

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОГО АЛГОРИТМА СЖАТИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗАШУМЛЕННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

А.И. Стрелков¹, В.И. Барсов², Р.Ф. Пшеничный²
(¹Харьковский университет Воздушных Сил,
²Украинская инженерно-педагогическая академия)

В статье анализируется возможность использования фрактального алгоритма сжатия для обработки зашумленных изображений.

Фрактальное сжатие, зашумленное изображение, система итерируемых функций, аффинное преобразование

Постановка проблемы. Сжатие данных – один из самых важных вопросов, возникающих при хранении и передаче информации по каналам связи. Особенно актуально сжатие в случае, когда информация представлена графическими файлами (изображениями). Для цифровых изображений существует большое количество алгоритмов сжатия. Все они основываются на выделении и удалении из изображения избыточности (кодовой, межпиксельной, психовизуальной).

Разработаны и, более или менее успешно, применяются на практике такие алгоритмы сжатия изображений, как RLE, LZW, алгоритм Хаффмана, рекурсивный и другие. Многие форматы представления изображений не ограничиваются применением какого-либо одного алгоритма, в одном приложении может использоваться два, три и более различных алгоритмов.

Однако, практически все разработанные алгоритмы сжатия предназначены для обработки качественных изображений. На практике же часто возникает необходимость архивации изображения, которое зашумлено помехой того или иного вида. Внесенная помеха делает неэффективным, или даже невозможным, применение некоторых алгоритмов сжатия (недостаточна степень сжатия, резкая потеря качества изображения после декомпрессии, невозможность восстановления изображения и т.д.).

Компрессия зашумленных цифровых изображений представляет собой сложную научно-техническую проблему, рассмотрению путей решения которой посвящена данная работа. В рамках данной работы ограничимся рассмотрением фрактального алгоритма сжатия.

Анализ литературы. На данный момент вопросы компрессии зашумленных изображений практически не освещены.

Одним из перспективных методов компрессии изображений является фрактальный алгоритм сжатия. Фрактальная архивация основана на том, что с помощью коэффициентов системы итерируемых функций (IFS – Iterated Function System) изображение представляется в более компактной форме [1, 4, 6]. Строго говоря, IFS – это набор трехмерных аффинных преобразований, переводящих одно изображение в другое. Преобразованию подвергаются точки в трехмерном пространстве (x координата, y координата, яркость). На этапе архивации проводится распознавание изображения, и в виде коэффициентов хранится уже не растровая информация, а информация о структуре самого изображения.

Фрактальные методы рассматривают самоподобие как источник избыточности [5]. Считается, что самоподобие является свойством почти всех природных объектов и их изображений, и, следовательно, устранение этой формы избыточности может значительно уменьшить объем данных, необходимых для описания природного объекта или его изображения. Коэффициентом сжатия называется отношение битового представления изображения к битовому представлению кода. В известных фрактальных методах сжатия изображений значение этого коэффициента может достигать 100 при приемлемом качестве восстановления.

Существенным недостатком фрактального алгоритма компрессии является длительное время архивации, иногда фрактальный алгоритм сжимает в сотни раз дольше, чем другие. Но, в то же время, распаковка изображения, наоборот, произойдет в 5 – 10 раз быстрее.

Исходя из сказанного выше, можно заключить, что фрактальный алгоритм компрессии можно вполне эффективно применять для сжатия изображений (например, телевизионных кадров), если не имеет большого значения время архивации.

Но это справедливо для чистого, не зашумленного помехой, изображения. Что же произойдет, если исходное изображение будет изменено действием какой-либо помехи?

Цель работы. Целью данной работы является определение влияния внесенной помехи на качество и степень сжатия изображения, а также оценка возможности применения фрактального алгоритма сжатия для обработки подобного зашумленного изображения.

Основные формулировки. Фрактальное кодирование (сжатие) полутоновых изображений основано на гипотезе, согласно которой в любом изображении можно обнаружить локальное самоподобие различных его частей. Существующие алгоритмы фрактального сжатия, как правило, придерживаются следующей схемы кодирования [4]. Кодированное изображение разбивается на множество неперекрывающихся

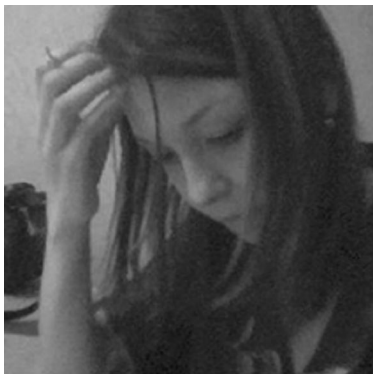
блоков (ранговых областей), для каждого из которых, в пределах этого же изображения, ищется блок большего размера (домен), пиксели которого путём некоторого преобразования, задаваемого несколькими коэффициентами, переводились бы в пиксели ранговой области. При этом для поиска оптимального соответствия ранговых областей и доменов необходим полный перебор вариантов, что влечёт за собой значительные вычислительные затраты. Из преобразований, переводящих домены в ранговые области, формируется отображение, переводящее изображение в изображение. При этом кодом изображения будут являться местоположение и размеры ранговых областей, а также коэффициенты преобразований, описывающих самоподобие внутри изображения. Количество бит, необходимых для описания кода, будет существенно меньше количества бит, необходимых для описания исходного изображения.

Рассмотрим конкретный пример. Исходное изображение – полутонная фотография размером 128×128 пикселей. В ходе эксперимента с помощью приложения Mathcad имитировалось наложение на изображение помехи, в качестве которой использовался массив из элементов сформированных случайной функцией, распределенной по нормальному закону.

На исходное изображение (рис. 1, а) был наложен шум, случайная помеха, распределенная по нормальному закону (рис. 1, б). Отношение сигнал/шум в данном случае было равно трем ($C / \Pi = 3$). До сжатия исходное изображение (также как и зашумленное) занимало объем памяти равный 45 КБ. Затем исходное и зашумленное изображения были обработаны с помощью фрактального алгоритма сжатия (для этого использовалась программа «fractals»). В результате обработки получены изображения (рис. 1, в) – соответствующее исходному, и (рис. 1, г) – зашумленному.

Как видно, зашумленное изображение после архивации качественно ухудшилось. К тому же время его архивации увеличилось, по сравнению с временем сжатия исходного изображения. Объем памяти, занятый сжатым исходным изображением составил менее 12 КБ, соответственно файл сжатого зашумленного изображения занял около 32 КБ. Такие результаты можно объяснить тем, что в исходном изображении имеет место избыточность (однотонные участки), которая при наложении помехи значительно уменьшается, так как помеховые импульсы меняют фактуру изображения. А, следовательно, затрудняется и поиск доменов для ранговых блоков.

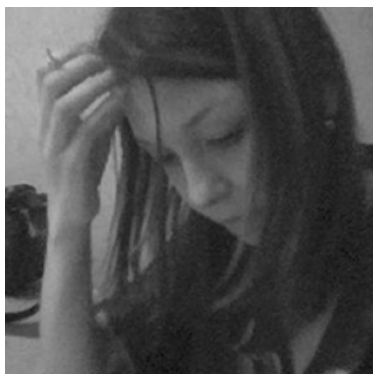
При повторении эксперимента с более низким отношением сигнал/шум (2; 1,5; 1,2) качество результирующего изображения снизилось, вплоть до исчезновения полезной информации (рис. 2).



а



б



в



г

Рис. 1. Пример изображения: а – исходного; б – зашумленного; в, г – после обработки

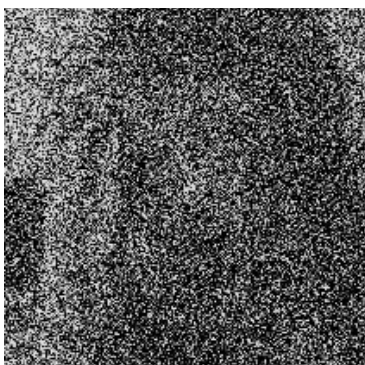


Рис. 2. Сжатое изображение при отношении сигнал/шум, равном 1,2

Объем памяти, занимаемый сжатым зашумленным изображением, увеличивается с уменьшением отношения сигнал/шум, что показано на рис. 3.

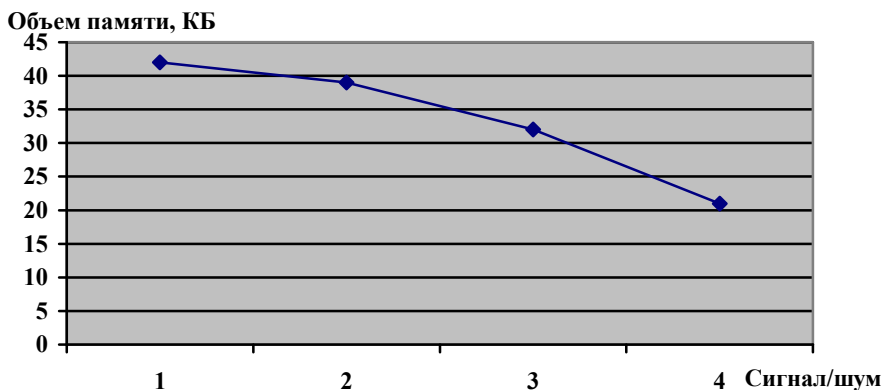


Рис. 3. Зависимость объема файла изображения от отношения сигнал/шум

Выводы. Применение фрактального алгоритма сжатия целесообразно только при высоком отношении сигнал/шум (не менее четырех). В случае, когда уровень помехи высокий, потери возрастают, а степень архивации понижается, что делает применение фрактального алгоритма неэффективным. Следовательно, при высоком уровне помех, когда аппаратными средствами понизить его невозможно, становится актуальной разработка методов повышения помехоустойчивости алгоритма сжатия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А.В. *Основы цифрового телевидения: Учебное пособие*. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2001. – 224 с.: ил.
2. *Цифровая обработка сигналов / А.Б.Сергиенко* – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.: ил.
3. Варбанский А.М. *Телевидение. Учебное пособие для вузов связи*. – М.: «Связь», 1973. – 464 с.: ил.
4. Шабаршин А.А. *Метод фрактального сжатия изображений // Научные школы УПИ-УГТУ*. – 1997. – № 1. – С. 70 – 82.
5. Кучук Г.А. *Фрактальный гауссовский шум в трафиковых трассах // Системы обработки информации*. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 3. – С. 91 – 99.
6. *Адаптивные методы обработки изображений*. – М.: Изд. АН СССР, Наука, 1988. – 252 с.

Поступила 1.03.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор Ю.В. Стасев,
Харьковский университет Воздушных Сил.