

Е. В. Ершов, Л. Н. Виноградова, Е. С. Шумилова

АЛГОРИТМ ФРАКТАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ДЛЯ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Описывается алгоритм фрактальной аппроксимации для сжатия изображений, полученных с помощью оптико-электронной системы контроля качества продукции. Дается обоснование применения фрактальных распределений для повышения степени архивации данных. Приведены результаты практического использования алгоритма в условиях реального производства.

Ключевые слова: фрактал, изображение, оптико-электронная система, аппроксимация, сжатие.

Наиболее перспективными по быстродействию системами контроля качества продукции являются оптико-электронные системы, в которых для обработки информации используются различные методы анализа изображений.

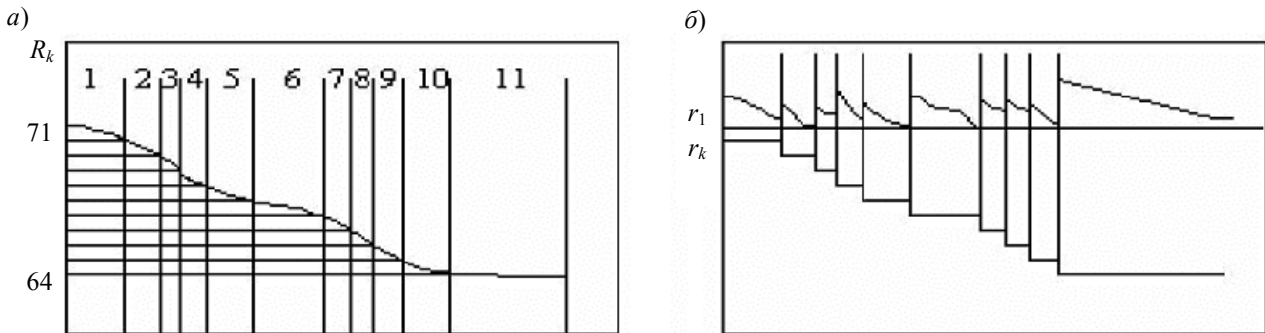
Растровые изображения имеют наибольший размер среди прочих форматов хранения информации, уступая только видеоизображениям. Для записи изображения требуется описать каждый его пиксел, поэтому чем больше пикселов и различных его вариаций, тем больше размер файла. Вследствие этого возрастает трафик и время передачи информации. Поэтому для передачи и хранения данных в формате графических изображений целесообразно использовать методы сжатия.

Процесс сжатия основан на устранении избыточности информации, содержащейся в исходных данных. Существуют различные методы сжатия информации, однако именно фрактальное сжатие максимально устраняет избыточность данных. Фрактальная архивация

основана на представлении изображения в более компактной форме с помощью коэффициентов системы функций, которые являются набором трехмерных аффинных преобразований. Преобразованию подвергаются точки в трехмерном пространстве: координата x , координата y , яркость. Каждое преобразование кодируется несколькими байтами, тогда как изображение, построенное таким образом, может занимать десятки мегабайт [1].

В общем виде процесс изменения какого-либо контролируемого параметра может быть представлен несколькими рядами данных: $R_k, R_1, R_2, \dots, R_n$, где R_k — ключевой вариационный ряд, который строится на основе данных, определяемых с меньшей точностью; R_1, \dots, R_n — множество других рядов, влияющих на результат. Предварительно проводится децимация по уровням, определенным допустимым интервалом изменения значений ряда R_k . Затем ряд R_1 разбивается на участки в соответствии с результатами децимации.

На первом шаге аппроксимации на каждом участке, полученном в результате разбиения ряда R_1 , данные преобразуются в вариационный ряд r_1 . Ряды R_2, \dots, R_n ставятся в соответствие ряду r_1 . Преобразование рядов экспериментальных данных продемонстрировано на рисунке, где a — децимация ключевого ряда, b — построение вариационных рядов на участках децимации.



После обнаружения некоторого отрезка ключевого ряда R_k с одинаковыми значениями членов ряда (r_k) анализируется соответствующий отрезок вариационного ряда r_1 . Аналогичным образом выбираются значения из остальных рядов.

На втором шаге аппроксимация осуществляется границами фрактала. При этом граница фрактала рассматривается как ломаная линия с соответствующими координатами $y_{i,j}=1$, а фрактал — как двумерный бинарный массив y . Тогда координаты аппроксимирующей кривой Y_j могут быть получены из средних значений координаты i границы фрактала:

$$Y_j = Y_{j-1} + \left| Y_{j-1} - \chi \sum_{i=1}^N y_{ij} \right|,$$

где $0 < \chi \leq 1$ — некоторый коэффициент.

На третьем шаге аппроксимации производится масштабирование, т.е. сопоставление значений отрезков распределения с рядом значений элементов аппроксимирующего отрезка.

Аппроксимация рядов экспериментальных данных с помеховой составляющей может быть осуществлена с использованием границ алгебраических фракталов (множество Мандельброта, множество Жулиа, треугольник Серпинского и др.). Известные методы аппроксимации полиномом n -й степени не позволяют точно восстановить картину исходного ряда.

Каждый единичный отрезок распределения может быть представлен большим количеством промежуточных данных. Аппроксимируя такую кривую фракталами, получим довольно большой коэффициент сжатия.

Для получения распределений можно применять не только фрактальные образы, но и любые другие, обладающие изломистой структурой. Преимущество использования именно фракталов заключается в том, что они генерируются простой зависимостью, и, изменяя их

численные характеристики, можно получить множество вариаций. Сравнительные характеристики фрактальных и нефрактальных отображений приведены в таблице.

Число нефрактальных отображений	Объем памяти, байт	Число фрактальных отображений	Объем памяти, занимаемой программой, байт	Число вариантов распределений
1	15 000	1	≈16 250	589
2	30 000	2		1178
4	115 000	4		2356

Очевидно, что в случае с четырьмя отображениями выигрыш составит 98 750 байт, где могут храниться 24 687 значений натуральных данных.

Экспериментальные исследования разработанного алгоритма фрактальной аппроксимации для сжатия изображений, полученных с помощью оптико-электронной системы контроля качества поверхности металлопроката, были осуществлены в условиях реального производства на ОАО „Северсталь“ (Череповец).

Объем выборки для наиболее распространенных дефектов поверхности (мазковая окалина, точечная окалина, излом и др.) составил 1000—1500, для других (менее распространенных) — 300—500. В качестве ключевого ряда R_k были приняты данные о выходе годного металлопроката. По степени значимости выделяются первые четыре параметра: ряд R_1 — длина дефекта, ряд R_2 — ширина дефекта, ряд R_3 — периодичность появления дефекта, ряд R_4 — положение дефекта относительно ширины полосы проката. Затем строятся гистограммы, а кривые законов распределения исследуемых характеристик аппроксимируются с помощью фракталов. Для каждого исследуемого образца в память компьютера записывается сжатое описанием выше способом изображение поверхности с имеющимся дефектом при различных скоростях (в интервале 0,5—1,0 м/с) движения полосы проката.

Предложенный алгоритм сжатия также апробировался в агломерационном производстве для хранения изображений излома агломерационного спека, полученных с помощью оптико-электронной системы контроля качества агломерата [2]. В качестве ключевого ряда R_k были приняты данные о содержании в общем объеме агломерата кусков оптимального класса крупности. По степени значимости выделены первые пять параметров: ряд R_1 — средний диаметр кусков, ряд R_2 — ширина автокорреляционной функции, ряд R_3 — скорость движения палетт, ряд R_4 — коэффициент высокотемпературной зоны излома, ряд R_5 — коэффициент высокотемпературной зоны поверхности. В ходе экспериментов были получены и обработаны данные по 80 000 кадров, контролировались 44 параметра процесса спекания.

Таким образом, по результатам исследований установлено, что алгоритм сжатия данных фрактальными распределениями при обработке информации в оптико-электронных системах позволяет в 1,8—7,0 раз сократить объем оперативной памяти на их хранение. При строго лимитированном объеме накопителей этот алгоритм позволит заложить в систему большее количество данных, а следовательно, повысить достоверность оценки качества продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. М.: ДИАЛОГ — МИФИ, 2002. 384 с.
2. Ершов Е. В. Оценка качества агломерата с использованием оптико-электронного метода // Изв. вузов. Черная металлургия. 2006. № 7. С. 19—22.

Сведения об авторах

Евгений Валентинович Ершов

— д-р техн. наук, доцент; Череповецкий государственный университет, кафедра программного обеспечения ЭВМ; E-mail: eve@chsu.ru

- Людмила Николаевна Виноградова** — Череповецкий государственный университет, кафедра программного обеспечения ЭВМ, ст. преподаватель;
E-mail: lvinogradova@bk.ru
- Елена Сергеевна Шумилова** — Череповецкий государственный университет, кафедра программного обеспечения ЭВМ, ассистент; E-mail: alenka.bunky@gmail.com

Рекомендована кафедрой
программного обеспечения ЭВМ

Поступила в редакцию
14.04.10 г.