

УДК 621.391

СЖАТИЕ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРОГРЕССИВНОГО КОДИРОВАНИЯ ДЛИН СЕРИЙ

Б.Дж. САДИК, М.Н. БОБОВ, В.Ю. ЦВЕТКОВ,
А.Э.К. АЛЬ-БАЙАТИ, Х.М.А. АБДУЛХУССЕЙН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 29 мая 2016

Разработаны алгоритм и структура кодека сжатия мультиспектральных изображений, основанные на прогрессивном кодировании длин серий канальных разностей. Показана эффективность предложенных решений по сравнению с канальным кодированием длин серий.

Ключевые слова: мультиспектральное изображение, сжатие изображений, кодирование длин серий.

Введение

Передача и хранение мультиспектральных изображений (МСИ) в системах дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является серьезной проблемой из-за высокой скорости их формирования (около 40 Гбит/с). Решение данной проблемы требует согласования скорости формирования МСИ не только с пропускной способностью радиоканала передачи (ограничена в настоящее время примерно 10 Гбит/с) и емкостью памяти (10 минут записи МСИ требуют около 3 Тбайт памяти), но также и со скоростью кодирования. Самым быстрым алгоритмом кодирования является RLE (Run-Length Encoding) [1]. Его основной недостаток состоит в относительно низком коэффициенте сжатия изображений по сравнению с другими алгоритмами [2-4]. Это связано с учетом только локальной пространственной корреляции кодируемых значений, которая в изображениях ДЗЗ относительно слабая из-за сильной дисперсии значений младших разрядов пикселей. Улучшить данную ситуацию можно двумя способами: а) за счет кодирования разностей спектральных каналов МСИ; б) за счет прогрессивного кодирования битовых плоскостей.

Целью работы является разработка алгоритма и структуры кодека сжатия МСИ на основе прогрессивного кодирования длин серий.

Алгоритм сжатия МСИ на основе прогрессивного кодирования длин серий канальных разностей

Предлагается алгоритм сжатия МСИ на основе прогрессивного кодирования длин серий канальных разностей.

Алгоритм кодирования состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Прогрессивное кодирование опорного спектрального канала МСИ на основе RLE.

1.1. Кодирование битовых плоскостей опорного спектрального канала МСИ с помощью алгоритма RLE. Для каждой битовой плоскости опорного спектрального канала формируется RLE-код, состоящий из значения (0/1) первого пикселя плоскости и длин чередующихся серий одинаковых значений остальных пикселей.

1.2. Вычисление коэффициента сжатия для каждой битовой плоскости опорного спектрального канала МСИ.

1.3. Формирование компактного описания битовых плоскостей опорного спектрального канала МСИ, начиная от старшей плоскости к младшей. Если коэффициент сжатия битовой плоскости больше единицы, то в компактное описание включается единичный флаг компрессии и RLE-код битовой плоскости. Если коэффициент сжатия битовой плоскости меньше единицы, то в компактное описание включается нулевой флаг компрессии и сама битовая плоскость.

Шаг 2. Вычисление разностей соседних спектральных каналов МСИ, начиная с опорного спектрального канала. Для каждой пары соседних спектральных каналов МСИ формируется разностный спектральный канал в результате их попиксельного вычитания.

Шаг 3. Прогрессивное кодирование разностных спектральных каналов.

3.1. Кодирование битовых плоскостей разностных спектральных каналов с помощью алгоритма RLE. Для каждой битовой плоскости (включая знаковую битовую плоскость) каждого разностного спектрального канала, начиная с разности опорного и соседнего с ним спектральных каналов, формируется RLE-код, состоящий из значения (0/1) первого пикселя плоскости и длин чередующихся серий одинаковых значений остальных пикселей.

3.2. Вычисление коэффициента сжатия для каждой битовой плоскости каждого разностного спектрального канала.

3.3. Формирование компактного описания битовых плоскостей для каждого разностного спектрального канала, начиная от старшей (знаковой) плоскости к младшей, начиная от разности опорного и соседнего с ним спектральных каналов. Если коэффициент сжатия битовой плоскости больше единицы, то в компактное описание включается единичный флаг компрессии и RLE-код битовой плоскости. Если коэффициент сжатия битовой плоскости меньше единицы, то в компактное описание включается нулевой флаг компрессии и сама битовая плоскость.

Алгоритм декодирования состоит из следующих шагов (предполагается, что декодеру известно число, размеры по вертикали и горизонтали, разрядность, порядок передачи спектральных каналов).

Шаг 1. Прогрессивное декодирование опорного спектрального канала МСИ. Декодирование компактного описания битовых плоскостей опорного спектрального канала МСИ осуществляется, начиная от старшей плоскости к младшей. Сначала проверяется значение флага компрессии битовой плоскости. Если он равен единице, то битовая плоскость восстанавливается в результате декодирования ее RLE-кода. Если флаг компрессии битовой плоскости равен нулю, то битовая плоскость восстанавливается без декодирования непосредственно по компактному описанию. В результате формируется восстановленный опорный спектральный канал МСИ.

Шаг 2. Прогрессивное декодирование разностных спектральных каналов. Декодирование компактного описания битовых плоскостей каждого разностного спектрального канала осуществляется, начиная от старшей (знаковой) плоскости к младшей и от разности опорного и соседнего с ним спектральных каналов. Сначала проверяется значение флага компрессии битовой плоскости. Если он равен единице, то битовая плоскость восстанавливается в результате декодирования ее RLE-кода. Если флаг компрессии битовой плоскости равен нулю, то битовая плоскость восстанавливается без декодирования непосредственно по компактному описанию. В результате формируются восстановленные разности соседних спектральных каналов.

Шаг 3. Восстановление значений спектральных каналов на основе разностей соседних спектральных каналов МСИ, начиная с соседнего с опорным (уже восстановленным) спектрального канала. Каждая разность соседних спектральных каналов вычитается от соответствующего восстановленного спектрального канала. В результате восстанавливаются значения пикселей всех спектральных каналов МСИ.

Оценка эффективности алгоритмов сжатия МСИ на основе кодирования длин серий

Для оценки эффективности алгоритмов сжатия МСИ на основе кодирования длин серий использованы 64-х каналные 16-ти разрядные МСИ размером 2048x614 пикселей (исходный размер каждого канала МСИ составляет 2514944 байт, размер всего МСИ составляет 160956416 байт).

В табл. 1 приведены коэффициенты сжатия битовых плоскостей опорного спектрального канала МСИ (размер каждой битовой плоскости составляет 157184 байт) на основе прогрессивного (поразрядного) поканального кодирования длин серий. Из табл. 1 следует, что алгоритм RLE обеспечивает сжатие только 6-ти старших битовых плоскостей. Младшие 10 битовых плоскостей должны входить в компактное описание без сжатия. Объем компактного описания опорного спектрального канала составляет при этом 1842576 байт, а коэффициент сжатия – 1,36 раза.

Таблица 1. Коэффициенты сжатия опорного спектрального канала МСИ при прогрессивном поканальном кодировании длин серий

Битовые плоскости опорного (24-го) спектрального канала	Размер битовых плоскостей после кодирования, байт	Коэффициент сжатия
16	6	26197,3
16_15	6	26197,3
16_14	6	26197,3
16_13	2812	55,9
16_12	127979	1,2
16_11	139927	1,1
16_10	212099	0,7
16_9	342175	0,5
16_8	442095	0,4
16_7	374402	0,4
16_6	391120	0,4
16_5	392893	0,4
16_4	392110	0,4
16_3	392750	0,4
16_2	385835	0,4
16_1	392010	0,4

В табл. 2 приведены коэффициенты сжатия битовых плоскостей разностного спектрального канала (для 24 и 25 спектральных каналов, размер каждой битовой плоскости составляет 157184 байт, старшая битовая плоскость – знаковая) на основе прогрессивного кодирования длин серий канальных разностей.

Таблица 2. Коэффициенты сжатия разностного спектрального канала при прогрессивном кодировании длин серий канальных разностей

Битовые плоскости 24-го спектрального канала	Размер битовых плоскостей после кодирования, байт	Коэффициент сжатия
16	1832	85,8
16_15	6	26197,3
16_14	6	26197,3
16_13	6	26197,3
16_12	6	26197,3
16_11	6	26197,3
16_10	6	26197,3
16_9	6	26197,3
16_8	395	397,9
16_7	81432	1,9
16_6	381171	0,4
16_5	434428	0,4
16_4	392198	0,4
16_3	392974	0,4
16_2	392076	0,4
16_1	393035	0,4

Из табл. 2 следует, что алгоритм RLE обеспечивает сжатие 10-ти старших битовых плоскостей. Младшие 6 битовых плоскостей должны входить в компактное описание без сжатия. Это значительно лучше по сравнению с прогрессивным поканальным кодированием длин серий

(табл. 1). Объем компактного описания разностного спектрального канала составляет при этом 1026805 байт, а коэффициент сжатия – 2,45 раза. Это в 1,8 раза выше по сравнению с прогрессивным канальным кодированием длин серий.

Синтез структур кодеков сжатия МСИ на основе прогрессивного кодирования длин серий канальных разностей

Предложенный алгоритм может быть реализован с помощью схем двухуровневого последовательного или блочного прогрессивного кодирования канальных разностей.

На рис. 1 представлена структура последовательного двухуровневого прогрессивного кодера канальных разностей. В данном кодере осуществляется независимое кодирование опорного спектрального канала (например, 1-го), вычисление поразрядных канальных разностей для соседних спектральных каналов, выделение группы старших битовых плоскостей (плоскости 16-7 для рассматриваемых типов МСИ) и кодирование этих плоскостей с помощью алгоритма RLE, исключение из процесса кодирования длин серий младших битовых плоскостей полученных разностей (плоскости 6-1 для рассматриваемых типов МСИ). Достоинством данного кодера является получение наибольших коэффициентов сжатия МСИ за счет использования корреляции соседних спектральных каналов. Основные недостатки: отсутствие возможности произвольного доступа к спектральным каналам (для декодирования любого канала необходимо декодировать все предыдущие каналы); размножение ошибки (в случае искажения любого бита при передаче RLE-кода какого-либо спектрального канала теряется возможность восстановления всех последующих спектральных каналов).

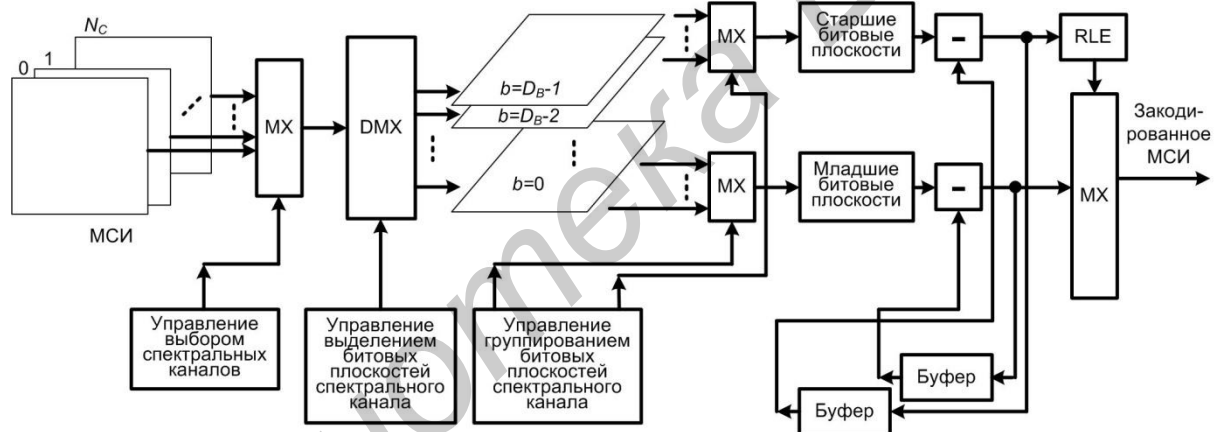


Рис. 1. Структурная схема последовательного двухуровневого прогрессивного кодера канальных разностей

На рис. 2 представлена структура блочного двухуровневого прогрессивного кодера канальных разностей. В данном кодере осуществляется независимое кодирование опорного спектрального канала (например, 1-го), вычисление поразрядных канальных разностей для некоторого числа спектральных каналов, отстоящих друг от друга на заданный интервал (например, 10), формирование блоков спектральных каналов с выбранным интервалом (равным 10-ти в рассматриваемом примере), вычисление поразрядных канальных разностей для спектральных каналов в пределах каждого блока относительно первого спектрального канала блока, выделение в каждом блоке группы старших битовых плоскостей (плоскости 16-7 для рассматриваемых типов МСИ) и кодирование этих плоскостей с помощью алгоритма RLE, исключение в каждом блоке из процесса кодирования младших битовых плоскостей полученных разностей (плоскости 6-1 для рассматриваемых типов МСИ). Достоинствами данного кодера является уменьшение времени произвольного доступа за счет последовательного декодирования только в пределах блока, размножение ошибки в пределах блока. Основной недостаток: уменьшение коэффициента сжатия МСИ из-за использования корреляции не соседних, а удаленных друг от друга спектральных каналов при формировании блоков.

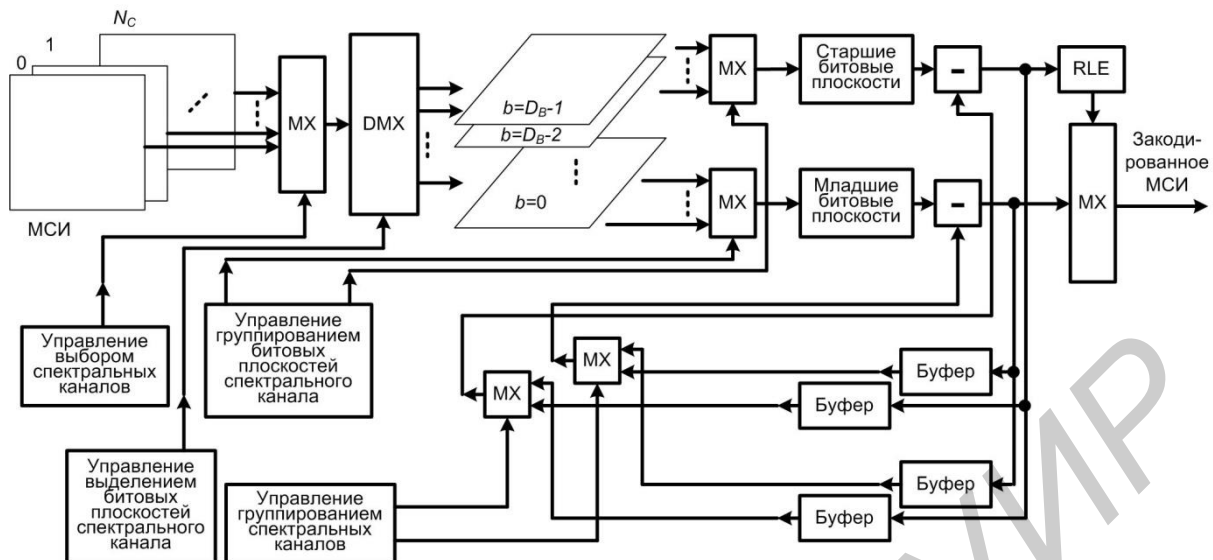


Рис. 2. Структурная схема блочного двухуровневого прогрессивного кодера каналов разностей

Заключение

Разработаны блок-схемы алгоритмов и структурные схемы компрессии и декомпрессии мультиспектральных изображений на основе кодирования длин серий каналов разностей (алгоритм RLE). Произведена оценка эффективности прогрессивного кодирования каналов и каналов разностей мультиспектральных изображений с помощью алгоритма RLE. Установлено, что коэффициент сжатия разностного спектрального канала составляет 2,45 раза, что в 1,8 раза выше по сравнению с прогрессивным канальным кодированием длин серий.

COMPRESSION OF THE MULTISPECTRAL IMAGES BASED ON THE PROGRESSIVE RUN LENGTH ENCODING

B.J. SADIQ, M.N. BOBOV, V.YU. TSVIATKOU,
A.E.K. AL-BAIATI, H.M.A. ABDULHUSSEIN

Abstract

The algorithm and the structure of the codec compression of multispectral images based on the progressive run length encoding of the channel differences are proposed. The efficiency of the proposed solutions compared to channel coding of run lengths is shown.

Keywords: multispectral image, image compression, run length encoding.

Список литературы

1. Golomb S.W. // IEEE Transactions on Information Theory. 1966. P. 399-401.
2. Pennebaker W.B. JPEG Still Image Compression Standard. New York, 1993.
3. Ebrahimi T. // Proc. of the SPIE. San Diego, July-August 2000. Vol. 4115. P. 446-454.
4. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М. и др. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. М., 2003.