

Долгова Т. А., доцент; Золотарь Е. А., ассистент

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ ФРАКТАЛЬНОГО РАСТРОВОГО КЛАСТЕРА

Algorithms of construction of a raster element on the basis of irregular cluster structures are analyzed. New approaches to their formation are offered.

Алгоритмы, имитирующие случайное распределение, достаточно широко применяются в программном обеспечении для растеризации: в системах цифровой струйной печати, цветопробы и, собственно, в самом процессе растривания тонового изображения для полиграфического воспроизведения.

Известные уже несколько десятков лет и используемые последнее десятилетие разновидности частотно-модулированного растривания показали достоинства стохастической картины. Довольно хорошо изучено влияние полученного таким образом изображения на степень его визуального восприятия. Лабораториями и исследовательскими центрами производителей программного обеспечения за столь большой по меркам «информационного века» период было изобретено немало механизмов создания нерегулярных и псевдослучайных растров. Все их можно условно разделить на несколько групп.

Одно из направлений предполагает развитие стохастической структуры на базе исходного регулярного растра различными способами. Например, в одном из них предполагается смещение центров элементов регулярного растра по одной оси на расстояние в пределах половины шага линиатуры.

Есть также подход, основанный на создании набора случайных битовых карт: от одной до нескольких матриц с бессистемным расположением элементов для каждого тона [1]. Такой предварительно сформированный «растровый алфавит» по функции связывает номер знака алфавита со значением тона и позволяет вызывать в случайном порядке одну из нескольких матриц этого знака. Использование выбора из нескольких матриц для одного тона исключает регулярность в пределах достаточно большой области изображения этого тона. Полученная картина довольно однородна, без сгустков и участков с пониженной плотностью расположения печатных элементов, исключается также образование направленных структур при стыковке матриц. Но хранение «алфавита» требует больших объемов памяти.

Еще одно направление создания стохастических растров основано на формировании изначально случайной картины, например, на основе метода диффузии ошибки (Diffusion Dither). Здесь в первую очередь требуется относительно большое время генерации битовых карт.

На кафедре полиграфических производств БГТУ ведутся работы, основанные на использовании фрактального подхода к нерегулярному растриванию. Он ближе всего к последней группе алгоритмов, «на лету» генерирующая стохастические растры, но имеет и некоторые черты других групп [2].

На данный момент разработан алгоритм формирования растрового элемента на основе кластерной структуры в различных модификациях. Это позволило показать принципиальную возможность использования такого варианта растривания, проанализировать его сильные стороны, определить область применимости [3].

Однако конкретная реализация предлагаемых принципов еще далека от варианта, который в полной мере будет демонстрировать заявленную возможность разрабатываемого подхода.

Целью дальнейшей работы является модификация алгоритма (или создание нового) для улучшения качества нерегулярного фрактального растривания при снижении затрат. Только детальный анализ ранее разработанных алгоритмов и базирующихся на них программ позволит сделать следующий шаг в этом направлении.

Рассмотрим формирование одного растрового элемента для определенного тона на примере битовой карты размером $k \times k$ ячеек. Микроточки (заполненные ячейки) образуют связанную структуру — кластер.

Главной особенностью фрактального кластера является то, что с ростом размеров плотности такого кластера убывает по степенному закону:

$$\rho(r) = \rho_0(r/r_0)^{D-d}, \quad (1)$$

где ρ_0 — плотность материала частиц кластера, r_0 — средний радиус частиц; d — евклидова размерность пространства; D — фрактальная размерность [4].

Сначала случайным образом определяются координаты центра кластера. Затем заполняются ближайшие ячейки, расположенные от центра на минимальном расстоянии (с радиусом r_1), потом их ближайшие «соседи» (второй радиус) и т. д. Так происходит последовательный перебор групп ячеек с возрастающими радиусами. Процесс идет до границ битовой карты или до достижения необходимого тона — суммарного числа микроточек. Каждому тону изображения соответствует своя фрактальная размерность [5].

(распределением по частоте), сколько увеличением размера печатных элементов. Получается, что формирование градаций на участке площади псевдополутонного изображения происходит не из микроэлементов одинакового размера, а при помощи растровых элементов различного размера и формы, т. е. распределением по амплитуде, пусть и с нерегулярным расположением.

Известно, что практика использования пер-вых стохастических методов растривания выявила необходимость относительной однородности получаемых структур, исключающей заметные сгустки и разряжения печатных элементов, что привело к введению ряда ограничений. Некоторые существующие алгоритмы бес-системного распределения точек используют анализ окрестности предполагаемого размещения очередной точки по весовым коэффициентам для определения области минимальной плотности.

Аналогично в анализируемом псевдофрактальном алгоритме было предложено изменять порядок просмотра ячеек в группе, чтобы очередная точка располагалась в наименее заполненной области.

В этом случае может возникнуть очень редкий кластер, когда заполненные ячейки касаются только угловыми точками и почти не имеют общих сторон (предельным случаем является картина, подобная шахматной доске). Такой растровый элемент вызывает определенные трудности при воспроизведении: «затекание» единичных пробельных элементов, как следствие — повышенная степень растискивания печатных элементов и значительные градационные искажения.

Следует заметить, что для реальных печатных элементов общая «точка» или «сторона» ячеек не вполне точные понятия, они соответствуют лишь разной степени близости (слияния) соседних элементов. Эта близость зависит не только от их взаиморасположения, но и от характеристик печатного процесса [3].

В случаях, когда сталкиваются с таким технологическим аспектом ЧМ-растривания, как трудность воспроизведения, фрактальный растровый элемент может стать компромиссным вариантом, поскольку размер и характер рисунка такого растрового элемента обеспечивает необходимую степень воспроизведения при одновременном сохранении неповторимости растровых элементов [2].

Плотность кластера заданного радиуса определяется как отношение количества заполненных точек к общему количеству ячеек внутри охватывающей окружности.

Анализируемые алгоритмы в силу рассмотренных выше причин строят растровые струк-

туры, не вполне соответствующие фрактальному распределению, для которого по (1) плотность кластера должна быть обратно пропорциональна радиусу. Из последнего столбца таблицы видно, что это условие нарушается.

Отдельно следует остановиться на расположении начальной точки кластера.

Первоначально использовалось случайное определение центра в пределах всей битовой карты. Исследования показали, что в силу указанных выше причин кластер быстро достигал границ битовой карты, особенно если центр располагался близко к ее середине. Формирование кластера непосредственно из углов приводило к получению часто повторяющихся картин.

Очередная модификация предусматривала расположение центра первого кластера дальше от середины — внутри четырех квадрантов битовой карты областями 2x2 (темные ячейки на рис. 2). Как видно, для первой точки предлагается всего 16 постоянных координат, что исключило центральные позиции битовой карты, использование которых является необходимым условием для разнонаправленного развития фрактального кластера.

Для преодоления рассмотренных выше недостатков предлагается объединение точек в круговые слои. При этом должны выполняться следующие условия:

- связность всех ячеек слоя;
- приближение формы слоя к форме окружности;
- средняя толщина слоя (разница между максимальным и минимальным расстоянием от центра кластера до точек слоя) должна быть сопоставима с размером ячейки.

Для каждого такого слоя, с геометрической точки зрения, количество имеющихся ячеек должно быть пропорционально радиусу (соответствовать длине окружности). Это обеспечивает нужное соотношение, чтобы число ячеек, имеющееся на данном слое, было больше расчетного количества заполняемых. В таком случае легче выполнить условие убывания плотности кластера по мере его роста.

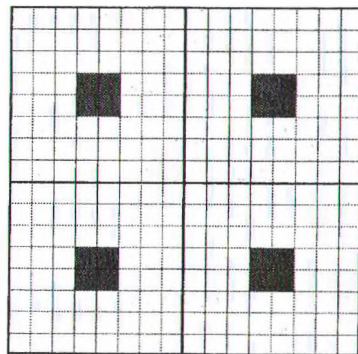


Рис. 2. Вариант областей для возможного расположения центра кластера

Например, все рассмотренные в таблице ячейки могут составлять один слой со средним радиусом 6,7 и толщиной, равной 0,75. На рис. 3 показаны слои для картины, представленной на рис. 1, ячейки одного слоя имеют одинаковую окраску и образуют замкнутую систему (если весь слой находится в границах битовой карты).

Именно средний радиус слоя, подставленный в формулу (2), определит число заполняемых на данном шаге ячеек. Это сразу позволит значительно снизить погрешности округления.

Как видно, у каждой ячейки есть «сосед» с предыдущего и следующего слоя. Это обеспечивает относительную свободу выбора месторасположения микроточки, ограниченную уровнем связности.

По такому принципу было получено несколько вариантов объединений в слое окружности. Анализ полученных картин показывает, что плотность кластера падает по мере увеличения количества его слоев.

Для рассмотренного 50%-ного заполнения это происходит вплоть до 8 слоя, хотя уже с 5-го (черный цвет на рис. 2) не все ячейки слоя принадлежат битовой карте. Далее плотность снова растет ввиду того, что битовая карта имеет ограниченный размер и происходит срезание избыточного количества точек в слое предлагаемых для заполнения. Следует напомнить, что речь идет об относительно большом кластере с координатами центра (12; 5)

Однако для небольшого процента заполнения такая картина не характерна, а для средних тонов хороший результат дает смещение центра кластера ближе к середине битовой карты.

Поэтому следующим ограничением, накладываемым на процесс формирования фрактального растрового элемента, стало приближение к середине карты возможных позиций центра кластера при увеличении воспроизводимого тона. Эта операция производится путем уменьшения числа возможных для центра ячеек. Один из вариантов — когда эти ячейки образуют квадраты, сужающиеся к середине карты.

Для больших кластеров возможным решением проблемы может быть укрупнение производных слоев.

Отдельно следует остановиться на том, какой кластер считать «большим». Рассмотренные предыдущие алгоритмы строили кластер до 50%-ного тона, далее применялась инверсия.

Круглая точка регулярного растривания, воспроизводящая 50%-ный тон, представляет собой плотное ядро в центре битовой карты, не касающееся ее границ. Распределенный фрактальный кластер будет полнее использовать площадь карты. Предлагаемые изменения

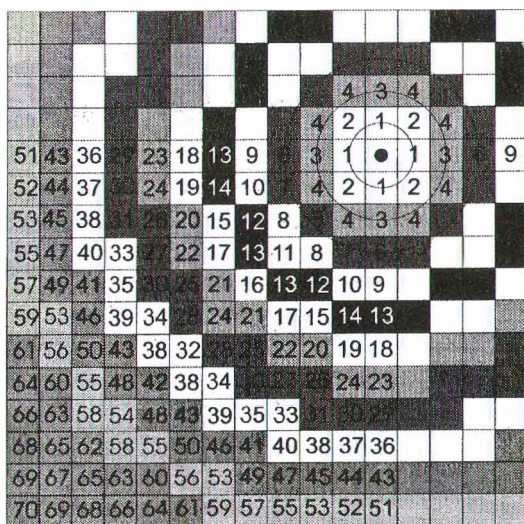


Рис. 3. Вариант распределения ячеек по слоям

позволят «поместить» на карте кластер и большего размера. Поэтому одной из задач становится определение значения тона, после которого должна включаться процедура инвертирования.

Таким образом, предлагаемые меры позволяют усовершенствовать алгоритмы формирования стохастического раstra. Но окончательные выводы и выбор оптимального, с различных точек зрения, варианта можно будет сделать только с использованием визуального анализа полутоновых картин.

Литература

1. Кузнецов Ю. В. Основы подготовки иллюстраций к печати. Растривание. — М.: Изд-во МГУП «Мир книги», 1998. — 174 с.
2. Золотарь Е. А., Долгова Т. А. Целесообразность использования фрактального кластера в качестве нерегулярного растрового элемента // Труды БГТУ. Сер. IX. Издат. дело и полиграфия. — 2004. — Вып. XII. — С. 33–36.
3. Долгова Т. А., Золотарь Е. А. Оценка качества стохастического растривания // Труды БГТУ. Сер. IX. Издат. дело и полиграфия. — 2002. — Вып. X. — С. 36–42.
4. Федер Е. Фракталы. — М.: Мир, 1991. — 254 с.
5. Кулак М. И., Долгова Т. А., Яковлев М. К. Фрактальные аспекты теории стохастических растров // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информатика. — 2000. — Вып. VIII. — С. 65–73.
6. Исследование процессов стохастического растривания тоновых изображений с целью разработки фрактальной теории стохастических растров и ее приложений в репродукционных процессах полиграфии: Отчет о НИР (промежуточный) / БГТУ; Рук. М. И. Кулак. — № ГР 19981015. — Мн., 1998. — 31 с.