

ФРАКТАЛЬНОЕ СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ X-SAR ЕВРОПЕЙСКОГО КОСМИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА

Богданов А.Ф. и Потемкин Н.А. студенты 4 курса каф. РТС,
научный руководитель, доцент каф. РТС, А.М. Голиков
rts2_golikov@mail.ru

Фракталы — удивительные математические объекты, подкупающие своей простотой и богатыми возможностями по построению объектов сложной природы при помощи всего лишь нескольких коэффициентов и простой итеративной схемы. Именно эти возможности и позволяют использовать их для сжатия изображений, особенно для спутниковых снимков рельефа земной поверхности и прочих сложных самоподобных изображений.

Фрактальное сжатие изображений [4] — алгоритм сжатия изображений с потерями, основанный на применении систем итерируемых функций (как правило, являющимися аффинными преобразованиями) к изображениям. Данный алгоритм известен тем, что в некоторых случаях позволяет получить очень высокие коэффициенты сжатия (лучшие примеры — до 1000 раз).

Схема кодирования выглядит так:

- Изображение делится на небольшие неперекрывающиеся квадратные области, называемые ранговыми блоками. По сути, разбивается на квадраты. См. рисунок 1 ниже.
- Строится пул всех возможных перекрывающихся блоков в четыре раза больших ранговых — доменных блоков.
- Для каждого рангового блока по очереди «примеряем» доменные блоки и ищем такое преобразование, которое делает доменный блок наиболее похожим на текущий ранговый.
- Пара «преобразование-доменный блок» ставится в соответствие ранговому блоку. В закодированное изображение сохраняются коэффициенты преобразования и координаты доменного блока. Содержимое доменного блока нам ни к чему — нам все равно с какой точки начинать сжатие изображения.

На рисунке 1 ранговый блок обозначен жёлтым, соответствующий ему доменный — красным. Также показаны этапы преобразования и результат.

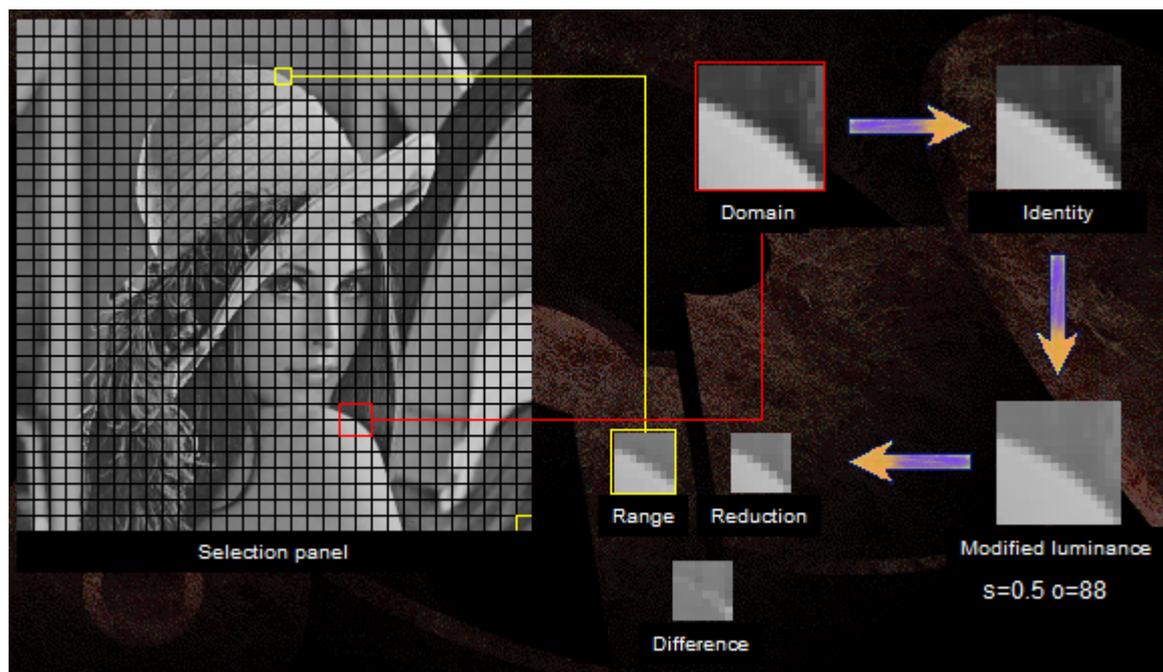


Рис. 1 – Процесс выбора доменных и ранговых блоков.

Декодирование же производится просто и довольно быстро. Берем любое изображение, делим на ранговые области, последовательно заменяем их результатом применения соответствующего преобразования к соответствующей доменной области (что бы она ни содержала в данный момент). После нескольких итераций исходное изображение станет похоже на себя (рис.2)

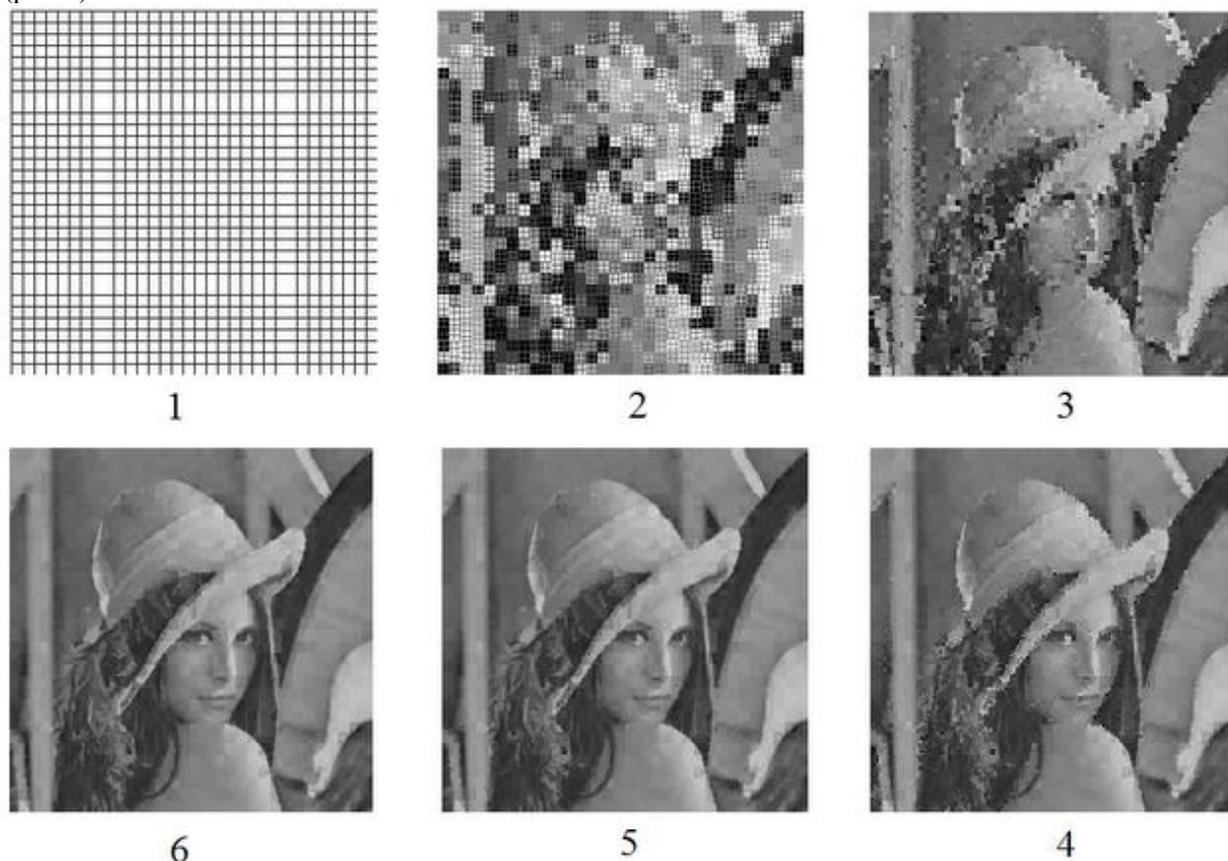


Рис. 2 – Декодирование фрактального изображения.

Если алгоритм не может подобрать для какого-либо фрагмента изображения подобный ему, достаточно разбить этот фрагмент на более мелкие и попытаться поискать для них. Однако понятно, что процедуру эту нельзя повторять до бесконечности, иначе количество необходимых преобразований станет так много, что алгоритм перестанет быть алгоритмом компрессии. Следовательно, допускаются потери в какой-то части изображения.

Для фрактального алгоритма компрессии, как и для других алгоритмов сжатия с потерями, очень важны механизмы, с помощью которых можно будет регулировать степень сжатия и степень потерь. К настоящему времени разработан достаточно большой набор таких методов[1,2]. Во-первых, можно ограничить количество преобразований, заведомо обеспечив степень сжатия не ниже фиксированной величины. Во-вторых, можно потребовать, чтобы в ситуации, когда разница между обрабатываемым фрагментом и наилучшим его приближением будет выше определенного порогового значения, этот фрагмент дробился обязательно (для него обязательно заводится несколько линз). В-третьих, можно запретить дробить фрагменты размером меньше, допустим, четырех точек. Изменяя пороговые значения и приоритет этих условий, можно очень гибко управлять коэффициентом компрессии изображения: от побитного соответствия, до любой степени сжатия.

Ниже, на рисунке 3, представлен алгоритм фрактального сжатия.



Рис.3– Алгоритм фрактального сжатия.

Далее рассмотрим сжатие изображений со спутника X-SAR.

На рисунке 4 представлено первоначальное изображение со спутника европейского космического агентства размером 435Кб и разрешением 473x314 пикселей.

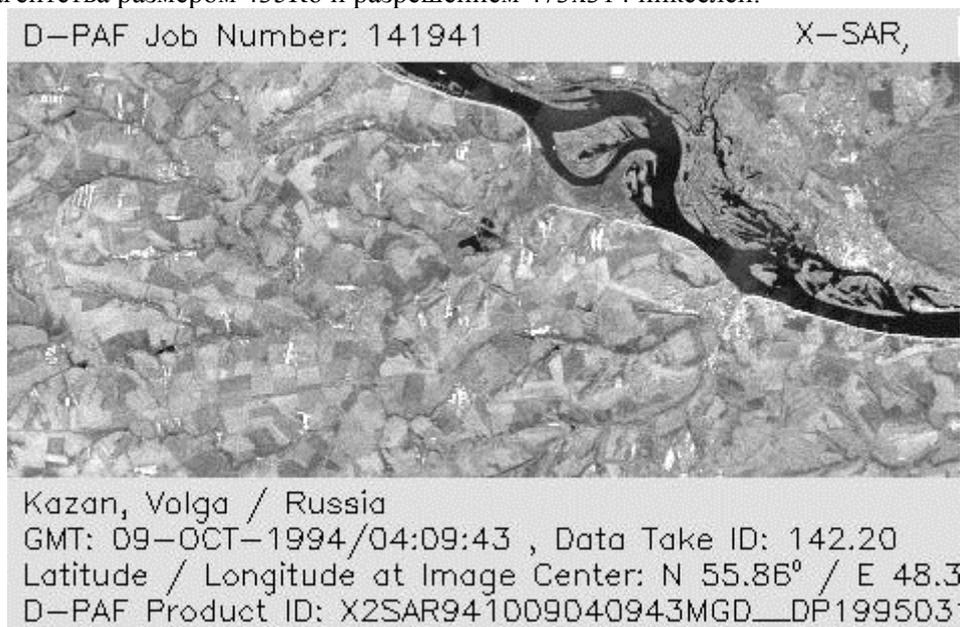


Рис. 4 – Первоначальное изображение.

На рисунке 5, представлено это же изображение после фрактальной компрессии. Время, потраченное на сжатие $t=4$ с, размер файла =3,55Кб, коэффициент сжатия=122.

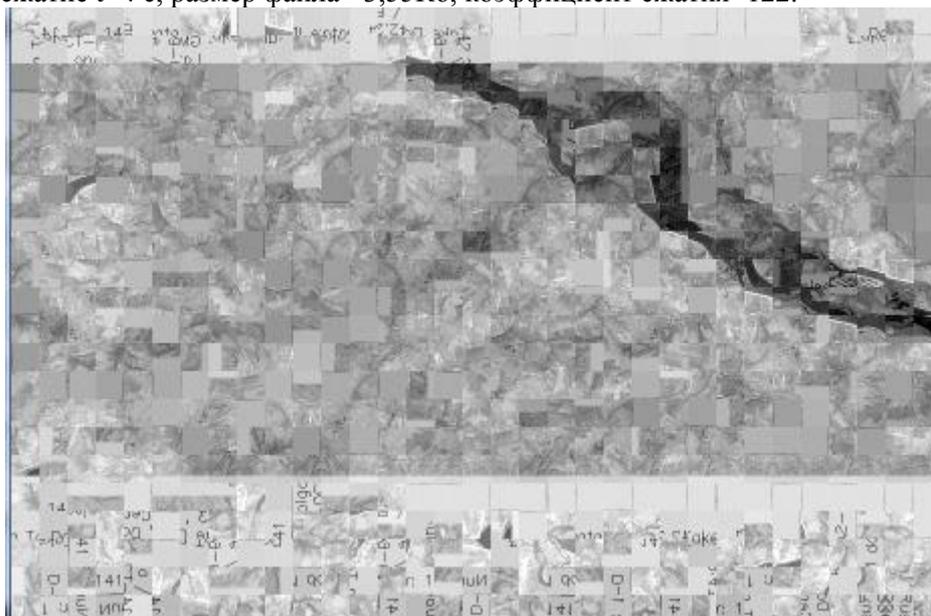


Рисунок 5 – Изображение после фрактальной компрессии.

На рисунке 6 представлен график зависимости размера изображения (КБайт) от размера рангового блока.

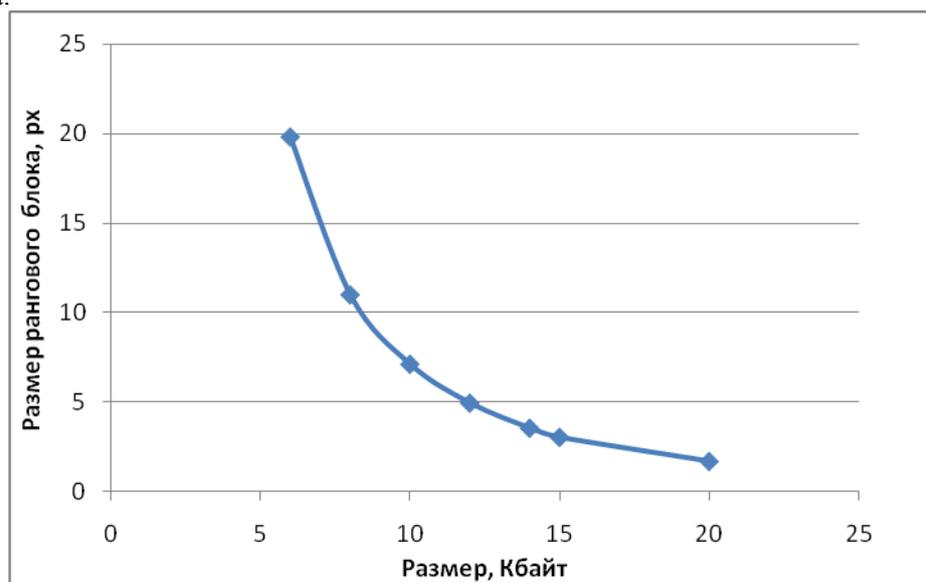


Рис. 6 – График зависимости размера изображения от размера рангового блока.

На рисунке 7 представлен график зависимости времени сжатия от размера рангового блока.

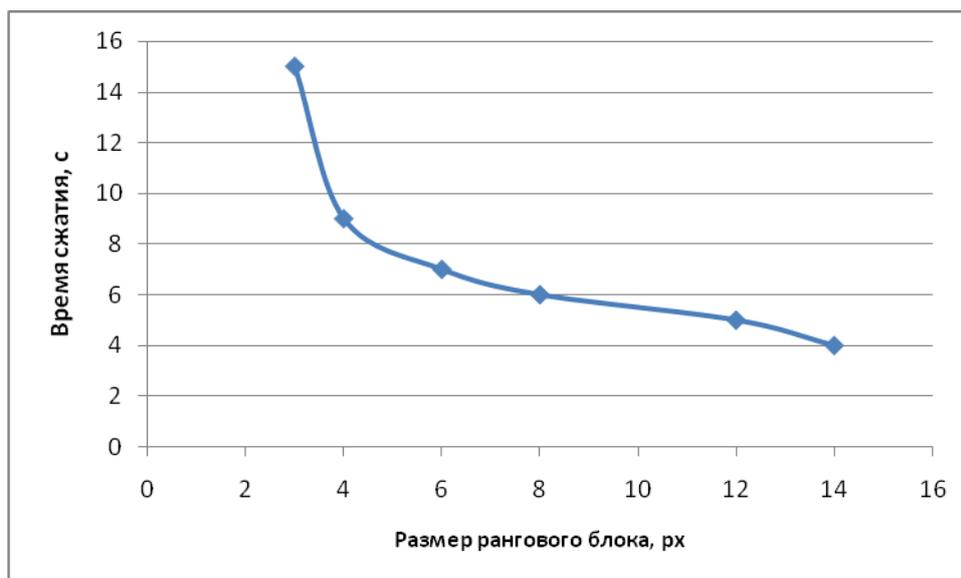


Рис. 7 – График зависимости времени сжатия по оси ординат от размера рангового блока.

Так как фрактальный алгоритм является алгоритмом сжатия с потерями, то увеличения количества ранговых блоков ведет к существенному уменьшению качества изображения.

Оценим, по десяти бальной шкале, качество изображения при нашем количестве ранговых блоков (10 – отличное, 0 – ничего не видно):

4 ранговых блока – 9 (Наблюдаются небольшие потери качества изображения);

8 ранговых блока – 6 (Наблюдаются потери качества изображения);

16 ранговых блока – 3 (Наблюдаются значительные потери качества изображения);

32 ранговых блока – 1 (Наблюдаются очень большие потери качества изображения).

На рис.8 представлен график зависимости оценки качества изображения от количества ранговых блоков.

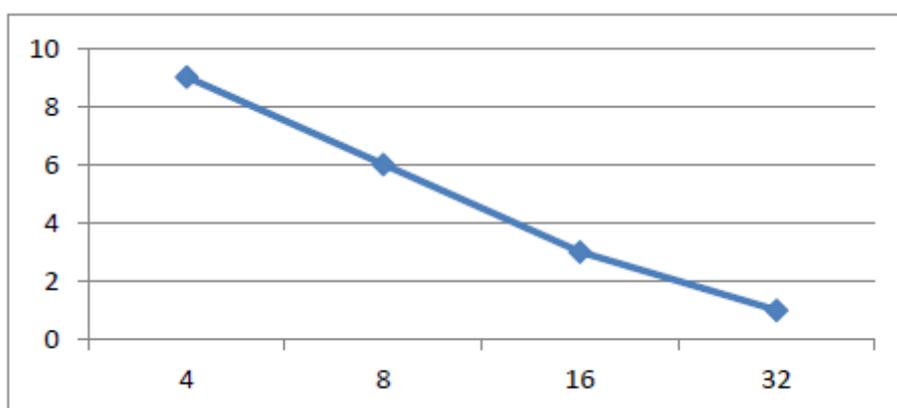


Рис 8. График зависимости нашей оценки по оси абсцисс от количества ранговых блоков по оси ординат.

Как видно из графиков размер изображения уменьшается с увеличением размера рангового блока. Время сжатия возрастает с уменьшением размера рангового блока. Качество изображения будет сильно уменьшаться при слишком большом увеличении рангового блока.

Рассмотрим таблицу 1, в которой сводятся воедино параметры различных алгоритмов сжатия изображений.

Таблица 1 – Алгоритмы сжатия.

Алгоритм	К-ты сжатия	Симметричность по времени	На что ориентирован	Потери	Размерность
RLE	32, 2, 0.5	1	3,4-х битные	Нет	1D
LZW	1000, 4, 5/7	1.2-3	1-8 битные	Нет	1D
Хаффмана	8, 1.5, 1	1-1.5	8 битные	Нет	1D
СCITT-3	213(3), 5, 0.25	~1	1-битные	Нет	1D
JBIG	2-30 раз	~1	1-битные	Нет	2D
Lossless JPEG	2 раза	~1	24-битные, серые	Нет	2D
JPEG	2-20 раз	~1	24-битные, серые	Да	2D
Рекурсивное сжатие	2-200 раз	1.5	24-битные, серые	Да	2D
Фрактальный	2-2000 раз	1000-10000	24-битные, серые	Да	2.5D

В приведенной таблице отчетливо видны тенденции развития алгоритмов графики последних лет:

1. Ориентация на фотореалистичные изображения с 16 миллионами цветов (24 бита);
2. Использование сжатия с потерями, возможность за счет потерь регулировать качество изображений;
3. Использование избыточности изображений в двух измерениях;
4. Появление существенно несимметричных алгоритмов, таких как фрактальный алгоритм сжатия;
5. Увеличивающаяся степень сжатия изображений.

Алгоритм фрактального сжатия известен тем, что в некоторых случаях позволяет получить очень высокие коэффициенты сжатия (лучшие примеры — до 1000 раз при приемлемом визуальном качестве) для реальных снимков земной поверхности, что недоступно для других алгоритмов сжатия изображений в принципе.

Основная сложность фрактального сжатия заключается в том, что для нахождения соответствующих доменных блоков требуется полный перебор. Поскольку при этом каждый раз должны сравниваться два массива, данная операция получается достаточно длительной. Сравнительно простым преобразованием её можно свести к операции скалярного произведения двух массивов, однако даже вычисление скалярного произведения требует довольно большого времени.

На данный момент известно достаточно большое количество алгоритмов оптимизации перебора, возникающего при фрактальном сжатии, поскольку большинство статей, исследовавших алгоритм, были посвящены этой проблеме и во время активных исследований (1992—1996 года) выходило до 300 статей в год. Наиболее эффективными оказались два направления исследований: метод выделения особенностей (featureextraction) и метод классификации доменов (classificationofdomains)[3].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Д. Ватолин, М. Смирнов «Методы сжатия данных: Сжатие изображений» // http://www.compression.ru/book/part2/part2__3.htm
- 2 С. Уэлстид. “Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии”. Москва. “Издательство ТРИУМФ” 2003. 360 .
- 3 М. Шарабайко, Реализация алгоритма фрактального сжатия для цветных изображений, <http://www.fic.bos.ru/solutions/FractalCodecYV24.php>
- 4 Свободная энциклопедия Википедия, Фрактал, <http://ru.wikipedia.org/wiki/Фрактал>