

УДК 681.3

СЖАТИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ  
В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ  
АГЛОМЕРАЦИИ РУДНОГО СЫРЬЯ С ПОМОЩЬЮ  
ФРАКТАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ

Е.В. ЕРШОВ, Л.Н. ВИНОГРАДОВА  
ГОУ ВПО «ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Череповец, Россия

С точки зрения качества и помехоустойчивости наиболее эффективной считается цифровая передача информации. Однако для пересылки и хранения больших объемов информации необходима большая пропускная способность каналов связи и огромные ресурсы памяти.

Существует большое количество разнообразных методов сжатия изображений. Одним из наиболее эффективных считается фрактальный метод сжатия, который можно рассматривать как модификацию векторного квантования, где в качестве элементов кодовой книги используют блоки, вырезанные всевозможными способами из самого исходного изображения [1].

Специфика процесса спекания шихты на агломерационной машине требует хранения больших объёмов экспериментальных данных с множеством влияющих на процесс параметров (порядка нескольких десятков). При этом важным является прогнозирование содержания доли оптимального класса крупности  $\delta$  (5÷40 мм) по окончании процесса агломерации с целью снижения расхода кокса и увеличения производительности доменных печей.

В результате эксперимента были получены и обработаны данные по 32400 кадрам с изображениями излома аглоспека в разгрузочной части агломерационной машины и по 50400 кадрам с изображениями поверхности спекаемого слоя за зажигательным горном. В ходе эксперимента контролировалось 24 параметра процесса спекания, 17 параметров макроструктуры аглоспека и 3 параметра гранулометрического состава агломерата.

По степени значимости на содержание доли оптимального класса крупности кусков агломерата выделены первые пять параметров: ряд  $R_1$  – средний диаметр гранул  $d_{ср}$ , ряд  $R_2$  – ширина автокорреляционной функции  $H_{ср}$ , ряд  $R_3$  – скорость движения паллет  $V_{п}$ , ряд  $R_4$  – коэффициент высокотемпературной зоны излома  $K_{ВТЗ}^{ИЗЛ}$ , ряд  $R_5$  – коэффициент высокотемпературной зоны поверхности  $K_{ВТЗ}^{ПОВ}$ . За ключевой ряд  $R_k$  принимаются данные о содержании оптимального класса крупности  $\delta$ . Это обусловлено тем, что точность определения выходного параметра всегда ниже точности входных параметров.

На первом шаге аппроксимации проводится децимация по уровням, с определённым допустимым интервалом изменения величины значений ря-

да  $R_k$ . Затем ряд  $R_1$  разбивается на участки в соответствии с результатами децимации. Далее 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 простое соответствие ряду  $r_1$ .

После обнаружения некоторого отрезка ключевого ряда  $R_k$  с одинаковыми значениями членов ряда ( $r_k$ ) анализируется соответствующий отрезок вариационного ряда  $r_1$ . Из остальных рядов выбираются значения, в достаточной мере удовлетворяющие текущим условиям процесса производства агломерата.

Для вариационных рядов, где необходим точный подбор аппроксимирующей кривой целесообразно применение распределения на основе множества Мандельброта. Зависимость, описывающая одно из таких распределений, имеет вид:

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

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

Использование ограниченного набора фрактальных отображений может дать множество вариантов распределений. Имея одно отображение в формате  $600 \times 600$  пикселей с палитрой в 1 бит, возможно до 599 вариаций распределений. Отбрасывая неполноценные варианты (до 10 значений), вариаций становится 589.

Для получения распределений можно применять не только фрактальные образы, но и любые другие, обладающие изломистой структурой, но преимуществом фракталов является то, что они генерируются простой зависимостью, и изменяя их численные характеристики, можно получить множество вариаций.

Следует заметить, что вариационные распределения, получаемые на основе простых генераторов случайных чисел, не дадут такой возможности аппроксимации реальных данных как фрактальные из-за того, что распределение этих чисел тяготеет к нормальному, и, в результате построения распределения по приращениям, график будет близок к прямой.

Только фрактальные отображения для получения аппроксимирующих кривых дают множество степеней свободы при их подборе.

Для вариационных рядов, где необходим точный подбор аппроксимирующей кривой целесообразно применение распределения на основе множества Мандельброта [2]. Известные методы аппроксимации полиномом  $n$ -ой степени не позволяют точно восстановить картину исходного ряда.

Для того чтобы значения элементов аппроксимирующего отрезка распределения соответствовали размерностям натурального ряда данных должно быть произведено масштабирование.

Наиболее простой способ масштабирования - сопоставление первого и последнего значений отрезка распределения и ряда данных.

Аппроксимация рядов экспериментальных данных с помеховой составляющей может быть проведена границами фракталов Мандельброта и Жюлиа [2]. При аппроксимации данных фракталом Мандельброта ряд разбивается на 5 частей. В каждой части кривая задаётся прямоугольной областью фрактала и отрезком, на котором данные составляют прямую, приблизительно параллельную оси абсцисс. Отсюда каждое разбиение может быть описано 5-ю числами. Весь ряд может быть описан 26 числами, где 26-е число характеризует масштаб.

Каждый единичный отрезок может быть представлен большим количеством промежуточных данных. Аппроксимируя такую кривую фракталами, получим довольно большой коэффициент сжатия, к тому же бесконечная извилистость фрактальной кривой даст возможность очень точно задать не только местоположения отдельных точек, но и изменение их дисперсии вокруг линии тренда.

Аппроксимация полиномом второй степени (на примере  $y=0,0007x^2-0,0021x+0,1824$ ) даёт значение дисперсии 0,003 вокруг исходного ряда. Фрактальная же аппроксимация, проведённая распределением, полученным на основе фрактала Мандельброта, даёт значение дисперсии 0,0009. Очевидно, что фрактальная кривая наиболее точно повторяет исходный ряд, а аппроксимация полиномом сильно искажает характер распределения экспериментальных данных, делая выборку неадекватной.

Опробованный алгоритм аппроксимации экспериментальных данных фрактальными распределениями, применительно к оптико-электронным системам, способен также значительно сократить затраты ресурсов памяти на их хранение, что, в свою очередь, может повлиять на материальные затраты, связанные с покупкой дополнительных накопителей информации. В случае строго лимитированного объёма накопителей этот алгоритм позволит заложить в систему большее количество данных, а, следовательно, улучшить качество прогнозирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Anson L.F.** Fractal Image Compression // BYTE. – 1993. – V. 18, № 11.
2. **Ершов, Е. В.** Аппроксимация рядов экспериментальных данных фракталом Мандельброта / Е. В. Ершов, С. Н. Хисамутдинов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2002. – № 11. – С. 63–64.

E-mail: [eve@chsu.ru](mailto:eve@chsu.ru)  
[lnvinogradova@bk.ru](mailto:lnvinogradova@bk.ru)