

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

SIBIRIAN
FEDERAL
UNIVERSITY



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ

проректор по образовательной
деятельности ФГАОУ ВО

«Сибирский федеральный
университет»,

660041, РОССИЯ, Красноярск, проспект Свободный, 79
телефон (391)2-44-82-13, тел./факс (391)2-44-86-25
http://www.sfu-kras.ru, e-mail: office@sfu-kras.ru

Светлана Павловна Басалаева

№ _____
на № _____ от _____

«01» 02 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Сариновой Асии Жумабаевны «Математическое и программное обеспечение сжатия гиперспектральных изображений с использованием разностно-дискретных преобразований», на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Актуальность темы диссертации. В настоящее время существуют сферы науки и другой человеческой деятельности, использующие гиперспектральные изображения (ГИ). Источниками ГИ могут быть данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), а также данные других предметных областей – физики, химии, биологии и медицины. Особенно актуальны исследования с использованием ГИ в ДЗЗ, которые характеризуются объемом данных, требующим большого дискового пространства.

Для сжатия ГИ в настоящее время применяются универсальные и широко известные алгоритмы и средства сжатия, без потерь и с потерями. Среди них выделяют стандартные алгоритмы арифметического кодирования такие как, алгоритм Шеннона-Фано, Хаффмана, Lempel-Ziv-Welch (LZW), Фибоначчи, Коломба, Райса и др., а также специализированные алгоритмы и стандарты сжатия *JPEG, JPEG 2000, MrSID, ECW*, которые являются основными в известных

геоинформационных системах *ERDAS IMAGINE*, *ERDAS ER Mapper*, *ESRI ArcView GIS*, *GeoExpress*, *Mapinfo*, *IDRISI Selva* и др.

Очевидно, возникает идея снижения избыточности сжимаемых данных в канале за счёт предсказания данных относительно одного другого канала, лежащего близи по спектру, либо за счёт интерполяции между двумя смежными каналами. Отметим, что аналогичные подходы используются при сжатии видеоизображений, только там используется межкадровые интерполяция и предсказание, а в данной работе – учет межканальной корреляции с использованием разностно-регрессионных и дискретных преобразований.

Сегодня активно ведутся разработки подобных решений различными исследовательскими коллективами. Учёными КНР, Южной Кореи, США, Италии, Индии, Египта, России и других стран Pizzolante R., Sujithra D.S., Zhang Li, Chang C., Lin S., Wang X., Kaarna A, Toivanen P., Бондур В.Г., Попов М.А., Воробьев В.И., Грибунин В.Г., Ватолин Д.С., Смирнов М. В., Юкин В. А., Ратушняк А.В., Петров Е. П., Харина Н. Л., Сухих П. Н., Гашников М. В., Глумов Н. И., Сергеев В. В. разработано множество алгоритмов и методов для сжатия ГИ.

Однако, эти решения все еще демонстрируют невысокие показатели степени сжатия и вычислительной эффективности, а при сжатии с потерями демонстрируют невысокое качество восстановленных изображений. В связи с этим, задача построения алгоритмического и программного обеспечения сжатия ГИ, учитывающего специфические особенности структуры гиперспектральных данных, и позволяющего добиться более высоких показателей степени сжатия, в том числе с сохранением минимального уровня потерь, является актуальной.

В настоящей диссертационной работе приводится исследование математического и программного обеспечения сжатия гиперспектральных изображений с использованием разностно-дискретных преобразований.

Характеристика диссертационной работы по главам. Диссертация Сариновой А. Ж. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников. Текст работы изложен на 121 странице. Список использованных источников включает в себя 139 наименований.

Во **введении** описана актуальность работы, выполнен обзор литературы, определены цель и задачи исследования.

В **первой главе** изложены универсальные и специализированные методы, алгоритмы и программные средства сжатия изображений с потерями и без потерь, применимые и для ГИ. Проведенный анализ позволил выявить ключевые направления совершенствования специализированных методов и алгоритмов сжатия ГИ – использование разностно-дискретных преобразований и адаптивного энтропийного кодирования на этапе сжатия с учётом специфики данных. Выявлен потенциал для совершенствования имеющихся подходов в повышении степени сжатия, вычислительной эффективности и минимизации уровня потерь.

Во **второй главе** описано семейство оригинальных алгоритмов сжатия ГИ без потерь и с потерями, имеющих увеличенные показатели вычислительной эффективности и степени сжатия с сохранением минимального уровня потерь. Для решения задачи сжатия гиперспектральных АИ, с учётом анализа существующих аналогов в первой главе, разработаны оригинальные алгоритмы без потерь и с потерями. Предложен оригинальный алгоритм без потерь с увеличенной степенью сжатия (АУСС) ГИ. Для повышения вычислительной эффективности изложенного алгоритма предложена модификация, заключающаяся в исключении этапа группирования каналов и включении их попарного упорядочивания с использованием регрессионного анализа. Для создания алгоритмов сжатия ГИ с потерями со значительно более высокими коэффициентами степени сжатия предложен алгоритм с определением коэффициента квантования и кодированием Хаффмана при заданном минимальном уровне потерь.

В **третьей главе** описаны результаты экспериментальных исследований оригинальных алгоритмов в сравнении со стандартными и специализированными аналогами по степени сжатия, вычислительной эффективности и уровню потерь. Отмечено, что алгоритмы сжатия без потерь с учетом междиапазонной корреляции, с использованием разностно-дискретных преобразований, превосходят другие алгоритмы по совокупности показателей.

Представлены результаты практического сравнения алгоритмов с аналогами. Для оценки качества восстановленных гиперспектральных АИ приведены результаты экспериментальных исследований предложенных алгоритмов сжатия с потерями с использованием различных метрик качества. Предложенные алгоритмы сжатия с потерями и без потерь демонстрируют высокие показатели степени сжатия, а также высокие показатели качества восстановленных изображений.

В четвертой главе проанализированы особенности практической реализации алгоритмов сжатия ГИ. Приведено обоснование выбора языка программирования и средств для программной реализации алгоритмов. Сформулированы требования к ПО для сжатия без потерь и с потерями, предложены концептуальные основы его создания, упрощающие и ускоряющие создание аналогичных систем. Предложена обобщённая структура ПО сжатия гиперспектральных АИ, включающая подсистемы кодирования и декодирования.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

Научная новизна результатов работы. Диссертация содержит новые научные результаты в области сжатия гиперспектральных изображений. Отличие от ранее известных результатов заключается в следующем:

- Впервые предложен алгоритм сжатия гиперспектральных изображений без потерь, отличающийся совместным применением группирования каналов, выбором отсчётного канала по критерию корреляции с применением разностных преобразований, и позволяющий существенно увеличить степень сжатия.

- Впервые предложена модификация алгоритма сжатия гиперспектральных изображений без потерь с параллельной обработкой данных, основанная на упорядочении всех каналов изображения по критерию корреляции без их группирования и применения к ним разностного преобразования с использованием регрессионного анализа, позволяющего сократить объем данных для обработки каждым вычислительным узлом

- Впервые предложен алгоритм сжатия гиперспектральных изображений с потерями, отличающийся по-канальным способом определения индекса для квантования и адаптированной таблицей кодов Хаффмана, позволяющий обеспечить более высокую степень сжатия при заданном минимальном уровне потерь.

Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций в диссертационном исследовании подтверждается корректным использованием методами теории сжатия информации, теории обработки изображений, дискретных преобразований, теории вейвлет-анализа и математической статистики, вычислительными экспериментами с применением методов математической статистики.

Практической значимостью полученных автором диссертации результатов является предложенное в работе семейство алгоритмов сжатия гиперспектральных изображений без потерь и с потерями. Результаты исследований могут применяться для сжатия различных видов ГИ, в том числе аэрокосмических, а также иных многоканальных, возникающих в задачах физики, химии, астрономии, биологии и медицины.

Полнота опубликования научных результатов и апробация.

По материалам диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 3 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (из них 1 статья в зарубежном издании, индексируемом Scopus), 8 публикаций в сборниках материалов международных научных и научно-практических конференций. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Имеется акт об использовании программного обеспечения в Центре космических услуг Югорского научно-исследовательского института информационных технологий. Все материалы диссертационного исследования достаточно полно отражены в опубликованных работах.

Замечания по диссертационной работе.

1. Недостаточно обоснованным выглядит выбор значений в таблице кодов Хаффмана (раздел 2.3 диссертации) для использования в составе разработанного алгоритма сжатия с потерями информации, а также неясно, какие свойства гиперспектральных изображений при этом принимались в учет.

2. В диссертации соискатель отмечает необходимость адаптации разработанных алгоритмов для применения на борту космических аппаратов. Однако, в работе этой практически значимой части внимания, к сожалению, не уделено.

3. В диссертационной работе присутствуют многочисленные рисунки с различными схемами преобразования данных. К сожалению, некоторые схемы и их описание недостаточно полно раскрывают детали процесса обработки данных и затрудняют понимание сути преобразований.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Сариновой А.Ж., в которой решена актуальная научная задача исследования сжатия гиперспектральных изображений без потерь и с потерями.

Общее заключение. Диссертационная работа Сариновой А.Ж. является законченной научно-исследовательской работой, посвященной актуальной научной задаче, отличающаяся научной новизной и практической значимостью полученных результатов. Достоверность результатов работы не вызывает сомнений, сами результаты достаточно полно опубликованы и апробированы. Автореферат полностью и правильно отражает содержание диссертации. По своему содержанию диссертация полностью соответствует специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Таким образом, считаем, что диссертация Сариновой Асии Жумабаевны «Математическое и программное обеспечение сжатия гиперспектральных изображений с использованием разностно-дискретных преобразований» соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении

ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, а ее автор, Сарина Асия Жумабаевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры «Системы искусственного интеллекта» с привлечением сотрудников кафедры вычислительной техники, кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности протокол № 5 от 23 января 2019 года.

Заведующий кафедрой «Системы искусственного интеллекта», д-р техн. наук, профессор



Цибульский Геннадий Михайлович