

УДК 004.312.26:502.5

## СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ КОДЕРА МЕЖКАНАЛЬНЫХ РАЗНОСТЕЙ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ



**Б.Дж. Садик**  
Аспирант кафедры  
инфокоммуникационных технологий БГУИР



**В.Ю. Цветков**  
Заведующий кафедрой инфокоммуникационных технологий БГУИР, доктор технических наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь  
E-mail: baqir.alsadiq@gmail.com

**Аннотация.** Показана возможность повышения коэффициента сжатия мультиспектральных изображений за счет кодирования только старших битовых плоскостей их межканальных разностей.

**Ключевые слова:** мультиспектральные изображения, кодирование битовых плоскостей.

**Введение.** Мультиспектральное изображение (МСИ) земной поверхности представляет собой совокупность множества (от нескольких десятков до нескольких сотен) спектральных каналов размером около 2000x4000 пикселей и битовой глубиной от 8 до 14. Каждый спектральный канал соответствует определенному участку спектра. МСИ формируются с частотой около 1 Гц. В таких условиях скорость формирования МСИ может достигать 40 Гбит/с. При этом пропускная способность радиоканалов составляет около 1 Гбит/с, а 10 минут записи МСИ требуют около 3 Тбайт памяти. Известные кодеки [1–5], позволяющие сжимать изображения в 10–100 раз с приемлемым качеством восстановления, обладают низким быстродействием и высокой сложностью. Для повышения скорости сжатия может использоваться алгоритм RLE (Run Length Encoding) [6], однако он не эффективен для изображений, так как не учитывает особенности локальной корреляции соседних пикселей в изображении. Возможность повышения коэффициента сжатия МСИ заключается в раздельном кодировании старших и младших битовых плоскостей МСИ с использованием различных кодеков, учитывающих статистику распределения значений в этих плоскостях. Целью работы является синтез структуры кодера мультиспектральных изображений, использующего разности спектральных каналов и учитывающие разделение на старшие и младшие битовые плоскости для повышения коэффициента сжатия.

*Поразрядное межканальное энтропийное кодирование МСИ.* Для повышения коэффициента сжатия МСИ предлагается использовать поразрядное межканальное энтропийное кодирование. В этом случае один из спектральных каналов сжимается независимо от других, например первый. Затем вычисляются разности битовых плоскостей соседних спектральных каналов (1-2, 2-3 и т.д.). Полученные битовые плоскости разностей группируются на старшие и младшие битовые плоскости и к каждой группе применяется энтропийный кодер независимо от других групп битовых плоскостей. Для разностей (111–112) спектральных каналов 16-ти разрядных МСИ-1 – МСИ-4, приведенных на рис. 1, (размерами 6955x781, 1087x614, 1087x614, 1924x753 пикселей соответственно) в табл. 1–4 приведены коэффициенты сжатия

при поразрядном межканальном кодировании старших и младших битовых плоскостей с помощью арифметического кодера и RLE-кодера. Знаковая плоскость кодируется отдельно. Из табл. 1–4 следует, что кодирование младших битовых плоскостей межканальных разностей не эффективно и коэффициент сжатия МСИ может быть увеличен за счет использования младших битовых плоскостей без кодирования. При использовании арифметического/RLE кодера для сжатия плоскостей (3)/(15–4), (15, 4–3)/(14–5), (15, 7, 5–3)/(14–8, 6), (8–3)/(15–9) межканальных разностей МСИ-1 – МСИ-4 соответственно суммарный размер после кодирования составляет 2354994, 342806, 954279, 1715884 байт, что свидетельствует о сжатии в 4,61, 3,89, 3,04, 2,44 раза. Это обеспечивает повышение коэффициента сжатия до 1,8, 1,7, 1,41, 1,12 раза для МСИ-1 – МСИ-4 соответственно по сравнению с пиксельным поканальным кодированием.

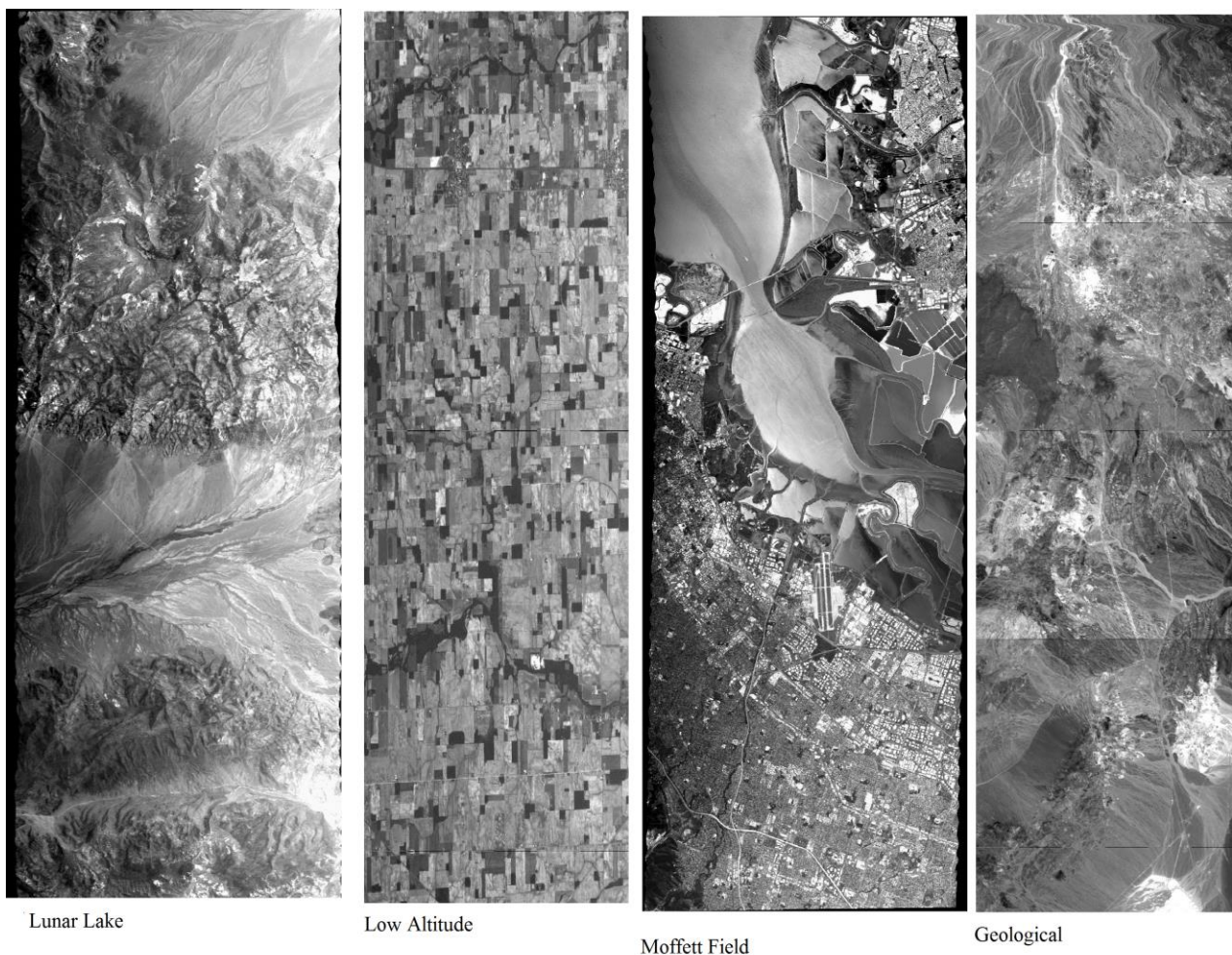


Рисунок 1. Мультиспектральные изображения МСИ-1 – МСИ-4

Таблица 1

Коэффициенты сжатия МСИ-1 Lunar Lake 6955x781 пикселей при поразрядном межканальном энтропийном кодировании(111-112) спектральных каналов с использованием арифметического кодера и RLE-кодера

Битовые плоскости (старшие /младшие)	Исходный размер битовых плоскостей, байт		Размер битовых плоскостей после кодирования, байт		Коэффициент сжатия	
	Арифметический кодер	RLE-кодер	Арифметический кодер (старшие /младшие плоскости)	RLE-кодер	Арифметический кодер (старшие /младшие плоскости)	RLE-кодер
15/14-0	678982/10184730	678982	1338035/4116307	306082	0,51/2,47	2,22
14/13-0	678982/9505748	678982	7722/4116307	6	87,93/2,31	113 163,67
14-13/12-0	1357964/8826766	678982	7722/4116307	6	175,86/2,14	113 163,67
14-12/11-0	2036946/8147784	678982	7722/4116307	6	263,78/1,98	113 163,67
14-11/10-0	2715928/7468802	678982	7722/4116307	6	351,71/1,81	113 163,67
14-10/9-0	3394910/6789820	678982	7722/4116307	6	439,64/1,65	113 163,67
14-9/8-0	4073892/6110838	678982	7722/4116307	6	527,57/1,48	113 163,67
14-8/7-0	4752874/5431856	678982	7722/4116307	6	615,50/1,32	113 163,67
14-7/6-0	5431856/4752874	678982	7722/4116307	12	703,43/1,15	56 581,83
14-6/5-0	6110838/4073892	678982	7724/4116306	12	791,15/0,99	56 581,83
14-5/4-0	6789820/3394910	678982	7726/4115359	2867	878,83/0,82	236,83
14-4/3-0	7468802/2715928	678982	9033/3748263	1689103	826,84/0,72	0,40
14-3/2-0	8147784/2036946	678982	532821/2931741	3548230	15,29/0,69	0,19
14-2/1-0	8826766/1357964	678982	1649358/2053142	3736041	5,35/0,66	0,18
14-1/0	9505748/678982	678982	2620237/1080634	3738986	3,63/0,63	0,18
0	-	678982	-	3739769	-	0,18

Таблица 2

Коэффициенты сжатия МСИ-2 Low Altitude 1087x614 пикселей при поразрядном межканальном энтропийном кодировании(111-112) спектральных каналов с использованием арифметического кодера и RLE-кодера

Битовые плоскости (старшие /младшие)	Исходный размер битовых плоскостей, байт		Размер битовых плоскостей после кодирования, байт		Коэффициент сжатия	
	Арифметический кодер	RLE-кодер	Арифметический кодер (старшие /младшие плоскости)	RLE-кодер	Арифметический кодер (старшие /младшие плоскости)	RLE-кодер
15/14-0	83428/1251420	83428	155742/448710	195750	0,54/2,79	0,43
14/13-0	83428/1167992	83428	7722/448710	5	10,80/2,60	16 685,60
14-13/12-0	166856/1084564	83428	7722/448710	5	21,61/2,42	16 685,60
14-12/11-0	250284/1001136	83428	7722/448710	5	32,41/2,23	16 685,60
14-11/10-0	333712/917708	83428	7722/448710	5	43,22/2,05	16 685,60
14-10/9-0	417140/834280	83428	7722/448710	5	54,02/1,86	16 685,60
14-9/8-0	500568/750852	83428	7722/448710	5	64,82/1,67	16 685,60
14-8/7-0	583996/667424	83428	7722/448710	5	75,63/1,49	16 685,60
14-7/6-0	667424/583996	83428	7722/448710	5	86,43/1,30	16 685,60
14-6/5-0	750852/500568	83428	7722/448710	5	97,24/1,12	16 685,60
14-5/4-0	834280/417140	83428	7722/448712	19	108,04/0,93	4 390,95
14-4/3-0	917708/333712	83428	7728/436890	29830	118,75/0,76	2,80
14-3/2-0	1001136/250284	83428	20144/371900	170899	49,70/0,67	0,49
14-2/1-0	1084564/166856	83428	103113/265201	201034	10,52/0,63	0,41
14-1/0	1167992/83428	83428	223389/143004	208456	5,23/0,58	0,40
0	-	83428	-	208837	-	0,40

Таблица 3

Коэффициенты сжатия МСИ-3 Moffett Field 1924x753 пикселей при поразрядном межканальном энтропийном кодировании(111-112) спектральных каналов с использованием арифметического кодера и RLE-кодера

Битовые плоскости (старшие /младшие)	Исходный размер битовых плоскостей, байт		Размер битовых плоскостей после кодирования, байт		Коэффициент сжатия	
	Арифметический кодер	RLE-кодер	Арифметический кодер (старшие /младшие плоскости)	RLE-кодер	Арифметический кодер (старшие /младшие плоскости)	RLE-кодер
15/14-0	181097/2716455	181097	238802/1065624	630795	0,76/2,55	0,29
14/13-0	181097/2535358	181097	7722/1065624	6	23,45/2,38	30 182,83
14-13/12-0	362194/2354261	181097	7722/1065624	6	46,90/2,21	30 182,83
14-12/11-0	543291/2173164	181097	7722/1065624	6	70,36/2,04	30 182,83
14-11/10-0	724388/1992067	181097	7722/1065624	6	93,81/1,87	30 182,83
14-10/9-0	905485/1810970	181097	7722/1065624	6	117,26/1,70	30 182,83
14-9/8-0	1086582/1629873	181097	7722/1065624	6	140,71/1,53	30 182,83
14-8/7-0	1267679/1448776	181097	7722/1065624	11	164,16/1,36	16 463,36
14-7/6-0	1448776/1267679	181097	7724/1041390	101253	187,57/1,22	1,79
14-6/5-0	1629873/1086582	181097	44767/1039458	34969	36,41/1,05	5,18
14-5/4-0	1810970/905485	181097	56793/1019719	77090	31,89/0,89	2,35
14-4/3-0	1992067/724388	181097	68304/956047	197761	29,16/0,76	0,92
14-3/2-0	2173164/543291	181097	129446/772989	626037	16,79/0,70	0,29
14-2/1-0	2354261/362194	181097	333658/546280	843857	7,06/0,66	0,21
14-1/0	2535358/181097	181097	586317/290826	872413	4,32/0,62	0,21
0	-	181097	-	876773	-	0,21

Таблица 4

Коэффициенты сжатия МСИ-4 Geological 2776x754 пикселей при поразрядном межканальном энтропийном кодировании(111-112) спектральных каналов с использованием арифметического кодера и RLE-кодера

Битовые плоскости (старшие /младшие)	Исходный размер битовых плоскостей, байт		Размер битовых плоскостей после кодирования, байт		Коэффициент сжатия	
	Арифметический кодер	RLE-кодер	Арифметический кодер (старшие /младшие плоскости)	RLE-кодер	Арифметический кодер (старшие /младшие плоскости)	RLE-кодер
15/14-0	261638/3924570	261638	518900/1858188	96690	0,50/2,11	2,71
14/13-0	261638/3662932	261638	7722/1858188	6	33,88/1,97	43 606,33
14-13/12-0	523276/3401294	261638	7722/1858188	6	67,76/1,83	43 606,33
14-12/11-0	784914/3139656	261638	7722/1858188	6	101,65/1,69	43 606,33
14-11/10-0	1046552/2878018	261638	7722/1858188	6	135,53/1,55	43 606,33
14-10/9-0	1308190/2616380	261638	7722/1858188	6	169,41/1,41	43 606,33
14-9/8-0	1569828/2354742	261638	7722/1858191	11	203,29/1,27	23 785,27
14-8/7-0	1831466/2093104	261638	7724/1854564	8790	237,11/1,13	29,77
14-7/6-0	2093104/1831466	261638	11831/1840827	59145	176,92/0,99	4,42
14-6/5-0	2354742/1569828	261638	33806/1813575	94539	69,65/0,87	2,77
14-5/4-0	2616380/1308190	261638	69350/1677707	753155	37,73/0,78	0,35
14-4/3-0	2878018/1046552	261638	411956/1434878	916110	6,99/0,73	0,29
14-3/2-0	3139656/784914	261638	834239/1126903	1250841	3,76/0,70	0,21
14-2/1-0	3401294/523276	261638	1111423/790687	1271451	3,06/0,66	0,21
14-1/0	3662932/261638	261638	1358345/418946	1271415	2,70/0,62	0,21
0	-	261638	-	1272327	-	0,21



*Синтез структуры кодера МСИ.* На основе полученных в табл. 1–4 данных предлагается схема сжатия МСИ на основе комбинированного поразрядного межканального кодирования (рис. 2). Схема предполагает независимое кодирование одного из спектральных каналов (опорного, например, 1-го канала), вычисление поразрядных межканальных разностей для соседних спектральных каналов, исключение из процесса кодирования младших битовых плоскостей полученных разностей (плоскости 2–0, 1–0, 2–0, 2–0 для МСИ-1 – МСИ-4), выделение группы старших битовых плоскостей (плоскости 15–3, 15–2, 15–3, 15–3 для МСИ-1 – МСИ-4), кодирование битовых плоскостей с помощью арифметического кодера или RLE-кодера. Достоинством данного комбинированного кодера является получение наибольших коэффициентов сжатия МСИ за счет использования корреляции соседних спектральных каналов и наилучшего сочетания энтропийных кодеров для различных битовых плоскостей. 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 теряется возможность восстановления всей последующей информации).

Размер МСИ-1 Lunar Lake - 10863712 байт	Размер МСИ-2 Low Altitude 1334848 байт	Размер МСИ-3 Moffett Field 2897544 байт	Размер МСИ-4 Geological Or.Size= 4186208
Битовые плоскости 15-4 – RLE-кодер Объем - 309015 байт	Битовая плоскость 15 арифметический кодер Объем - 155742 байт	Битовая плоскость 15 арифметический кодер Объем - 238802 байт	Битовые плоскости 15-9 – RLE-кодер Объем - 96731 байт
Битовая плоскость 4 - арифметический кодер Объем - 9033 байт	Битовые плоскости 14-5 – RLE-кодер Объем - 64 байт	Битовые плоскости 14-8 – RLE-кодер Объем - 47 байт	Битовые плоскости 8-3 арифметический кодер Объем - 834239 байт
Битовые плоскости 2-0 - без кодирования Объем - 2036946 байт	Битовые плоскости 4-3 арифметический кодер Объем - 20144	Битовая плоскость 7 - арифметический кодер Объем - 7724 байт	Битовые плоскости 2-0 - без кодирования Объем - 784914 байт
Общий объем после кодирования – 2354994 байт Коэффициент сжатия - 4.61 раз	Битовые плоскости 1-0 - без кодирования Объем - 166856 байт	Битовая плоскость 6 – RLE-кодер Объем - 34969 байт	Общий объем после кодирования – 1715884 Коэффициент сжатия -2,44 раз
	Общий объем после кодирования - 342806 Коэффициент сжатия -3.89 раз	Битовая плоскость 5-3 арифметический кодер Объем - 129446 байт	
		Битовые плоскости 2-0 - без кодирования Объем - 543291 байт	
		Общий объем после кодирования – 954279 Коэффициент сжатия -3.04 раз	

Рисунок 2. Структурная схема поразрядного межканального комбинированного кодера МСИ

**Заключение.** Произведена оценка эффективности кодирования МСИ с использованием разностей спектральных каналов и разделения на старшие и младшие битовые плоскости для повышения коэффициента сжатия. Установлено, что кодирование младших битовых плоскостей межканальных разностей не эффективно и коэффициент сжатия МСИ может быть увеличен за счет использования младших битовых плоскостей без кодирования. Показано, что поразрядное межканальное энтропийное кодирование межканальных разностей спектральных каналов МСИ обеспечивает повышение коэффициента сжатия в среднем в 1,51 раз по сравнению с поканальным кодированием.

#### **Список литературы**

- [1]. Ватолин, Д.: Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео/ Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин /М: Диалог-МИФИ, -2003. - 384 с.
- [2]. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука/М: Техносфера, -2004. – 368 с.
- [3]. Тропченко, А.Ю. Методы сжатия изображений, Аудиосигналов и видео: учеб. пособие / А.ю. тропченко, а.а. тропченко. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 108 с.
- [4]. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Пер. с англ.-Москва. – Техносфера, – 2006. -1072 с.
- [5]. J. Ziv, A. Lempel. A universal algorithm for sequential data compression. IEEE Transactions on Information Theory, IT-23:337–343, 1977.
- [6]. S. Golomb. Runlength encodings. IEEE Transactions on Information Theory, IT-12(3):399–401, July 1966.

## **SYNTHESIS OF CODER STRUCTURE FOR THE DIFFERENCES BETWEEN CHANNELS OF MULTISPECTRAL IMAGES OF THE EARTH'S SURFACE**

**S.B. JAFAR**

*Postgraduate student of Infocommunication Technologies Department BSUIR*

**V.YU.TSVIATKOU,**

*Doctor of Engeneering Sciences  
Head Infocommunication Technologies Department BSUIR, Associate professor*

*Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics, Republic of Belarus  
E-mail: baqir.alsadiq@gmail.com*

**Abstract.** The possibility of increasing the compression ratio of multispectral images by encoding only the highest bit planes of their inter-channel differences are presented.

**Key words:** multispectral images, bit plane encoding.