

Стохастическое растривание

Promises and Pitfalls

Петр Нуждин, начальник отдела выпуска рекламы ИД «Коммерсантъ»

[Истоки растривания](#)

[Принципы создания и основные параметры растрового изображения](#)

[Недостатки периодических растров](#)

[Стохастическое растривание](#)

[Тестируем стохастику](#)

Фраза, вынесенная в подзаголовок данной статьи, существует в виде устоявшейся языковой конструкции и, по моему мнению, наилучшим образом иллюстрирует то, о чем пойдет речь ниже, а именно — о великолепных возможностях стохастического растривания, о целом ряде его преимуществ перед традиционными растрами (promises — обещания), а также о неприятных неожиданностях (pitfalls — западни) при использовании стохастики в практике полиграфического производства.

Истоки растривания

Перед тем как приступить к рассмотрению непосредственно стохастического растривания, его особенностей и возможностей, обратимся к истории изобретения растра.

Вполне правомерно начать с серии открытий, принадлежащих Уильяму Генри Фоксу Талботу (1800—1877), которого заслуженно называют одним из основателей современной фотографии. Этот ученый вписал свое имя в историю как математик, физик, философ. Его увлечения были весьма разнообразны: достаточно сказать, что он был известен и как египтолог, сделавший значительный шаг в расшифровке древней египетской письменности. Но для темы нашего рассказа важнее всего то, что он изобрел фотопроектор, с помощью которого на обыкновенной бумаге, покрытой светочувствительным слоем, можно было получать негативное изображение фотографируемого объекта, которое затем превращалось в позитивное с помощью аналогичного фотопроектора.

Широкой публике имя Уильяма Талбота известно гораздо меньше, чем имя Луи Дагерра (1787—1851), хотя о его изобретении — дагерротипии — было объявлено в 1839 году, когда и Талбот объявил об изобретении своего калотипа (по-гречески это означает «прекрасный образ»). В основе обоих изобретений лежало использование камеры-обскуры, а различие состояло в том, что калотип — это прямое изображение на бумаге, которое получалось с негатива, а дагерротип — прямое изображение на металлической пластине, по природе своей уникальное, не поддающееся тиражированию. Как понятно даже из этого краткого описания, калотип ближе к современной фотографии, но по причине некоторой размытости получаемых изображений в сравнении с дагерротипом это изобретение Талбота не получило широкого распространения.

Но если в отношении первенства в изобретении фотографии у историков всегда были поводы для споров, то авторство Талбота неоспоримо в отношении идеи получения позитивного изображения с негатива посредством использования тонкой сетки в качестве промежуточного слоя. А это, как мы теперь знаем, и есть по своей сути растривание, то есть получение штрихового изображения из полутонового.

Вообще, роль растривания в книгопечатании и в полиграфии весьма велика, поскольку именно оно позволило значительно удешевить процесс репродуцирования иллюстраций. До изобретения полиграфических растров печатники использовали такие способы перевода полутоновых изображений в штриховые, которые были основаны на технике гравировки. Искусство гравировки поражает нас и по сей день. В качестве примера хочется привести изображение гравюры ([рис. 1](#)), на которой присутствует имя гравера, благодаря мастерству которого и был растриван этот сюжет. Другим замечательным примером являются книжные гравюры Дюрера ([рис. 2](#)), ставшие классическими не только из-за сюжетов. Сложные штриховые структуры, применяемые для имитации плавных тональных переходов в гравюрах, практически исключают какую-либо автоматизацию их репродуцирования, поэтому выпуск большого тиража подобных изображений вряд ли возможен.

Появление регулярных полиграфических растров сразу решило ряд производственных проблем, поскольку фотографический процесс получения форм для печати гораздо дешевле гравировки и не требует от исполнителя навыков художника-гравера.

Принципы создания и основные параметры растрового изображения

Рассмотрим процесс растрирования полутонового изображения и назовем ключевые параметры растровых структур, влияющие на восприятие изображения на репродукции. Для простоты предположим, что оригиналом является монохромное полутоновое изображение. Любое подобное изображение может быть описано в виде функции, значение которой в каждой точке оригинала определяется уровнем яркости этой точки. Иными словами, чем ярче (светлее) точка, тем больше значение данной функции, и наоборот: чем точка темнее, тем меньше будет в ней значение функции. Для наглядности рассмотрим условный график функции $f(x)$, где x — пространственная координата точки оригинала (рис. 3), с плавным изменением уровня яркости (то есть это полутоновой оригинал), а решетка, применяемая для растрирования, представлена «пилой». Результат растрирования показан в нижней части этого рисунка, из которого становится понятно, как формируется растровое представление нашего оригинала. В той части графика функции, где уровень яркости мал (изображение темнее), формируется большая по размеру точка, и наоборот.

Важнейшим параметром растрового изображения является линиятура — пространственная частота растровой решетки, в ячейках которой расположены растровые точки. Очевидно, что для достижения лучшего визуального результата линиятура должна быть как можно выше, ибо чем больше число точек на единицу площади изображения, тем больше деталей изображения можно передать и тем менее эти точки будут заметны глазу, оставляя впечатление непрерывного полутонового изображения.

Следующий важный параметр растрового изображения — угол наклона растровой решетки. Напомним, что для простоты мы имеем в виду монохромное (однокрасочное) изображение, хотя все нижеописанное может быть экстраполировано и на многокрасочные изображения. Для иллюстрации важности этого параметра рассмотрим изображения, приведенные на рис. 4 и 5. В первом случае для растрирования исходного изображения был задан угол наклона раstra 90° , а во втором — 45° . Изображение на рис. 5 выглядит лучше, так как за счет наклона растровой решетки достигается больший эффект непрерывности изображения.

Понятно, что в случае многокрасочного изображения невозможно использовать один и тот же угол наклона растровых решеток для различных красок. Эти углы должны отличаться друг от друга. При их выборе в общем случае руководствуются тремя соображениями:

- растровые решетки различных красок не должны совпадать;
- чем контрастнее (темнее) краска, тем более угол наклона растровой решетки должен приближаться к 45° (мы уже говорили, что наиболее комфортное для восприятия изображение должно содержать растровую решетку, повернутую на 45°);
- углы должны быть выбраны таким образом, чтобы по возможности предотвратить возникновение муара.

Данная тема заслуживает отдельного обсуждения, недаром фирмы—производители программного обеспечения вкладывают большие средства в исследования и выходят на рынок с новыми системами растрирования (под системой растрирования принято понимать определенный набор параметров раstra, включающий разрешение, линиятуру раstra и определенные углы наклонов растров различных красок).

Последний параметр растровой структуры, влияющий на качество итогового изображения, — это форма точки. Не вдаваясь в подробности, скажем лишь, что выбор оптимальной формы точки способен в значительной мере улучшить качество репродукции. На рис. 6 приведены четыре вида формы точки, каждая из которых может быть использована в зависимости от структуры и сюжета изображения на репродукции.

Таким образом, растровые структуры — это сложные многокомпонентные системы, описываемые большим количеством параметров и применяемые для репродуцирования полутоновых оригиналов. И, конечно, они не лишены недостатков.

Недостатки периодических растров

Мы уже говорили о том, что изобретение растрирования послужило мощным стимулом развития общества, поскольку книги и иные печатные иллюстрированные издания стали доступны по цене и, как следствие, получили широкое распространение. Но если на момент изобретения

периодические растры полностью отвечали запросам того времени, то по мере прогресса в разных отраслях знания менялись требования к самому процессу репродуцирования, а кроме того, становились все более очевидными недостатки этого вида растров, а именно:

- наличие нелинейной зависимости величины растискивания растровой точки от ее номинального относительного размера (% растра);
- визуальная неравномерность «растяжек» (градиентных заливок);
- большая вероятность возникновения муара;
- технологические ограничения миниатюры растра.

Негативное явление, называемое растискиванием, хорошо известно полиграфистам. Можно сказать, что это хорошо знакомый враг, с которым мы научились бороться, но побороть окончательно, видимо, не сможем никогда. Нелинейность поведения этого параметра (различные степени растискивания точек в светах, тенях и средних тонах) и его зависимость от самых разных условий не позволяют выработать универсальное и надежное противоядие.

Это же явление лежит в основе второго недостатка традиционных растров. Специалистам хорошо знаком так называемый эффект 50% скачка, являющийся следствием визуальной неравномерности растровых градиентных заливок ([рис. 7](#)). В дорогих моделях фотонаборных автоматов для формирования таких заливок даже использовались специальные аппаратные процедуры, которые позволяли получить более гладкие переходы.

Про муар мы говорим довольно часто, но, как и в других случаях, полностью избежать его не удастся. Самыми опасными в плане возникновения муара до сих пор остаются коричневые и фиолетовые цвета и оттенки. Встречается также наложение периодической структуры изображения (например, рисунка ткани) на периодическую растровую решетку (так называемый сюжетный муар. — *Прим. ред.*). Избежать этого недостатка иногда удается только эмпирическим подбором угла наклона такого изображения. Пример муара представлен на [рис. 8](#).

Последний из перечисленных недостатков обусловлен самой физикой процесса печатания, свойств красок, бумаги и т.д. Если рассматривать полиграфические изделия среднего качества (не являющиеся эксклюзивными по технологии и себестоимости), то говорить об использовании миниатюр выше 175 lpi не приходится.

Каковы же пути повышения качества репродуцирования и борьбы с вышеназванными проблемами? С растискиванием мы боремся, внося предискажения при изготовлении фотоформ или при изготовлении печатных форм на устройствах CtP. Хотя процесс весьма хорошо изучен и описан, но для того, чтобы со знанием дела произвести подготовку к этому действию, надо ввести в программу цветоделения значения, взятые из так называемых кривых растискивания по каждой краске, получаемых после промера тестовых оригиналов, которые напечатаны в заданных условиях, теми же самыми красками, на той же самой бумаге и на той печатной машине, на которой предполагается печатать тираж нашего изделия. Немудрено, что на практике данную технологию мало кто соблюдает. Достаточно долго работая в области печатной рекламы, могу вспомнить лишь пару-тройку случаев, когда изготовители макетов запрашивали в издательстве какую-либо иную информацию, кроме обрезного формата издания. Да и здесь делались и делаются ошибки, когда путают живописное поле и дообрезной формат с обрезным! Иными словами, работа делается в расчете на некие усредненные значения (как говорится, — ориентируясь на среднюю температуру по больнице), что не может не сказаться на результате.

Справедливости ради необходимо признать, что программное обеспечение, используемое в допечатной подготовке, весьма заметно совершенствуется. Алгоритмы внесения контекстно-зависимых предискажений в иллюстрации улучшаются и вкуче с соблюдением определенных правил полиграфической «гигиены» (таких, как использование минимально разумной красочной суммы при цветоделении) снижают неприятности до определенного уровня, не позволяя, однако, избавиться от них раз и навсегда.

Неравномерность градиентных заливок тоже преодолевается. Так, опытные пользователи Adobe Photoshop научились «зашумлять» градиенты, но этот способ годится не всегда и не везде.

Сражение с муаром идет посредством использования определенных технологических приемов, способных уменьшить его влияние, но опять-таки не изжить его совсем. В качестве примера можно назвать HQS Screening (high quality screening) от Heidelberg — семейство систем растривания, в котором использован механизм формирования макроячеек, объединяющих несколько полутоновых точек. Макроячейки поворачиваются на определенный угол относительно друг друга, что позволяет снизить вероятность появления муара. Имеются также системы растривания, в которых для различных красок используются разные миниатюры растра.

Что же касается увеличения миниатюр используемых растров, то путь в светлое будущее здесь лежит в области разработки красок с иными физико-химическими свойствами и в тотальном переходе на CtP.

Стохастическое растривание

Рассмотрев регулярные растры и отдав должное их месту в истории развития полиграфии, мы можем перейти к принципиально иным видам растров, получившим название стохастических, или случайных. Еще одно их название — частотно-модулированные растры (frequency modulated, FM) в противоположность традиционным амплитудно-модулированным (amplitude modulated, AM) растрам. В борьбе за повышение качества полиграфической продукции FM-растрам принадлежит особое место. Попытаемся разобраться почему. На [рис. 9](#) приведены результаты растривания одного и того же оригинала по разным алгоритмам: переменная по величине растровая точка при традиционном растривании и итог работы алгоритма стохастического растривания. Полутоновой точке оригинала в стохастике ставится в соответствие «облако» одинаковых по размеру точек, количество которых определяется уровнем яркости точки на оригинале, а взаимное расположение точек квазислучайно. Чем темнее точка на оригинале, тем больше будет число точек в «облаке».

Алгоритмы, использующие описанный выше механизм, более десяти лет назад применялись для улучшения качества воспроизведения полутонových изображений на монохромных компьютерных мониторах ранних поколений. Примером может служить алгоритм, называемый Error Diffusion, близкий родственник которого до сих пор имеется в Adobe Photoshop в меню для перевода изображений из greyscale в bitmap и называется Diffusion Dither. Рассмотрим вкратце принцип работы этого алгоритма. Анализ оригинального изображения начинается с левого верхнего края. Полутоновая точка изображения сравнивается с неким пороговым значением (операция хорошо знакома пользователям Adobe Photoshop и именуется thresholding), например со 100% черным, и в зависимости от результата в итоговый файл записывается либо черная точка, либо белая. После этого вычисляется погрешность преобразования (ошибка) и при рассмотрении следующей (соседней) точки сравнение происходит уже с пороговым значением + погрешность предыдущего преобразования. Именно отсюда и происходит название алгоритма, которое можно перевести как диффузия ошибки. Error Diffusion — это стохастический адаптивный алгоритм с обратной связью, не имеющий фиксированной частоты (растровой решетки), хорошо воспроизводящий мелкие детали, но генерирующий большое количество отдельных точек (особенно в светах), трудно воспроизводимых в печати. На [рис. 10](#) приведен пример работы Diffusion Dither. Алгоритмы стохастического растривания цветных полутонových изображений, конечно же несравненно сложнее описанного, но принципы формирования растра идентичны.

Проблемы регулярных растров и стохастическое растривание

Регулярные растры	Стохастические растры
Наличие нелинейной зависимости растискивания растровой точки от % растра	Растискивание растровой точки не зависит от % растра, поскольку точка имеет фиксированный размер
Визуальная неравномерность «растяжек» (градиентных заливок)	«Растяжки» (градиентные заливки) более равномерны
Большая вероятность возникновения муара	Принципиальная невозможность возникновения муара
Технологические ограничения на увеличение линиатуры растра	Качество оттисков сравнимо с применением очень высоких значений линиатур регулярного растра

А теперь пришло время охарактеризовать результаты работы алгоритмов стохастического растривания и назвать те особенности, которые сделали их столь привлекательными для использования в полиграфии. К сожалению, мы не сможем проиллюстрировать сказанное графическими примерами, поскольку симитировать работу алгоритмов стохастического растривания, применяя традиционные методы растривания, не представляется возможным. В левой части таблицы приведен перечень проблем, связанных с использованием регулярных растров, а в правой — достижения стохастики.

Но если все так хорошо, почему же тогда стохастика не вытеснила регулярные растры? Вот здесь-то и кроются те самые pitfalls, вынесенные в подзаголовок. После появления около десяти лет назад первых коммерческих продуктов, позволяющих работать со стохастикой, энтузиасты сразу попытались освоить новую технологию, но большинство опытов так и не перешли в разряд регулярно применяемых технологий. Обусловлено это было проблемами при печати и очень высокими требованиями как к используемым материалам (формам и краскам), так и к подготовке файлов. Большинство формных материалов в то время имели недостаточную разрешающую способность (наиболее распространенное значение линиатуры растра для журнальной печати в то

время составляло 133 lpi), то есть для стохастики необходимо было закупать особые материалы, которые были довольно дороги. К тому же процесс копирования фотоформ на формные пластины должен был проходить в сверхчистых условиях, ведь известно, что для того, чтобы на форму не копировались мелкие царапины и пылинки с фотоформы, выдержку засветки слегка увеличивают, тем самым делая изображение более контрастным. В отношении же стохастики этот метод губителен, поскольку все точки, из которых состоит изображение, очень малы — 5-45 мкм. Краски тоже требовались особые — сверхтекучие и быстросохнущие. Что касается подготовки файлов, то рекомендации производителей RIP'ов сводились к увеличению разрешения пиксельных файлов примерно на треть (до 400 dpi), что тоже было неприемлемо, учитывая, что размер жесткого диска компьютера тогда составлял всего несколько сотен мегабайт. Таким образом, при всей ее привлекательности регулярно использовать стохастику было затруднительно. К тому же перед тем, как начать получать внятные результаты, надо было набить множество шишек и опробовать ее на разных работах. Вот так и оставалось стохастическое растривание в числе привлекательных, но недоступных технологий.

Подводя промежуточный итог вышесказанному, сформулируем основные недостатки стохастического растривания:

- плохо изученное поведение материалов в процессе печатания;
- трудность копирования маленьких точек на печатную форму;
- повышенные требования к печатным краскам и формным материалам;
- повышенные требования к файлам пиксельной графики;
- размывание тонких штрихов (засечек у букв);
- наличие паразитных фактур («огурцов») на однородных заливках.

Последние два недостатка проявились уже после получения первых типографских проб и внимательного рассмотрения полученных оттисков. Размывание тонких штрихов явилось следствием работы самого алгоритма, превращающего любые объекты в «облака» маленьких точек, а наличие паразитных фактур обусловлено тем, что распределение точек на деле являлось квазислучайным, а не случайным.

Тестируем стохастику

Жизнь не стоит на месте, технология идет вперед, и когда у нас появилась возможность опробовать на деле новый алгоритм стохастического растривания Stoccatto II от фирмы Creo, поставляемый в комплекте с CtP, то пришлось вернуться к записям о стохастике, сделанным около десяти лет назад. Было интересно выяснить, что изменилось на рынке материалов и насколько актуальны те проблемы, которые в свое время не позволили стохастике занять подобающее место в арсенале инструментов полиграфиста.

Краткое знакомство с ассортиментом материалов и их характеристиками позволяет сделать следующий вывод: требования, которые были чрезмерны для начала/середины 90-х годов, стали стандартом де-факто в начале нового века, а часть других проблем сняла с повестки дня технология CtP, позволившая отказаться от использования фотоформ.

Для тестирования был разработан тест-объект ([рис. 11](#)), содержащий следующие элементы:

1. памятные цвета, в том числе цвет человеческой кожи (в левой верхней части объекта — четыре изображения человеческих лиц разной расовой принадлежности);
2. муароопасные фактуры (галстук и рулон с тканью);
3. сложные по цветопередаче цвета, в том числе золото и серебро, причем серебро может служить и для проверки серого баланса;
4. одинаковые изображения с разным разрешением для тестирования необходимого и достаточного разрешения пиксельных файлов для отчетливой проработки мелких деталей;
5. изображение с высокой красочной суммой и отчетливым рисунком в тенях;
6. элементы для контроля качества печати, в том числе тест на определение серого баланса и калибровочный оригинал it8;
7. однородные заливки в качестве теста на появление паразитных фактур.

Важным условием печатания тест-объекта было использование стандарт-ных материалов, технологий и приемов. Мы даже не стали делать цветопробы, дабы удерживать печатника от соблазна подкорректировать изображение. Единственный параметр, который выдерживался в процессе печати, — это нормы по оптическим плотностям для всех красок.

Растривание было выполнено по алгоритму стохастического растривания второго уровня Stoccatto II. Формы были изготовлены на CtP Creo, а печать производилась на листовой офсетной машине Roland 705.

К сожалению, привести в качестве иллюстрации к этой статье реально отпечатанный стохастикой образец не представляется возможным, так что читателю придется поверить нам на слово: результат тестирования превзошел наши ожидания. Во-первых, не было никаких неприятных неожиданностей. Во-вторых, те предположения, которые делались до теста на теории подтвердились и на практике. В-третьих, тест выявил как минимум две приятные неожиданности, на которые мы не рассчитывали. Но обо всем по порядку.

Для осуществления эксперимента использовались стандартные устройства и материалы, притом их характеристики были вполне достаточны для работы со стохастикой и практически не требовали никакой перенастройки. Подтвердились следующие преимущества стохастических растров:

- предсказуемое растискивание, поскольку изображение формируется точками фиксированного размера;
- отсутствие муара, поскольку формируемые растровые решетки не имеют фиксированной пространственной частоты;
- большой диапазон цветового охвата за счет большего числа тоновых градаций.

Кроме этого, алгоритм, заложенный в программный пакет Stoccatto II, имеет такие преимущества, как:

- отсутствие паразитной фактуры на однотонных заливках, что было характерно для ранних реализаций стохастических алгоритмов;
- возможность выбора точек разного размера (для листовой печати, рулонной печати, для бумаг с покрытием и без покрытия) — это свойство Stoccatto II позволяет использовать его для разных задач;
- учет возможной корелляции между растровыми структурами разных сепараций, то есть Stoccatto II позволяет избежать появления паразитных фактур не только на однокрасочных однотонных заливках, но и на многокрасочных;
- отсутствие специфических требований к режиму печати, краскам и формам, что позволяет надеяться на прочное внедрение стохастики в полиграфию.

И наконец, о неожиданностях — это приближение серого баланса к теоретическому и отсутствие специфических требований к файлам пиксельной графики.

Первая из названных свойств может трактоваться и как маленькая западня (pitfall), но должен же результат применения стохастики отличаться хоть чем-нибудь от стандартного растрирования с цветоделением под европейский стандарт! Если при регулярном растрировании для соблюдения серого баланса процент голубой краски в полутонах должен превышать пурпурную и желтую приблизительно на треть, то в нашем случае такое количество голубой краски придает изображениям явный холодный оттенок. Таким образом, осмысленное применение Stoccatto II потребует создания особого профиля цветоделения, учитывающего в том числе и новый серый баланс.

Удивило нас и это отсутствие необходимости в увеличении разрешения пиксельных файлов. На нашем тест-объекте есть два идентичных изображения, одно из которых имеет разрешение в 300 dpi, а другое 400 dpi, однако на оттиске мы не нашли между ними ни малейшего различия!

Несмотря на то что в результате проведенной работы мы получили многообещающие результаты, потребуется еще немало усилий, чтобы применение стохастики (в том числе и Stoccatto II) стало обычным. В заключение автор хотел бы выразить благодарность коллегам из «Алмаз-Пресс» за помощь, без которой описанное в данной статье тестирование не могло бы быть проведено.

Источник [КомпьюАрт 11'2004](http://compuart.ru/Archive/CA/2004/11/18/)
<http://compuart.ru/Archive/CA/2004/11/18/>