИ – int16 в виде трехмерного массива, содержащего синфазный и квадратурный каналы. Сфокусированное изображение уровня 1А должно быть взвешенным и радиометрически выровненным в наклонно-азимутальной проекции, а также аннотированным параметрами географической привязки.

2. Формирование файла HDF5. Файлу необходимо иметь набор базовых атрибутов для идентификации его как продукта системы ДЗЗ, включая данные орбитальных состояний спутника в системе отсчета ECEF (Earth Centred - Earth Fixed), их количество и точки привязки по времени, а также ширину полосы съемки, время передачи пакета данных и полиномиальные коэффициенты.

3. Запись преобразованных радиолокационных данных и метаданных. Адрес хранения, наименование и форма записи компонентов продукта должны соответствовать спецификации продукта. Атрибуты, отражающие физические величины, требуется определить в единицах системы СИ. Формат записи всемирного координированного времени UTC (Coordinated Universal Time) – привести к виду ГГГГ-ММ-ДД чч:мм:сс.мс.

Спецификация продукта COSMO-SkyMed выделяет области атрибутов согласно их назначению, что определяет особенности записи радиолокационных данных в его структуру, рассмотренные ниже.

РЛИ содержит набор ключевых точек, являющихся координатами его географической привязки. Для продукта COSMO-SkyMed такими точками служат координаты его угловых элементов (Bottom Left Geodetic Coordinates, Bottom Right Geodetic Coordinates, Top Left Geodetic Coordinates, Top Right Geodetic Coordinates). Для корректного представления РЛИ необходимо наличие атрибутов Samples per Pixel (количество каналов данных), Sample Format (тип данных), Bits per Sample (количество памяти на пиксель).

Атрибуты разрешения данных (область Processing) дают информацию о масштабах сцены и используются для геометрических преобразований: Column Spacing (интервал между столбцами РЛИ), Line Spacing (интервал между строками РЛИ).

Калибровочные данные представлены в области Calibration, содержащей различные эталонные значения. Ключевой атрибут Calibration Constant отображает пропорцию между целевой энергией в исходном продукте и фактическим обратным рассеянием.

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.

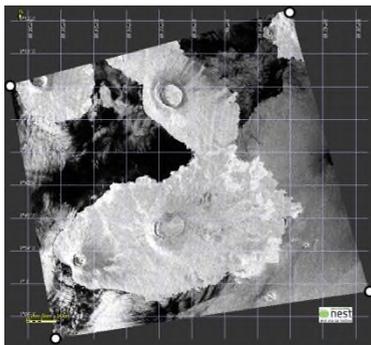
Векторы состояния спутника определяют траекторию орбитального тела и задаются атрибутами области Platform: количество векторов, отсчеты по времени, положения спутника и его скорости в системах ECEF и ECI.

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

Блок записи вторичных параметров продукта определяет атрибуты, необходимые для представления продукта, не использованные в других блоках. К ним относятся данные области Instrument: информация о поляризации и длине антенны, частоты радара и импульсов. Область PCD (Precise Orbit Determination) содержит параметры для точного определения орбиты и данные об изображении, например, процент перенасыщенных и недонасыщенных пикселей относительно пороговых значений, установленных в области Thresholds. Атрибуты области Specification перечисляют технические характеристики системы.

2. Результаты моделирования

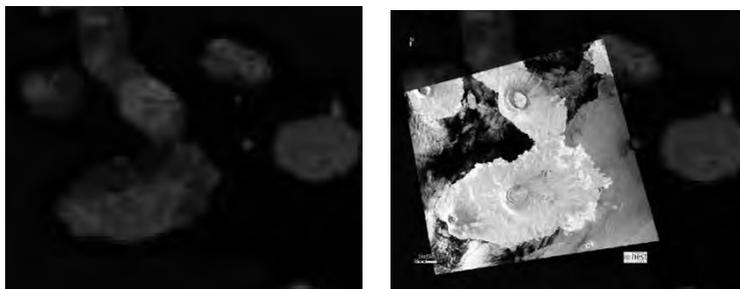
В качестве исходных данных для моделирования использовался продукт системы ДЗЗ ERS-1 со сфокусированным РЛИ. Особенностью продукта является отсутствие информации о координатах угловых элементов изображения, в таком случае необходимые значения должны быть получены аналитически. Учтены и другие особенности, например, отличная от продукта COSMO-SkyMed форма записи UTC, иные величины измерения ряда параметров и текстовый формат числовых данных. На рис. 1 представлен скриншот работы приложения NEST 5.1 с результатом моделирования: область с РЛИ, обработанным инструментом Reprojection, с наложением виртуальной сетки координат.



○ - координаты крайних угловых элементов РЛИ

Рис. 1. Обработанное инструментом Reprojection радиолокационное изображение в NEST 5.1

Инструмент Reprojection в NEST 5.1 искажает РЛИ так, чтобы координаты угловых элементов изображения совпадали с координатами на географической земной сетке, при этом используется информация о геоиде, межпиксельном и межстрочном интервалах РЛИ. Для полученного изображения доступен режим проекции на карту Земли NASA Blue Marble, которая отображается в NEST 5.1. Участок этой карты (рис. 2а), содержащий спутниковое изображение островов (светлые участки) на фоне океана (темная заливка), может быть использован для наложения обрабатываемого РЛИ (рис. 2б).



а

б

а - участок карты NASA Blue Marble, б - аналогичный участок карты с проекцией результирующего изображения

Рис. 2. Проекция РЛИ на прямоугольную координатную сетку

Сравнение рис. 2а и 2б демонстрирует совпадение очертаний объектов исходной карты и проекции, что подтверждает правильное выполнение данной операции за счет корректного представления метаданных в формате HDF5.

Заключение

Разработан алгоритм представления набора метаданных и сфокусированных радиолокационных данных РСА системы ДЗЗ в стандартный формат HDF5, позволяющий выполнять дальнейшую обработку с использованием специализированного ПО. Алгоритм включает формирование файла HDF5, преобразование исходных данных согласно спецификации COSMO-SkyMed и их запись.

Адекватность алгоритма проверена результатами дальнейшей обработки РЛИ, подтверждающими корректность записи радиолокационных данных в формат HDF5 с применением ПО NEST 5.1 на примере обработки продукта системы ДЗЗ ERS-1.

Список литературы

1. Полетаев, А. М. Стандартизация радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли как процедура описания показателей их информативности / А. М. Полетаев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2008. – Т. 1. – № 5. – С. 303-310.
2. Беленов, А. В. Стандартные уровни обработки и форматы представления данных ДЗЗ из космоса. Мировой опыт / А. В. Беленов // Геоматика. – 2009. – № 4. – С. 18-202.
3. View Seasat HDF5 Data [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : <https://www.asf.alaska.edu/asf-tutorials/data-recipes/view-seasat-hdf5-data/>
4. HDF5 Support Page [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа : <https://portal.hdfgroup.org/display/HDF5/HDF5>
5. Адамовский, Е. Р. Преобразование выходного продукта системы дистанционного зондирования Земли SENTINEL-1 в формат HDF5 / Е. Р. Адамовский, Р. П. Богуш // Информация и космос. – 2019. – № 3. – С. 102-113.
6. Адамовский, Е.Р. Особенности представления радиолокационных данных ДЗЗ в формате HDF5 / Е. Р. Адамовский, Р. П. Богуш // Современные средства связи: материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф., 17-18 окт. 2019 года, Минск, Респ. Беларусь; редкол. : А. О. Зеневич [и др.] – Минск: Белорусская государственная академия связи, 2019. – С. 117-118.
7. COSMO-SkyMed SAR Products Handbook [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа : <http://www.cosmo-skymed.it/docs/ASI-CSM-ENG-RS-092-A-CSKSARProductsHandbook.pdf>