

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ДК 621.396

№ госрегистрации 20160440

Инв №

Проректор по научной работе
к.т.н., доцент

_____ Д.О. Глухов

«28» декабря 2018г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
«Форматы и особенности представления основных и
вспомогательных радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли
космического радиолокатора с синтезированной апертурой X-диапазона»

в рамках задания
«Исследования по формированию состава и форматов представления основных и
вспомогательных радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли
космического радиолокатора с синтезированной апертурой X-диапазона»
(заключительный)

ГПНИ «Информатика, космос и безопасность» 1.1.11

Начальник ОСНИ

_____ Т.В. Гончарова

«28» декабря 2018г.

Научный руководитель
заведующий кафедрой ВСиС,
к.т.н., доцент

_____ Р.П. Богуш

«28» декабря 2018г.

Новополоцк 2018

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель, заведующий кафедрой вычислительных систем и сетей, к.т.н., доцент	_____	Богуш Р.П. (введение, п.1.3,2.1, гл. 3 заключение)
Старший преподаватель кафедры энергетики и электроники, м.т.н., ответственный исполнитель	_____	В.М. Чертков (п.1.2, п.3.3)
Ассистент кафедры вычислительных систем и сетей, м.т.н.	_____	С.А. Игнатьева (п.1.1, 3.2)
Магистрант кафедры вычислительных систем и сетей	_____	И.Ю. Захарова (п.2.1-2.2, 3.1)
Нормоконтролер	_____	Ищенко Л.В.

Реферат

Отчет 70 с., 20 рис., 2 табл., 31 источник, 4 прил.

РАДИОЛОКАТОР, СИНТЕЗИРОВАННАЯ АПЕРТУРА, ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ, УРОВНИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ, ФОКУСИРОВКА

Цель - исследование особенностей и форматов представления данных функционирования радиолокатора с синтезом апертуры дистанционного зондирования Земли для построения радиолокационного изображения.

При проведении исследований использовались методы цифровой обработки сигналов, векторно-матричных операций, дискретной математики, программирования и компьютерного моделирования.

Определены требования к формату и составу представления необработанных радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли в соответствии с требованиями Комитета по спутниковым наблюдениям Земли. Для представления необработанных радиолокационных данных применяется формат, предписывающий использование структуры из четырех файлов, включая файл каталога тома, файл заголовка, файл данных, файл нулевого тома.

Определены состав и структура представления обработанных до уровня 1 В радиолокационных данных и вспомогательных метаданных спутника TerraSAR-X. Основные данные в комплексном виде представляются в файле формата COSAR в виде прямоугольной матрицы, в которой каждый столбец соответствует расстоянию по дальности и содержит информацию о данных азимута. Метаданные располагаются в первых четырех строках матрицы и в начале каждой последующей строки.

Разработан алгоритм сжатия радиолокационных данных на основе энтропийно-ограниченного блочного адаптивного квантования, который требует выполнения этапов для блока: расчет количества уровней; определение размера шага; квантование данных на основе рассчитанных значений; определение среднеквадратического отклонения (СКО); вычисление энтропии; если значение энтропии больше заданной разрядности выходных данных, то повтор квантования с уменьшенным на единицу шагом; если значение СКО больше порогового уровня, то увеличение на единицу числа уровней и повтор квантования; если максимальный индекс квантователя превышает значение разрядности выходных данных, то повтор квантования с увеличением пороговых значений; запись индексов уровней и максимальной амплитуды; кодирование алгоритмом Хаффмана.

Результаты НИР используются при организации учебного процесса для студентов специальностей 1-39 01 01 «Радиотехника» и 1-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети» первой ступени высшего образования и специальности 1-40 80 04 «Математическое моделирование, численные методы и комплекс программ» второй ступени высшего образования.

Содержание

Введение	6
1 Форматы представления радиолокационных данных	8
1.1 Представление необработанных данных в формате CEOS	8
1.1.1 Состав и общая структура	8
1.1.2 Структура файла каталога тома	9
1.1.3 Структура файла заголовка	10
1.1.4 Структура файла данных	13
1.1.5 Структура файла нулевого тома	14
1.2 Представление радиолокационных данных с учетом особенностей структуры и формата системы TerraSAR-X	15
1.2.1 Общая структура пакета данных	15
1.2.2 Изображения предварительного просмотра	17
1.2.3 Особенности представления данных радиолокационного изображения в формате COSAR	17
1.2.4 Вспомогательные данные геопривязки	21
1.2.5 Методика представления радиолокационных данных в формате COSAR	22
1.3 Представление радиолокационных данных группой спутников OSMO-SkyMed	23
1.3.1 Уровни формируемых данных	23
1.3.2 Особенности структуры и формата представления данных	24
1.3.2.1 Описание групп	25
1.3.2.2 Описание наборов данных	26
2 Разработка алгоритмов сжатия и пакетирования радиолокационных данных	28
2.1 Модифицированный алгоритм сжатия на основе энтропийно-ограниченного блочного адаптивного квантования	28
2.2 Алгоритм пакетирования данных	29
3. Моделирование алгоритмов обработки сигнала и базовой схемы построения радиолокационного изображения	32
3.1 Моделирование пакетирования данных	32
3.2 Моделирование формирования радиолокационного изображения для данных, представленных в формате CEOS	34
3.2.1 Программная реализация модели	34
3.2.2 Анализ представляемых данных ERS-1 и ERS-2	39
3.2.3 Обработка данных со спутника ERS-1	41
3.2.4. Обработка данных со спутника ERS-2	43
3.3 Моделирование базовой схемы обработки сигналов PCA	45
Заключение	47
Список использованных источников	49

Приложение А Состав необработанных радиолокационных данных в соответствии с рекомендациями СЕОС	52
Приложение Б Перечень публикаций по заданию 1.1.11 за 2016-2018гг	65
Приложение В Список конференций, на которых представлялись результаты исследований	67
Приложение Г Акты внедрения результатов НИР	68

Список использованных источников

1. Верба, В. С. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования // В. С. Верба, Л. Б. Неронский, И. Г. Осипов, В. Э. Турук – Москва: Радиотехника, 2010. –680 с.
2. Шпенст, В. Радиолокационные станции дистанционного зондирования Земли космического базирования / В. Шпенст // Компоненты и технологии. – 2013. – № 3. – С. 154–58.
3. CEOS WGD on Synthetic Aperture Radar Data Product Format Standards issue 2 Revision (CEOS-SAR-CCT) // Committee on Earth Observation Satellite (CEOS) Data Subgroup, 1989.
4. Беленов, А.В. Стандартные уровни обработки и форматы представления данных ДЗЗ из космоса. Мировой опыт /А.В. Беленов // Геоматика. - 2009. - № 4. - С. 18-20.
5. 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. – №5.-Т.1 – С. 303–310.
6. Федоткин, Д. И. Технологии предварительной обработки данных ДЗЗ: опыт ИТЦ "СканЭкс"в создании программного обеспечения и организации обработки данных в составе приемных комплексов / Д.И. Федоткин // Пространственные данные. - 2006. - №1. - С. 40-43.
7. Самые точные и детальные геопространственные данные. TerraSAR-X, TanDEM-X [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://innoter.com/satellites/931>
8. Document specifying the format of delivery, data structure, metadata information of TerraSAR-X data products [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.intelligence-airbusds.com/files/pmedia/public/r460_9_030201_level-1b-product-format-specification_1.3.pdf
9. Богуш, Р.П. Структура и формат представления радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли спутником TerraSAR-X / Р.П. Богуш, В.М. Чертков, Н.М. Наумович // Информатика: проблемы, методология, технологии. Материалы XVII Междун. конф., 9-10 февраля 2017 г. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 2017. –Т.4 - с.8-13
10. Чертков, В.М. Особенности структуры и формата представления радиолокационных данных спутником TerraSAR-X/ В.М. Чертков, Р.П. Богуш, Н.М. Наумович // Вестник Полоцкого государственного университета, серия С. Фундаментальные науки, 2017г. №4 – с. 21-27
11. Geohazard Supersites and Natural Laboratories [Electronic resource]. – Mode of access: http://eo-virtual-archive4.esa.int/search/ER02_SAR_RAW_0P/ER02_SAR_IM__0P_20110701T182202_20110701T182219_DPA_84681_0000.CEOS.tar/html/

12. Богуш, Р.П. Моделирование алгоритма формирования радиолокационного изображения на основе представленных в формате CEOS необработанных данных дистанционного зондирования Земли / Р.П. Богуш, С.А. Игнатъева, Н.М. Наумович, С.П. Урбанович // Вестник Полоцкого государственного университета, серия С. Фундаментальные науки. - 2016г. - №12. – с. 13-21
13. COSMO-SkyMed SAR Products Handbook - e-GEOS [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.e-geos.it/products/pdf/csk-product%20handbook.pdf>
14. Лукьянов А.О. Особенности представления радиолокационных данных группой спутников COSMO-SkyMed в формате HDF / А.О. Лукьянов, Р.П. Богуш // Информатика: проблемы, методология, технологии. Материалы XVII Междун. конф., 9-10 февраля 2017 г. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 2017. –Т.4 - с. 42-47
15. Technical Note: Envisat ASAR Data Decoding//[Electronic resource]. – Mode of access: <https://earth.esa.int/documents/10174/1592412/ENVTEC145F.pdf>. – Date of access: 18.03.17.
16. Agrawal, N. SAR signal processing algorithms / N. Agrawal, K. Venugopalan // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2009. – V. 4. – № 9. – P. 40–45.
17. Algra, T. Compression of raw SAR data using entropy-constrained quantization // IEEE IGARSS, Honolulu, HI, 14 June 2000. – Vol. 6. – P. 2660–2662.
18. Algra, T. Advanced on-board SAR data compressor/ T. Algra, L. Bierens [Electronic resource]. – Mode of access: <https://reports.nlr.nl/xmlui/bitstream/handle/10921/337/TP-2006-274.pdf?sequence=1>. – Date of access: 15.07.17.
19. Algra, T. Data compression for operational SAR missions using Entropy-Constrained Block Adaptive Quantisation // [Electronic resource]. – Mode of access: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.160.3687&rep=rep1&type=pdf>– Date of access: 15.07.17.
20. Богуш, Р.П. Моделирование сжатия радиолокационных данных дистанционного зондирования земли алгоритмом ЕСВАQ и представления восстановленных данных в формате CEOS / Р.П. Богуш, И.Ю. Захарова, Н.М. Наумович, // Вестник Полоцкого государственного университета, серия С. Фундаментальные науки, 2017г. №12 – с. 21-27
21. Agrawal, N. Analysis of Complex SAR Raw Data Compression/ Agrawal, N., Venugopalan, K. // Progress In Electromagnetics Research Symposium, Cambridge, USA, July 2–6, 2008 P. 155 - 160
22. Benz, U. A Comparison of Several Algorithms for SAR Raw Data Compression / U. Benz, K. Strodl, A. Moreira // IEEE Transactions on geoscience and remote sensing. – 1995. – V. 33. – № 5. – P. 1266–1276
23. Peshkova, S. Analysis of Complex SAR RAW Data Compression/S. Peshkova, S. Vnotchenko// [Electronic resource]. – Mode of access: http://adsbit.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?bibcode=2000ESASP.450D..19F&db_key=AST&page_ind=555&plate_sel

ect=NO&data_type=GIF&type=SCREEN_GIF&classic=YES. – Date of access: 14.02.17.

24. Ватолин, Д. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео//Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. - 384 с.

25. CCSDS Draft Green Book, Issue 0.2, CCSDS 130.3-G-0.2. April 2004, Sagamihara, Japan

26. Sentinel-I SAR Space Packet Protocol Data Unit, S1-IF-ASD-PL-0007, Issue 12, 2014, 85p

27. Zakharova, I. Synthetic aperture radars data formatting based on space packet protocol / I. Zakharava, R. Bohush // European and National Dimension in Research: materials of the X Junior Researchers' Conf., Novopolotsk, May 10-11, 2018 / Polotsk State University.-Novopolotsk, 2018 – p.237-240

28. Захарова, И.Ю. Моделирование пакетирования необработанных основных и вспомогательных данных РСА космического аппарата/ Захарова И.Ю., Богуш Р.П., Наумович Н. М. // Информатика: проблемы, методология, технологии. Материалы XVIII Междун. конф., 8-9 февраля 2018 г. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 2018. –Т.5 - с.239-242

29. Geohazard Supersites and Natural Laboratories. GEO - Group on Earth Observations. [Electronic resource]. - Mode of access: http://eo-virtual-archive4.esa.int/search/ER01_SAR_IM__0P/html/?name=Franche-Comte . - Date of access: 22.03.16.

30. Богуш, Р.П. Моделирование алгоритмов обработки данных радиолокатора с синтезом апертуры космического аппарата для их передачи и формирования радиолокационного изображения/ Р.П. Богуш, В.М. Чертков, И.Ю. Захарова, Н.М. Наумович // Вестник Полоцкого государственного университета, серия С. Фундаментальные науки, 2018г. №12 – с. 2-8

31. Богуш, Р.П. Алгоритмы обработки данных РСА космического аппарата для их передачи и восстановления / Р.П. Богуш, В.М. Чертков, И.Ю. Захарова, Н.М. Наумович // Информационные технологии в науке, образовании и производстве: VII Междунар. научн.-технич. конф. (17-19 октября 2018г. Белгород): сборник трудов конференции. – Белгород: Изд. ООО «ГиК», 2018 – с. 383-387