

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2020)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и
теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>к.т.н., доцент (Россия)</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD, доцент</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/RLIU3361>**С. П. Моисеева**

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Российская Федерация, г. Томск

ПОДГОТОВИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С УЧЕТОМ МЕЖДИАПАЗОННОЙ КОРРЕЛЯЦИИ С ПОТЕРЯМИ И БЕЗ ПОТЕРЬ

В настоящей статье проводится исследование подготовительной обработки алгоритмов сжатия гиперспектральных аэрокосмических изображений с учетом междиапазонной корреляции с потерями и без потерь. Полученные результаты сравнения преобразованных гиперспектральных АИ с JPEG 2000 Lossless с помощью полученных вейвлет-коэффициентов позволяют предположить эффективность применения подготовительных этапов.

Ключевые слова: гиперспектральные изображения, предварительные преобразования, степень сжатия, алгоритмы, корреляция.

Введение

Современные спутниковые центры космического мониторинга и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяют оперативно принимать, регистрировать, обрабатывать, архивировать и распространять большие объемы данных, составляющие порой сотни гигабайт. Передаваемые данные накапливаются на наземных станциях, занимая при этом огромное дисковое пространство, требующее в свою очередь затраты на их хранение. Известно, что аэрокосмические изображения (АИ) характеризуются следующими характеристиками – спектральным, радиометрическим, пространственным разрешениями, геометрическими размерами сцены, отличающиеся различным числом каналов и диапазонов. В гиперспектральных АИ для каждого пикселя в изображении, гиперспектральная камера принимает интенсивность света для большого числа (обычно несколько десятков до нескольких сотен) смежных спектральных диапазонов. Каждый пиксель в изображении, таким образом,

содержит непрерывный спектр и может быть использован для характеристики объектов в сцене с большой точностью и детализацией [1, 2, 3]. Следовательно, гиперспектральные АИ приводят к значительно улучшенной способности классифицировать объекты в сцене на основе их спектральных свойств. В связи с богатым содержанием информации в гиперспектральных АИ, они однозначно хорошо подходят для автоматизированной обработки изображений ДЗЗ. В последнее время большинство исследователей при решении задач ДЗЗ особое внимание уделяют гиперспектральным АИ.

Гиперспектральные АИ, характеризующиеся различным числом каналов, спектральным диапазоном и радиометрическим разрешением, передаются с космических аппаратов (КА) на наземные станции, требующие архивирования в подсистемах хранения данных ДЗЗ ограниченной емкости по каналам связи ограниченной пропускной способности [4]. В связи с этим, одной из важных задач является архивирование гиперспектральных АИ. В основе таких систем архивирования лежат различного рода форматы, методы и алгоритмы сжатия. Проблемы связанные с разработкой современных систем сжатия для архивирования гиперспектральных АИ, можно разделить на два основных направления:

1) разработка высокопроизводительных методов и алгоритмов сжатия гиперспектральных АИ на борту КА с целью уменьшения вычислительных ресурсов для их архивации;

2) разработка эффективных методов и алгоритмов сжатия гиперспектральных АИ в центрах аэрокосмического мониторинга и обработки таких изображений с высокими показателями архивации.

К первому направлению относится создание систем архивации на борту КА, разработка которых является достаточно трудоемкой и сложной задачей. Уровень сложности такой задачи определяется в том, что вычислительные процессы архивации приводят к увеличению временной разрешающей способности.

Второе направление предполагает разработку и использование наиболее эффективных подходов к методам и алгоритмам сжатия гиперспектральных АИ. При этом возникает ситуация, когда необходимо исследовать проблемы задачи сжатия гиперспектральных АИ, на наличие известных решений для её решения.

Материалы и методы

Для исследования вышеописанной проблемы представим наиболее известные системы сжатия гиперспектральных АИ. В настоящее время существует программное обеспечение, предназначенное для сжатия гиперспектральных АИ. К ним относятся ERDAS Imagine, ERDASER Mapper, ArcView GIS, GeoExpress, которое все чаще наделяют специализированными модулями для сжатия АИ. Так, пакет ERDAS Imagine, а также ArcView GIS

имеют инструменты сжатия изображений в формате MrSID (IMAGINE MrSID Desktop Encoder и IMAGINE MrSID Workstation Encoder). Их суть, в том, что при создании изображения MrSID использует дискретное вейвлет-преобразование без потерь и с потерями. Система ERDASER Mapper имеет модули сжатия с потерями данных на основе стандартов JPEG2000 и Enhanced Compression Wavelet (ECW) [5–9]. Программный продукт GeoExpress использует JPEG2000 и формат MrSID.

Вышеперечисленные программные системы всё чаще включают в себя алгоритмы и методы сжатия гиперспектральных АИ на основе известных стандартов и форматов.

По результатам анализа имеющихся специализированных систем для сжатия гиперспектральных АИ показано что, многие системы используют небольшой спектр форматов сжатия с потерями и без потерь JPEG 2000, MrSID и ECV. Помимо специализированных систем для сжатия исследованы частные реализации, которые ведутся по обработке гиперспектральных АИ данные работы отражены в [10–15].

В данных работах проводились исследования проблем и перспектив сжатия гиперспектральных данных с потерями и без потерь. Большинство подходов основано на вейвлетах с потерями и без потерь. Среди разработок сжатием без потерь занимается меньшее число исследователей.

На основе вышеизложенных подходов к алгоритмам и методам сжатия гиперспектральных АИ можно сделать вывод, что наиболее широко использованными способами решения задачи сжатия могут являться:

- учет спектральной корреляции, что дает определенные преимущества на основе рассчитанной корреляционной матрицы;
- адаптивное вейвлет преобразование;
- метрики для оценки критериев качества восстановленных изображений PSNR, MSE, PMSE и др.

Результаты исследования

Проведены экспериментальные исследования подготовительной обработки данных для сжатия гиперспектральных АИ на основе разработанных алгоритмов по характеристикам степени сжатия без потерь и с потерями.

Подготовительная обработка для сжатия гиперспектральных АИ без потерь. Рассмотрим подготовительную обработку адаптированного алгоритма данных перед сжатием гиперспектральных АИ без потерь с учетом междиапазонной корреляции. Алгоритм предлагается реализовать в три этапа:

1 Преобразование структуры данных на основе исходного гиперспектрального АИ, хранящей значения вейвлет-коэффициентов, на примере одномерного вейвлета Хаара и учет междиапазонной корреляции

между каналами изображений путем её подсчета (формирования массивов отклонений (разностей) исходных данных от значений найденной функциональной зависимости).

2 Адаптированная обработка преобразованных массивов данных с учетом поблочного формирования гиперспектральных АИ.

3 Сжатие одним из энтропийных алгоритмов.

II Подготовительная обработка для сжатия гиперспектральных АИ с потерями. Рассмотрим подготовительную обработку, основанной на вейвлет преобразованиях с учетом междиапазонной корреляции перед сжатием гиперспектральных АИ без потерь.

Возможные следующие этапы подготовительных обработок гиперспектральных АИ на основе предлагаемых этапов:

1 Учет междиапазонной корреляции между каналами АИ.

2 Преобразование структуры данных на основе исходного гиперспектрального АИ, хранящей значения вейвлет-коэффициентов, на примере одномерного и двумерного вейвлета Хаара [16].

3 Преобразование структуры данных на основе исходного гиперспектрального АИ, хранящей значения вейвлет-коэффициентов, на примере одномерного вейвлета Добеши [17].

4 Преобразование на основе этапов 1–3 путем заданного шага квантования вейвлет-коэффициентов.

5 Использование стандартных метрик для оценки критериев качества восстановленных изображений PSNR, MSE, PMSE и др.

6 Сжатие одним из стандартных энтропийных алгоритмов.

Для определения эффективности предлагаемого алгоритма с точки зрения степени сжатия, а также пределов его применимости проведен ряд экспериментов на гиперспектральных АИ. Выполнено сравнение предложенного алгоритма с результатами экспериментов, полученных для универсальных алгоритмов сжатия архиваторов и компрессора Lossless JPEG 2000, широко применяемого в коммерческих системах обработки данных ДЗЗ. Эксперименты степени сжатия в сравнении с известными архиваторами и JPEG 2000 представлены на графике по степени сжатия без потерь, рис. 1. Подготовительная обработка и алгоритмы сжатия I

Как видно из рис. 1, показатели степени алгоритма сжатия I превосходят в степени сжатия архиваторы WinRar, WinZip и Lossless JPEG более чем на 80%.

Показатели степеней сжатия двумерного и одномерного вейвлета преобразования Хаара, Добеши и JPEG 2000 Lossy представлены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, показатели степеней сжатия преобразование одномерного и двумерного вейвлета Хаара с потерями превосходят в степени сжатия вейвлет Добеши и компрессора Lossless JPEG 2000.



Рисунок 1 – Сравнение алгоритмов сжатия без потерь по степени сжатия

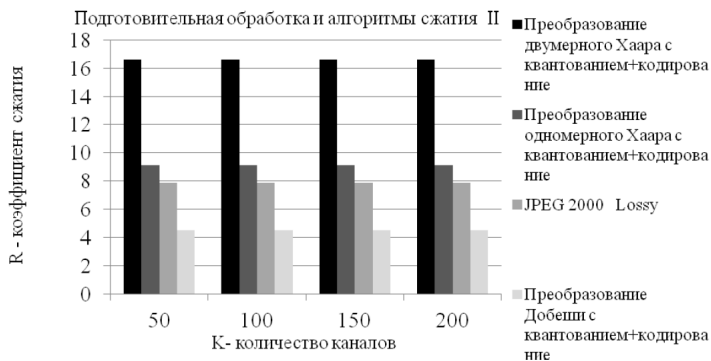


Рисунок 2 – Показатели степеней сжатия алгоритмов с потерями

Выводы

На основе проведенных исследований следует сделать следующие выводы: подготовительная обработка без потерь с учетом междиапазонной корреляции и предложенного алгоритма позволяет повысить степень сжатия до ($R=9$), чем в предложенных алгоритмах [11–13, 15]; предлагаемый подход с потерями определяется в адаптивных преобразованиях, основанных на вейвлет преобразованиях Хаара и Добеши путём применения заданного шага квантования и последующего арифметического кодирования; полученные результаты сравнения преобразованных гиперспектральных АИ с JPEG 2000 Lossless с помощью полученных вейвлет-коэффициентов позволяют предположить эффективность применения подготовительных этапов.

Список использованных источников

- 1 [Электронный ресурс]. – // URL: http://www.en.wikipedia.org/wiki/Panchromatic_film.html (дата обращения: 15.02.2015).
- 2 [Электронный ресурс]. – // URL: http://www.en.wikipedia.org/wiki/Multispectral_image (дата обращения: 16.02.2015).
- 3 [Электронный ресурс]. – // URL: http://www.hyspex.no/hyperspectral_imaging/ (дата обращения: 16.02.2015).
- 4 [Электронный ресурс]. – // URL: http://www.aviris.jpl.nasa.gov/aviris/data_facility.html (дата обращения: 16.02.2015).
- 5 [Электронный ресурс]. – // URL: <http://www.gisa.ru/1489.html> (дата обращения: 02.03.2015).
- 6 [Электронный ресурс]. – // URL: <http://www.wikipedia.org/wiki/MrSID> (дата обращения: 03.03.2015)
- 7 [Электронный ресурс]. – // URL: <http://www.wikipedia.org/wiki/MrSID> (дата обращения: 10.03.2015)
- 8 [Электронный ресурс]. – // URL: <http://www.jpeg.org/jpeg2000/> (дата обращения: 01.03.2015)
- 9 [Электронный ресурс]. – // URL: http://www.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Compression_Wavelet (дата обращения: 01.03.2015)
- 10 **Mohand, O., Akrou, L. and etc.** Aviris Hyperspectral Images Compression Using 3d Spiht Algorithm // Journal of Engineering (IOSRJEN) e-ISSN: 2250-3021, p-ISSN: 2278-8719. – 2012. – Vol. 2, Issue 10, – P. 31 – 36.
- 11 **Cheng-chen, L., Yin-Tsung, H.** Lossless Compression of Hyperspectral Images Using Adaptive Prediction and Backward Search Schemes // Journal of information science and engineering. – 2011. – No. 27. P. 419 – 435.
- 12 **Emmanuel, C.** Hyperspectral Data Compression Tradeoff. Augmented Vision and Reality, 3, DOI: 10.1007/978-3-642-14212-3_2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2011. – 22 p.
- 13 CCSDS Secretariat. Lossless multispectral & hyperspectral image compression. CCSDS Recommended standard for lossless multispectral & hyperspectral image compression. Recommended Standard, Space Communications and Navigation Office, 7L70. NASA Headquarters. Washington, DC 20546-0001, USA. – 2012. – 52 p.
- 14 **Sindhuja, N. M., Arumugam, A.** SPIHT based compression of hyper spectral images // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. – 2013. – Vol. 2, Issue 10, – P. 4933 – 4938.
- 15 **Yuan, L., Jianping, L and Ke G.** Lossless compression of hyperspectral images using hybrid context prediction // OPTICS EXPRESS. – 2012. – Vol. 20, – No. 7, – P. 8199 – 8206.

16 **Richard, W., Hamming, N.** Haar Wavelets // CRC Press LLC. – 1999. – 28 p.

17 **Daubechies, I.** Lectures on Wavelets // SIAM. – 1992. – 343 p.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

S. P. Moiseeva

Гиперспектралық аэростаныстық кесіпкерлерге сыққыш алгоритмдерін дайындау өндірісі жоғалыстар мен шығындары жоқ

Томбы мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті,

Ресей Федерациясы, Томбы қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

S. P. Moiseeva

Preparatory processing of compression algorithms for hyperspectral aerospace images taking into account interband correlation with losses and without losses

National Research Tomsk State University,

Tomsk, Russian Federation.

Material received on 11.12.20.

Бұл мақалада біз шығындармен және жоғалтпау арасындағы корреляцияны ескере отырып, гиперспектрлік аэроғарыштық кескіндерді қысу алгоритмдерін дайындықпен өңдеуді зерттейміз. Алынған вейвлет коэффициенттерін қолдана отырып, конверсияланған гиперспектрлік AI мен JPEG 2000 Lossless салыстырудың алынған нәтижелері дайындық кезеңдерін қолданудың тиімділігін көрсетеді.

Кілтті сөздер: гиперспектрлік кескіндер, алдын-ала түрлендірулер, сығымдау коэффициенті, алгоритмдер, корреляция.

In this article, we study the preparatory processing of compression algorithms for hyperspectral aerospace images, taking into account the interband correlation with losses and without losses. The obtained results of comparing the transformed hyperspectral AI with JPEG 2000 Lossless using the obtained wavelet coefficients suggest the effectiveness of the use of the preparatory stages.

Keywords: hyperspectral images, preliminary transformations, compression ratio, algorithms, correlation.

Теруге 11.12.2020 ж. жіберілді. Басуға 17.12.2020 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

3,99 Mb RAM

Шартты баспа табағы 26,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3715

Сдано в набор 11.12.2020 г. Подписано в печать 17.12.2020 г.

Электронное издание

3,99 Mb RAM

Усл. печ. л. 26,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3715

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik.tou.edu.kz