

4. Мотолько А. П. Фрактальная размерность кластеров пигмента печатных красок // Тезисы 51-й студенческой научно-технической конференции. – Мн.: БГТУ, 2000. – С.24-25.

5. Лиштван И. И., Богатов Б. А., Кулак М. И. Фрактальные структуры торфяных систем // Доклады АН СССР. – 1991. – Т. 318, № 2. – С. 426-430.

УДК 519.72

Т. А. Долгова, М. И. Кулак,
М. К. Яковлев

(БГТУ, г. Минск)

ФРАКТАЛЬНЫЕ РАСТРОВЫЕ СТРУКТУРЫ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Использование существующих стохастических растров с точки зрения качества полиграфических оттисков вызывает при воспроизведении ровных гладких поверхностей потерю ощущения гладкости поверхности из-за «слипания» микроточек на битовой карте и образования кластеров. Стохастическое растривание требует также выделения больших объемов памяти для хранения наборов битовых карт и значительных затрат ресурсов репросистемы, которые тратятся на операции обмена между внешней памятью и процессором. Указанные недостатки стохастических растров снижали их очевидные преимущества, заключающиеся в воспроизведении многокрасочных оригиналов без поворотов раstra и уменьшении ощущения регулярности его структуры и т. п.

В настоящее время совершенствование технологии и техники цифровой обработки тоновых изображений происходит по двум не связанным между собой направлениям. Это конструирование растров, позволяющих дальше улучшать качество воспроизведения тоновых многокрасочных изображений и поиск новых способов сжатия информации для повышения эффективности репросистем. Для сжатия больших изображений достаточно активно используется теория фракталов [1], при этом не затрагивается сама растровая основа изображения, т. е. битовая карта.

Оригинальный подход, объединяющий указанные выше два направления в обработке тоновых изображений, позволяющий использовать теорию фракталов для моделирования процессов частотно-модулированного растривания, был впервые предложен в [2]. Там же был предложен алгоритм, позволяющий представить битовую карту в виде фрактального кластера заданной размерности в соответствии со значением относительного размера растровой точки. Алгоритм основан на послойном представлении кластера на основе соотношения, связывающего количество микроточек слоя и его радиус с фрактальной размерностью кластера:

$$p(r) = k r^{D-2}, \quad (1)$$

где $p(r)$ – плотность (количество) микроточек на слое радиуса r ; D – фрактальная размерность кластера; k – размерная константа [2].

Как показало компьютерное моделирование алгоритма, заполнение карты целесообразно выполнять путем построения совокупности фрактальных кластеров одной размерности. В результате моделирования алгоритма заполнения битовой карты совокупностью фрактальных кластеров построены совокупности битовых карт для ступенчатых растровых шкал, содержащих растровые точки размерами 5%, 25%, 50%, 75% и 95%. Программная реализация алгоритма выполнена на языке Турбо Паскаль в виде программ, осуществляющих заполнение битовых карт в интерактивном и автоматических режимах. Компьютерное моделирование алгоритма показало, что он позволяет осуществить стохастическое заполнение битовой карты заданного значения.

Анализ методов оценки качества растривания свидетельствует, что в настоящее время отсутствуют строгие математические алгоритмы и используется лишь визуальное определение качества тонового изображения по серии оттисков. Задача численно-аналитической оценки качества растривания является не менее актуальной, чем разработка самих алгоритмов растривания. Качество растра непосредственно связано с тем, насколько равномерно распределены микроточки на битовой карте и насколько устойчив характер стохастического распределения.

Разработан численно-аналитический метод оценки качества растра, основанный на исследовании характера заполнения битовой карты. Основными анализируемыми объектами битовой карты с позиции теории перколяции и теории фракталов являются кластеры — совокупность рядом расположенных микроточек. Для более точного исследования характера распределения микроточек не только во внутренних ячейках битовой карты, но и на границе предлагается анализировать область из рядом расположенных 9-ти битовых карт (основная битовая карта находится в центре, по краям ее расположены половины или четверти граничных карт).

В ходе исследования отдельного кластера определяется его размер, число целых (по горизонтали или вертикали) и дробных (по диагонали) связей. А при рассмотрении всего распределения битовой карты рассчитывается также общее количество кластеров и количество кластеров одинакового размера.

При анализе решетчатой модели по вертикальным и горизонтальным слоям (ширина слоя — одна ячейка) используется понятие кластеро-отрезков — совокупности подряд расположенных на одном слое микроточек. Это распределение дает предварительную информацию о диаметрах кластеров и об инвариантности картины растривания битовой карты относительно поворота.

С помощью числовых характеристик кластера определяются следующие коэффициенты: R — отношение радиуса кластера к эффективному

радиусу; $K_{отн}$ – отношение числа дробных связей к числу целых связей кластера; $K_{св}$ – отношение числа всех связей к размеру кластера. Хотя между этими тремя коэффициентами существует взаимосвязь, каждый из них характеризует кластер с разных сторон. Коэффициент R в большей степени говорит о том, на каком расстоянии от центра находится наиболее удаленная точка кластера. Коэффициент $K_{отн}$ позволяет судить о наличии в кластере целых вкраплений (групп микроточек, соединенных целыми связями) по сравнению со структурами с дробными связями. Коэффициент $K_{св}$ говорит об общем числе связей кластера определенного размера, то есть в некотором смысле характеризует площадь и конфигурацию кластера.

Составлена таблица с примерными значениями этих коэффициентов для «крайних» структур кластера (с одной стороны – макроточка, характерная для регулярного растривания, с другой – относительно большое число разветвленных небольших кластеров, получаемых при стохастическом растривании, основанном на процедуре Random).

Алгоритм определения числовых характеристик стохастического растривания реализован на языке Паскаль. Полученные данные могут использоваться непосредственно для анализа или являться основой для построения необходимых графиков с помощью специального пакета научной графики Origin.

Расчеты показали, что кластеры, построенные с использованием фрактального подхода, имеют относительно высокую плотность, но большой радиус и хорошо разветвленную структуру. Сравнение результатов для различных вариантов фрактального распределения при одинаковой степени заполнения карты подтвердило устойчивый характер полученных распределений микроточек.

Окончательный вывод о качестве растривания можно сделать по печатным оттискам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Просис Дж. Фракталы и сжатие данных // PC Magazine. – 1994. – № 8. – С. 182-185.
2. Кулак М. И., Астапов М. В. Моделирование методами теории фракталов процессов частотно-модулированного растривания тоновых изображений // Труды БГТУ. Серия IV. Физико-математические науки. – 1996. – Вып. 3. – С. 33-37.