

«Сейфуллин оқулары – 18: « Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18: « Молодежь и наука – взгляд в будущее» - 2022.- Т.І, Ч.V. - С. 265-268

## **ОБРАБОТКА И СЖАТИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

*Саринова А.Ж., доктор PhD, к.т.н., старший преподаватель  
Казахский агротехнический университет им С.Сейфуллина, г. Нур-Султан*

Проанализированы существующие решения задачи сжатия без потерь для гиперспектральных аэрокосмических изображений. На их основе предложен алгоритм сжатия с учетом межканальной корреляции, отличающийся преобразованием данных с уменьшением диапазона значений исходных значений путём формирования набора групп каналов с высокой внутри групповой корреляцией соответствующих пар с подбором оптимальных параметров. Приведены результаты сравнительных экспериментов предлагаемого алгоритма сжатия на данных системы ДЗЗ *AVIRIS* в сравнении с наиболее распространенными архиваторами *Winrar*, *7Z*, *JPEGLossless* с варьированием степени сжатия, геометрического размера изображения, количества каналов, количества групп каналов. При этом найдены их параметры, позволяющие получать лучшие результаты в степени сжатия.

Современные спутниковые центры космического мониторинга и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) оперативно принимают, регистрируют, обрабатывают, архивируют и распространяют большие объемы данных, составляющие порой сотни гигабайт [1]. На современном этапе развития науки активно исследуются гиперспектральные АИ. В работах [2-5] установлено отличие между видами АИ, определены задачи их применения в ДЗЗ. Аэрокосмические изображения (АИ) ДЗЗ обладают различными характеристиками – спектральным, радиометрическим, пространственным разрешениями, геометрическими размерами сцены. АИ ДЗЗ подразделяются на панхроматические, мультиспектральные и гиперспектральные изображения. Панхроматические АИ называют однозональными изображениями, полученными в оттенках серого цвета. Мультиспектральные АИ представляют собой множество нескольких изображений электромагнитного спектра одной и той же сцены, количество которых может варьироваться от трех и более. Отличительной особенностью гиперспектральных АИ является узкая ширина спектральных полос, большое количество регистрируемых каналов и наличие высокой спектральной корреляции между каналами. Таким образом, гиперспектральные АИ характеризуются тремя признаками: спектральное разрешение, количество

каналов и межканальная корреляция. Данные признаки были изучены отдельно, что позволяет предположить их взаимодействие. Поэтому, одной из ключевых задач в области ДЗЗ является архивирование гиперспектральных АИ с целью повышения эффективности передачи данных по каналам связи ограниченной пропускной способности и их сжатия.

В области сжатия гиперспектральных АИ уже имеются интересные результаты исследований, в которых представлены различные подходы с учетом межканальной корреляции. Приведем некоторые из них.

Гашниковым М.В. [6] предложен эффективный алгоритм аппроксимации спектральных компонент АИ, хорошо приспособленный для использования HGI-компрессии при решении задачи хранения гиперспектральных изображений. Степень сжатия без потерь с погрешностью  $\theta = 3,6$ . Предложен алгоритм с использованием гибридно-контекстного предсказания [7]. Предлагаемая схема сжатия состоит из этапа декорреляции и энтропийного кодирования. Этап прогнозирования декорреляции поддерживает внутриканальное и межканальное предсказание. Внутриканальное (пространственное) предсказание использует модель, где среднее значение предсказателя контекста является эффективным. Межканальное прогнозирование использует гибридное контекстное предсказание для групп каналов. Остаточное изображение гибридного предсказания контекста кодируется арифметическим кодированием. Алгоритм имеет степень сжатия [2,55: 3,19].

Предложен алгоритм, основанный на третьем порядке межканального предсказателя и обратной схемы поиска пикселей [8]. В частности, предлагается адаптивный алгоритм порогового поиска и модифицированного пространственно-спектрального предсказателя, который способен захватить большую часть корреляции, выполняя два раза поиск в текущем диапазоне. Каналы разделяются на группы в зависимости от коэффициента корреляции смежных каналов, а потом, алгоритм переупорядочения применяется к каждой группе. Метод предсказания использует сходство структур и отношение пикселей между двумя соседними спектральными каналами и далее кодируется адаптивным арифметическим кодированием. Предлагаемая схема сжатия производит среднюю степень сжатия – 3,92.

Предлагается новая технология нахождения высокой корреляции групп каналов на основе группы квадрата корреляции [9]. Метод зависит от расчета спектральной корреляционной матрицы для обнаружения коррелированной глобальной группы каналов. Перегруппировка каналов и их поиск позволяет определить группы каналов, которые высоко коррелируют друг с другом. Предлагаемая технология имеет средний коэффициент сжатия, достигающий 4,3.

Рассмотрен алгоритм спектрально-ориентированных наименьших квадратов (SLSQ) [10-11]. Реализованы два подхода к совершенствованию

сжатия SLSQ – это упорядочение и кластеризация каналов. Первый подход упорядочивает каналы с учетом межканальной корреляции до процесса сжатия. Второй подход основан на кластеризации, что индивидуализирует набор каналов, который эффективно сжимается двумерным межканальным предсказателем. SLSQ использует межканальную интеллектуальную структуру для всех групп, но за исключением подмножества каналов, называемыми внутриканальным набором. SLSQ алгоритм не является эффективным с точки зрения степени сжатия, достигающий лишь 3,2.

Несмотря на большое внимание исследователей к задаче сжатия гиперспектральных АИ, до сих пор недостаточно исследований о способах сжатия, эффективно повышающих степень сжатия. Исходя из этого, следует, что предлагаемые способы учета межканальной корреляции в алгоритмах сжатия не учитывают основной факт того, что один или более последовательных подмножеств групп каналов гиперспектральных АИ имеющие высокую спектральную корреляцию, могут не иметь высокую корреляцию из-за шума и других факторов. Поэтому предоставляется возможность использовать этот факт для того, чтобы улучшить сжатие.

Описание алгоритма сжатия. Предложен алгоритм сжатия с учетом межканальной корреляции, отличающийся преобразованием данных, позволяющий уменьшить размеры каналов изображения и преобразовать их перед сжатием. В результате степень сжатия обработанных каналов гиперспектральных АИ предложенным алгоритмом стала значительно выше. Также были приведены некоторые результаты исследования степеней сжатия по количеству сформированных групп каналов.

Последовательность этапов алгоритма:

- 1) расчет корреляционной матрицы между каналами АИ, нахождение во всех возможных парах сочетания каналов и их упорядочивания, подлежащих вычитанию;
- 2) индексированное кодирование – это новый способ кодирования, уменьшающий диапазон гиперспектральных АИ. За счет применения индексации повышается степень сжатия, т.к. индексы лежат в небольшом диапазоне, которые эффективно сжимаются энтропийным кодированием.
- 3) сжатие статистическим алгоритмом.

Результаты экспериментов. На рис.1 представлены алгоритмы сжатия при варьируемом количестве каналов и геометрическом размере ( $50 \times 50$ ) в сравнении с универсальными архиваторами Winrar, 7Z и *JPEGLossless*. Показатели степени сжатия  $D$  на 25 % и выше, чем универсальные алгоритмы, за счет поиска главного канала, определяющего очередность сжатия каналов и учетом межканальной корреляции, индексированного кодирования.

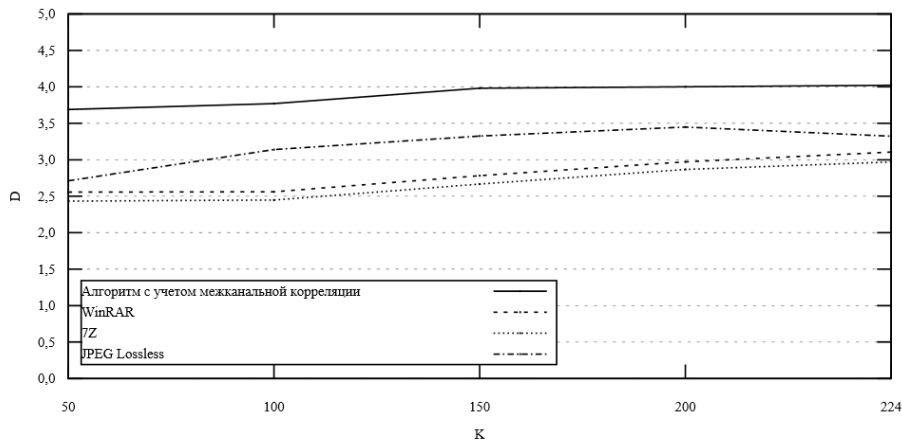


Рис. 1. Алгоритмы сжатия без потерь по  $K$

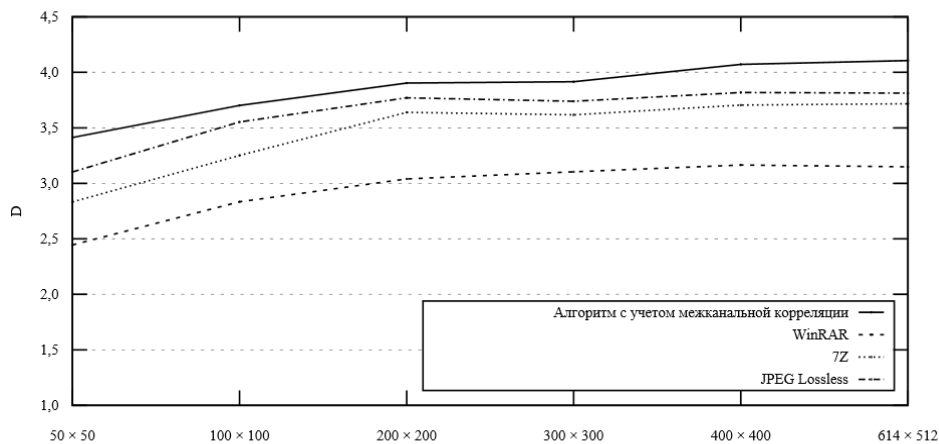


Рис. 2. Алгоритмы сжатия без потерь по  $R$

Для повышения эффективности применяемого алгоритма проведены эксперименты по следующим параметрам:  $Cor$  – заданное значение корреляции;  $N$  – номер группы каналов АИ;  $R$  – размер каналов АИ;  $K$  – количество каналов в группе  $N$ . Как видно из рис.2, показатели степени алгоритма сжатия по  $R$  превосходят в степени сжатия архиваторы *WinRar*, *7Z* и *JPEG Lossless* более чем на 80%.

Выводы. Полученные в ходе исследований результаты позволяют определить оптимальные параметры для сжатия:

1. Результаты показателей степеней сжатия улучшаются при увеличении размера каналов параметра  $R$ . Это за счет того, что чем больше значений подлежащих преобразованию, тем меньше требуется разрядов для их хранения.

2. Наилучшие значения степени сжатия достигнуты за счет выбора количества каналов в упорядоченной группе, при  $15 > K > 10$ .

3. Учет межканальной корреляции параметра  $Cor$  показывает, что наибольшие значения в степени сжатия номера каналов, при  $170 > N > 0$ .

4. Алгоритм с учетом корреляции и группировки при  $N=[2..10]$  показывает наиболее эффективный рост в степени сжатия за счет сформированных групп каналов и их упорядочивания.

#### Список использованной литературы

1 Замятин, А.В., Сарина А.Ж. Алгоритм сжатия гиперспектральных аэрокосмических изображений с учетом байтовой обработки и междиановой корреляции // Прикладная информатика. 2013. Т.47. №5. С. 37–42.

2 Журавель, Ю.Н., Федосеев А.А. Особенности обработки гиперспектральных данных дистанционного зондирования при решении задач мониторинга окружающей среды // Компьютерная оптика. 2013. Т. 37. № 4. С. 471–476.

3 Гашников, М.В., Глумов Н.И. Иерархическая сеточная интерполяция при сжатии гиперспектральных изображений // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38. № 1. С. 87–93.

4 Остриков В. Н., Плахотников О. В., Кириенко А. В. Обработка гиперспектральных данных, получаемых с авиационных и космических носителей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 2. С. 243–251.

5 Кашкин В.Б. Цифровая обработка аэрокосмических изображений. 2008. СФУ. 278 с.

6 Гашников М.В., Глумов Н.И. Иерархическая компрессия в задаче хранения гиперспектральных изображений // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38. № 3. С. 482–488.

7 Yuan, L., Jianping L., Ke G. Lossless compression of hyperspectral images using hybrid context prediction // Optics Express. 2012. Vol. 20(7). P. 8199–8206

8 Changguo, Li., Ke G. Lossless Compression of Hyperspectral Images Using Three-Stage Prediction with Adaptive Search Threshold // International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. 2014. Vol.7(3). P. 305–316.

9 Ayman, A., Salwa E., Mohamed El. Sh. Hyperspectral Data Compression Using Weighted Spatial-Spectral Lossless Coding Technique // International Journal of Image Processing. 2012. Vol. 6(6). P. 468–477.

10 Raffaele P., Bruno C. On the Compression of Hyperspectral Data / P. Raffaele, // IT CoNvergence PRActice. 2013. Vol. 1(4). P. 24–38.

11 Raffaele P., Bruno C. Band Clustering for the Lossless Compression of AVIRIS Hyperspectral Images // ACEEE Int. J. on Signal and Image Processing. 2014. Vol. 5(1). P. 1–14.