

Лекция 2. Введение в компьютерную графику

Оглавление

Общие сведения о свете и цвете	1
Способы описания цвета	3
Основные цветовые модели	4
Виды компьютерной графики.....	7
Растровая графика.....	7
Форматы файлов.....	10
Сжатие с потерями.....	11
Векторная графика	13
Форматы файлов.....	16
Фрактальная графика.....	17
Литература	19

Общие сведения о свете и цвете

Чтобы точно отобразить цвет на бумаге, надо его вначале задать. Сделать это можно двумя способами: или описать цвет как точку в некоторой системе координат (цветовом пространстве), или взять ящик с красками, каждой дать определенный номер и выбирать нужные. Тогда для каждого оттенка нам придется искать свою краску. Оба эти способа широко применяются на практике (иногда совместно). Первый называется *колориметрическим*, второй – *системой спецификаций*. Вначале мы поговорим о первом из них.

Из школьного курса физики известно о том, что воспринимаемый цвет соответствует электромагнитному излучению в определенном диапазоне длин волн, но мы обычно не вспоминаем об этом, работая с реальным цветом.

Белый цвет представляет собой результат смешения всех цветов солнечного спектра. Если пропустить луч солнечного света через стеклянную призму, то он разложится на составляющие, образуя сплошной спектр (радуга). Если совместить все лучи с помощью такой же призмы – получится снова пучок белого цвета.

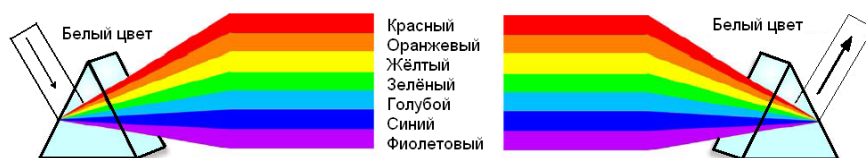


Рис. 1. Разложение белого цвета на составляющие и получение белого цвета из радуги.

Оденем очки с зеленым и стеклами. Какого цвета будут все предметы? Правильно, цветной фильтр пропускает только зеленые лучи и поэтому мы видим все предметы одного цвета. Иное дело с зеленой травой. Хлорофилл, содержащийся в каждой клетке растения, поглощает все лучи, кроме зеленых. Они отражаются и, попадая к нам на сетчатку, вызывают ощущение зеленого цвета.

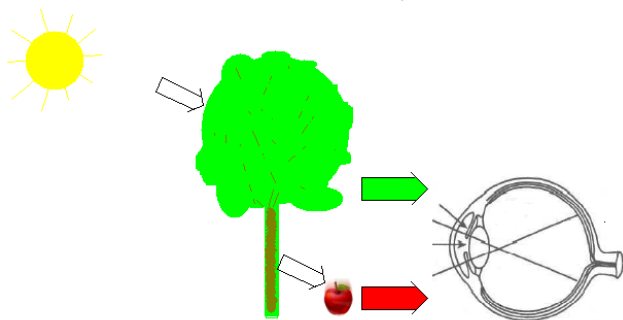


Рис. 2. Цвет объектов, отражающих свет

Цветовоспроизведение в полиграфии основано на общих принципах синтеза цвета. Если на глаз действует смесь излучений, то реакции рецепторов на каждое из них складываются. Смешение окрашенных световых лучей дает луч нового цвета. Смесь красок имеет также иной цвет. Такой эффект получения нового цвета получил название синтез цвета.

Различают два основных вида синтеза цвета – аддитивный (смешение излучений, световых лучей) и субтрактивный синтез цвета (смешение вещественных сред, красок, растворов).

Аддитивный синтез цвета – воспроизведение цвета в результате оптического смешения излучений базовых цветов (красного, зелёного и синего – R, G, B). Используется при создании цветных изображений на экране в телевидении, в мониторах компьютеров издательских систем, возникает на отдельных участках растровых изображений оттиска (в светах изображения, где наложения разноцветных растровых элементов вследствие малых размеров менее вероятно) при автотипном синтезе цвета в полиграфии.



Субтрактивный синтез цвета – получение цвета в результате вычитания отдельных спектральных составляющих из белого света. Такой синтез наблюдается при освещении белым светом, цветного оттиска. Свет падает на цветной участок; при этом часть его поглощается (вычитается) красочным слоем, а оставшаяся часть, отражаясь, в виде окрашенного потока попадает в глаз наблюдателя. Этот синтез используется в полиграфии при смешении окрашенных сред, например, красок вне

машины, для получения нужных цветов или оттенков на участках изображения при наложении растровых элементов разных красок на оттиске (на участках цветного изображения, где растровые элементы разных красок перекрываются в офсетной и высокой способах печати). В способе традиционной глубокой печати синтез цвета на оттиске по всему изображению является субтрактивным.

Автотипный синтез цвета – воспроизведение цвета в полиграфии, при котором цветное полутоновое изображение формируется разноцветными растровыми элементами (точками или микроштрихами) с одинаковой светлотой (насыщенностью) отдельных печатных красок, но различных размеров и форм. При этом эффект полутонов сохраняется благодаря тому, что темные участки оригинала воспроизводятся более крупными растровыми элементами, а светлые – более мелкими. При наложении растровых элементов на оттиске в процессе печатания синтез цвета носит смешанный аддитивно – субтрактивный характер.

Известно, что трехкомпонентная теория зрения является теоретической базой цветного синтеза при многокрасочном репродуцировании цветных оригиналов средствами полиграфической технологии, где используют триаду цветных красок – желтая (ж), пурпурная (п), и голубая (г). Применение четвертой черной (ч) краски не противоречит принципу трехкрасочного воспроизведения цветов, так как черную краску теоретически и практически можно рассматривать как смесь трех цветных красок. Черная краска одновременно заменяет три цветные и вместе с тем увеличивает их общее количество за один краскопрогон в печатной машине.

Способы описания цвета

Основным понятием компьютерной графики является цветовое разрешение (глубина цвета). Оно определяет метод кодирования цветовой информации для ее воспроизведения на экране монитора. Для отображения черно-белого изображения достаточно двух бит (белый и черный цвета), которыми кодируется цвет пикселя. Восьмиразрядное кодирование позволяет отобразить 256 градаций цветового тона (индексированные цвета). Два байта (16 бит) определяют 65536 оттенков (High Color). При 24-разрядном способе кодирования возможно определить 16,5 миллионов цветов (режим True Color).

Диапазон цветов, который можно воспроизвести с помощью того или иного устройства называют цветовым охватом.

Цветовой охват зависит от способа разделения цветового оттенка на составляющие компоненты. Эти способы носят название цветовых моделей.

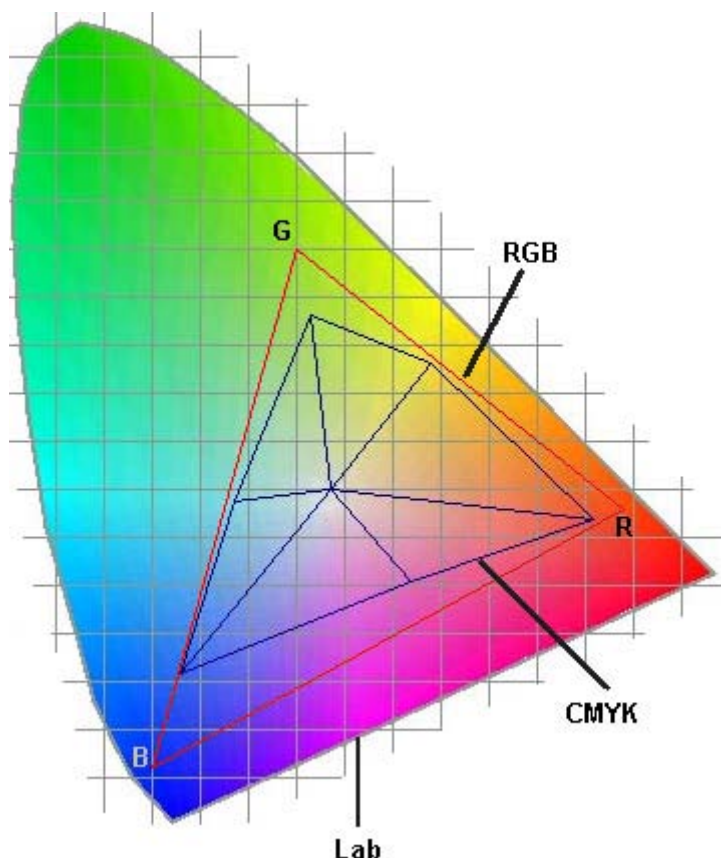
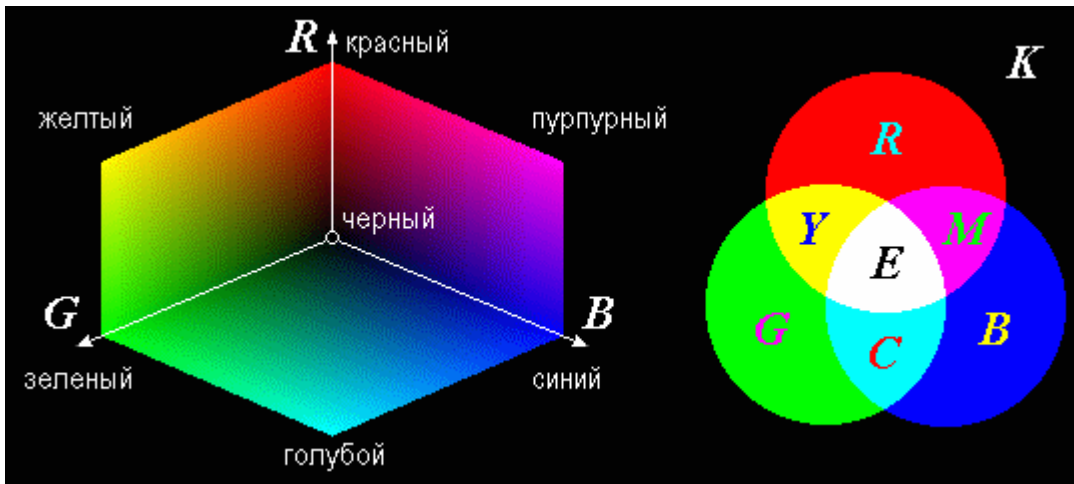


Рис. 3. Цветовой охват различных цветковых моделей.

Основные цветковые модели

Цвета и цветковые различия могут быть выражены с помощью различных математических моделей. Наиболее часто на практике используются три модели описания цвета: RGB, CMYK, Lab.

Модель RGB. Все оттенки цвета видимого спектра можно получить из сочетания трех основных монохроматических излучений – красного, синего и зеленого. При смешении двух основных цветов, а также при смешении двух основных с добавлением третьего основного цвета результат осветляется: из смешения красного и зеленого получается желтый, из смешения зеленого и синего получается голубой, синий и красный дают пурпурный. Если смешиваются одинаковые по количеству излучения всех трех цветов, то в результате получается белый свет. Поэтому такие цвета называются аддитивными (суммарными), а синтез цвета аддитивным. Эта модель применима для описания цвета синтезированного в проходящем или прямом (излучаемом) свете. Визуальное восприятие цвета по некоторым теориям тоже основано на модели RGB. Модель RGB обозначена по первым буквам английских слов Red (Красный), Green (Зеленый), Blue (Синий). Эта модель представляется в виде трехмерной системы координат. Каждая координата отражает вклад каждой составляющей в результирующий цвет в диапазоне от нуля до максимального значения. В результате получается куб, внутри которого и "находятся" все цвета, образуя цветковое пространство RGB.

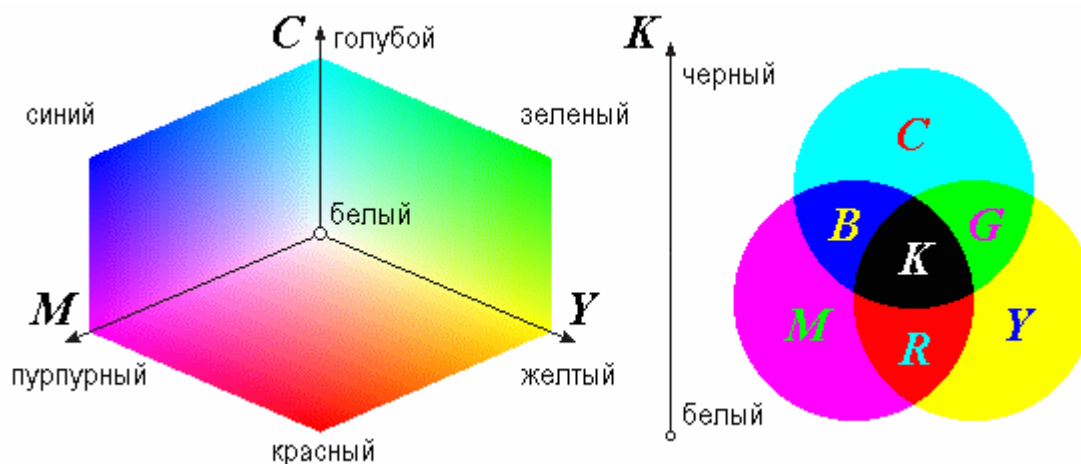


Важно отметить особенные точки и линии этой модели. Начало координат: в этой точке все составляющие равны нулю, излучение отсутствует, а это равносильно темноте, то есть это точка черного цвета. И вторая точка, где все составляющие имеют максимальное значение, что, как уже выяснили, дает белый цвет. На линии, соединяющей эти точки (по диагонали), располагаются ахроматические цвета (серые оттенки): от черного цвета до белого. Это происходит потому, что все три составляющих одинаковы и располагаются в диапазоне от нуля до максимального значения. Такой диапазон иначе называют серой или ахроматической осью. В компьютерных технологиях сейчас чаще всего используются 256 градаций (оттенков) серого. Хотя некоторые сканеры имеют возможность распознавать и кодировать при сканировании изображения до 1024 оттенка серого.

Три вершины куба дают чистые исходные цветовые излучения, остальные три отражают двойные смешения исходных излучений. Именно в этой модели кодирует изображение сканер и отображает рисунок экран монитора. На базе этой модели работает телевидение.

Модель СМУК. Все оттенки цвета видимого спектра можно получить и при смешении не излучений, а веществ – красок, лаков, растворов. В полиграфии для создания цветного изображения на оттиске наносят на белую бумагу краски различного цвета. Белый свет, падающий на оттиск, проходит сквозь красочный слой, отражается от поверхности бумаги и снова проходит сквозь красочный слой уже определенного цвета, который визуально воспринимается. Этот цвет называют отражаемым. Отраженные цвета возникают не путем излучения, а получают из белого света, путем вычитания из него определенных цветов. Отраженные цвета называются также субтрактивными («вычитательными»), поскольку они остаются после вычитания основных аддитивных, а синтез цвета субтрактивным. Понятно, что в таком случае и основных субтрактивных цветов будет три: голубой, пурпурный и желтый. Эти цвета составляют так называемую полиграфическую триаду печатных красок. При печати с использованием красок этих цветов они поглощают красную, зеленую и синюю зоны спектра белого света и, таким образом,

большая часть видимого цветового спектра может быть воспроизведена (репродуцирована) на бумаге при печатании многокрасочного оттиска с использованием трех печатных красок – желтой, пурпурной и голубой.



При смешениях двух субтрактивных цветов (красок) результирующий цвет затемняется, а при смешении всех трех должен получиться черный цвет. При полном отсутствии краски, надо полагать, получится белый цвет (цвет белой бумаги). В итоге получается, что нулевые значения составляющих дают белый цвет, максимальные их значения должны давать черный цвет, их равные значения – оттенки серого, кроме того, имеются чистые субтрактивные цвета и их двойные сочетания. Это означает, что модель, в которой они описываются, похожа на модель RGB. Геометрический образ модели CMYK это тот же "куб", в котором переместилось начало координат. Если абстрактно, и для более легкого запоминания по аналогии с моделью RGB, то это так.

Проблема заключается в другом, в реальности и чистоте цвета реальных красок. Данная модель описывает реальные полиграфические печатные краски, которые, увы, далеко не так идеальны, как цветные излучения. Они имеют примеси, растворители, связующие и поэтому не могут полностью перекрыть весь видимый цветовой диапазон спектра белого света, а это приводит, в частности, к тому, что смешение трех основных красок, которое должно давать черный цвет, дает какой-то неопределенный темный цвет, точнее темно-коричневый, чем истинно черный цвет. Для компенсации этого недостатка в число основных полиграфических красок была введена черная краска. Именно она добавила последнюю букву в название модели CMYK, хотя и не совсем обычно: C – Cyan; M – Magenta; Y – Yellow и K – Key color (по одной версии) или black (по другой версии).

Таким образом, модели RGB и CMYK, хотя и связаны друг с другом, однако, их взаимные переходы друг в друга (конвертирование) не происходят без потерь. Тем более что цветовой охват у CMYK меньше вследствие более низкой чистоты основных красок по сравнению с основными излучениями RGB. Это вызывает необходимость выполнения сложных калибровок всех аппаратных средств

издательских компьютерных систем, требующихся для работы с цветом: 1) сканера (он осуществляет ввод изображения); 2) монитора (по нему судят о цвете и корректируют его); 3) выводного устройства (оно создает фотоформы или печатные формы при подготовке издания к печати). Так же необходима калибровка (нормализация процесса печатания) полиграфического оборудования – печатной машины (выполняющей конечную стадию – печать).

Модель CIE Lab. Есть еще одна цветовая модель, которая называется Lab. Она была создана Международной комиссией по освещению (CIE) с целью преодоления существенных недостатков вышеизложенных моделей, в частности, она призвана стать аппаратно независимой моделью и определять цвета без учета индивидуальных особенностей (профиля) устройства (монитора, принтера, печатной машины и пр.). В этой модели любой цвет определяется светлотой (Luminance) и двумя хроматическими компонентами: параметром а, который изменяется в диапазоне от зеленого до красного, и параметром в, изменяющимся в диапазоне от синего до желтого.

В этой модели цвет определяется одной количественной (мощностью излучения, яркостью, светлотой) и двумя качественными характеристиками, но не в виде отдельных монохроматических излучений, а половинками интервала спектра излучений видимого света. Программа Adobe PhotoShop использует эту модель в качестве посредника при любом конвертировании из модели в модель. Модель CIE Lab принята фирмой Adobe для языка PostScript Level 2.

Кроме названных выше цветовых моделей и других, не рассматриваемых нами, есть еще одна, часто используемая, – *Pantone*. В отличие от рассмотренных ранее Pantone содержит ряд фиксированных цветов. Эти цвета применяются в печати либо как дополнительные к четырем цветам – С, М, Y, К, либо для печати некоторых оттенков, которые недостижимы при системе СМΥК, например, – яркий синий. Часто Pantone-цвета используются в качестве плашечных цветов.

Виды компьютерной графики

Представление данных на мониторе компьютера в графическом виде впервые было реализовано в середине 50-х годов. В настоящее время существует область информатики, изучающая средства и методы обработки изображений с помощью компьютера – компьютерная графика. В зависимости от способа формирования изображения различают растровую, векторную и фрактальную графику.

Растровая графика

Растровое изображение состоит из сетки (растра): горизонтальных (строк) и вертикальных линий. Растровое изображение — это файл данных или структура, представляющая собой сетку пикселей (элементарная точка растра) или точек

цветов (обычно прямоугольную) на компьютерном мониторе, бумаге и других отображающих устройствах и материалах.

Базовым элементом растровой графики является точка.



Рис. 4. Примеры растровых изображений

Важными характеристиками изображения являются:

разрешение. Может указываться отдельно количество пикселей по ширине и высоте (1024*768, 640*480,...) или же, редко, общее количество пикселей (в мегапикселах);

количество используемых цветов или глубина цвета (эти характеристики имеют следующую зависимость: $N = 2^I$, где N - количество цветов, а I - глубина цвета);

цветовое пространство (цветовая модель) RGB, CMYK, XYZ, YCbCr и др.

Различают:

Разрешение оригинала измеряется в точках на дюйм (dots per inch) - dpi.

Разрешение экранного изображения обычно составляет 72dpi, для распечатки на цветном лазерном принтере 150-200 dpi, для вывода на фотоэкспонирующем устройстве -200-300 dpi. В общем разрешение оригинала должна быть в 1,5 раза больше линейного размера растра.

Разрешение печатного изображения измеряется числом линий на дюйм (lines per inch) – lpi и определяется свойствами выводного устройства. Растривание печатных оригиналов различают различают

Амплитудно модулированное растривание, при котором светлота точки определяется физическим размером точки.

Частотно модулированное растривание предполагает увеличение количества черных точек в элементарной ячейке растра.

Стохастическое растривание предполагает случайное расположение черных точек в элементарной ячейке растра (увеличение или уменьшение их количества).

Растровую графику редактируют с помощью растровых графических редакторов. Создается растровая графика фотоаппаратами, сканерами, непосредственно в растровом редакторе, также путем экспорта из векторного редактора или в виде скриншотов. Средствами растровой графики иллюстрируют работы, требующие высокой точности в передаче тонов и полутонов.

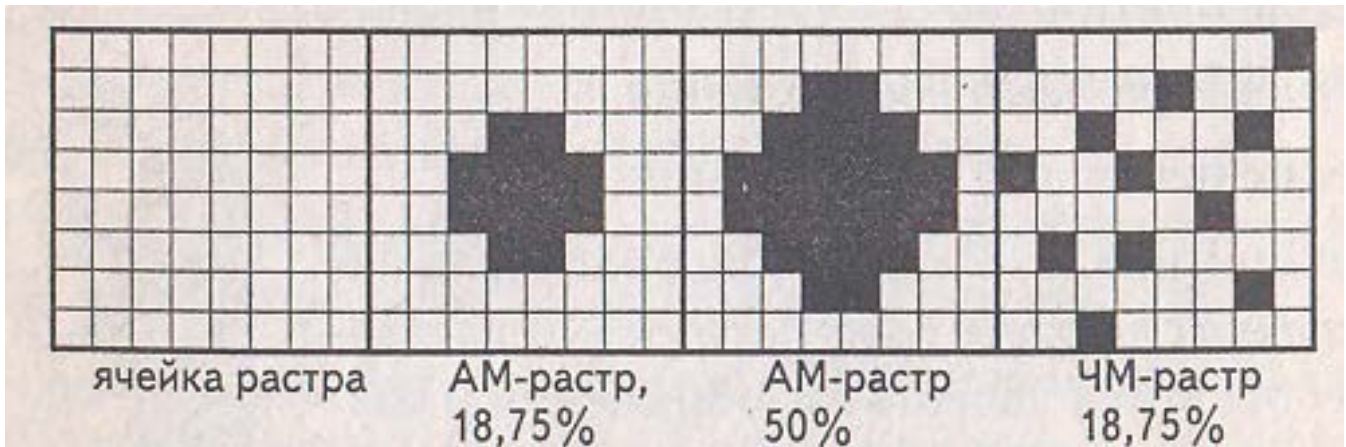


Рис. 5. АМ и ЧМ растр

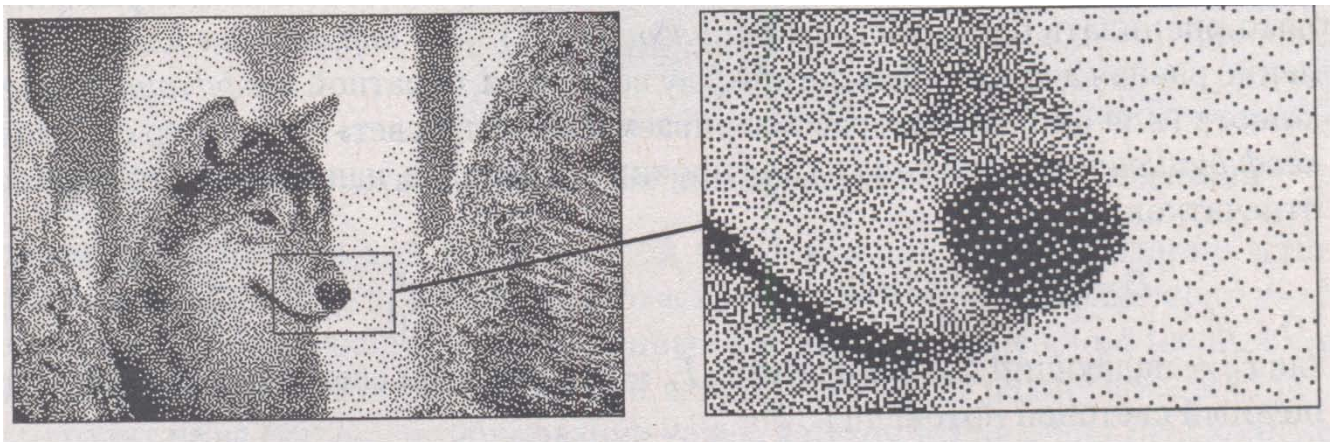


Рис. 6. Стохастический растр

Недостатками растровой графики является пикселизация изображения при операциях масштабирования. Большой размер файлов с простыми изображениями и невозможность вывода на печать с помощью плоттера.

Достоинства растровой графики

Растровая графика позволяет создать (воспроизвести) практически любой рисунок, вне зависимости от сложности, в отличие, например, от векторной, где невозможно точно передать эффект перехода от одного цвета к другому (в теории, конечно, возможно, но файл размером 1 МБ в формате BMP будет иметь размер 200 МБ в векторном формате).

Распространённость — растровая графика используется сейчас практически везде: от маленьких значков до плакатов.

Высокая скорость обработки сложных изображений, если не нужно масштабирование.

Растровое представление изображения естественно для большинства устройств ввода-вывода графической информации, таких как мониторы (за исключением векторных), матричные и струйные принтеры, цифровые фотоаппараты, сканеры.



Рис. 7. Пикселизация растрового изображения при масштабировании.

Форматы файлов

Растровые изображения обычно хранятся в сжатом виде. В зависимости от типа сжатия может быть возможно или невозможно восстановить изображение в точности таким, каким оно было до сжатия (сжатие без потерь или сжатие с потерями соответственно). Так же в графическом файле может храниться дополнительная информация: об авторе файла, фотокамере и её настройках, количестве точек на дюйм при печати и др.

Использует алгоритмы сжатия, основанные на уменьшении избыточности информации.

- *BMP* (Windows Bit Map Picture). Формат хранения растровых изображений в операционной системе Windows. Поддерживается всеми программами, работающими в этой среде, обычно используется без сжатия, хотя возможно использование алгоритма RLE.
- *GIF* (Graphics Interchange Format) — устаревающий формат, поддерживающий не более 256 цветов одновременно. Всё ещё популярен из-за поддержки анимации, которая отсутствует в чистом PNG, хотя ПО начинает поддерживать APNG. Широко распространён в Internet. Более того, он был создан специально для передачи изображений в глобальных сетях. К моменту создания он обладал самым эффективным методом сжатия, что необходимо для сокращения времени передачи изображений и нагрузки на сеть. «Второе дыхание» формат обрел с появлением версии 89a. В этом варианте он допускает хранение в одном файле нескольких изображений. Чаще всего такая возможность используется на страницах Web. Web-браузер демонстрирует изображения, находящиеся в файле GIF 89a, последовательно. Если каждое изображение представляет собой

фазу мультипликации, то вы увидите маленький мультфильм. Формат поддерживает только индексированные изображения. В издательских целях не используется.

- **PCX** устаревший формат, позволявший хорошо сжимать простые рисованные изображения (при сжатии группы подряд идущих пикселей одинакового цвета заменяются на запись о количестве таких пикселей и их цвете).
- **PNG** (Portable Network Graphics). Сравнительно новый (1995 год) формат хранения изображений для Интернета. Поддерживаются три типа изображений – цветные с глубиной 8 или 24 бита и черно-белое с градацией 256 оттенков серого. Сжатие информации происходит практически без потерь, предусмотрены 254 уровня альфа-канала, чересстрочная развертка.

Сжатие с потерями

Основано на отбрасывании части информации (как правило наименее воспринимаемой глазом).

- **JPEG** очень широко используемый формат изображений. Сжатие (с потерями) основано на усреднении цвета соседних пикселей (информация о яркости при этом не усредняется) и отбрасывании высокочастотных составляющих в пространственном спектре фрагмента изображения. При детальном рассмотрении сильно сжатого изображения заметно размытие резких границ и характерный муар вблизи них.

Отдельно стоят два типа файлов:

- *Формат TIFF* (Tagged Image File Format) был создан в качестве универсального формата для хранения сканированных изображений с цветовыми каналами (файл с расширением tif). Важным достоинством этого формата является его переносимость на разные платформы (при сохранении можно создать документ, доступный для чтения на компьютерах, совместимых с IBM или Macintosh). Его импортируют все программы настольных издательских систем, его можно открыть и работать с ним практически в любой программе точечной графики.

Этот формат позволяет хранить изображения с любой глубиной цвета и цветовой моделью. Он может включать и схемы сжатия для уменьшения размера файла (при сохранении доступна опция LZW Compression). Поддерживаются и многочисленные алгоритмы сжатия без потери информации. Возможность сжатия немаловажна для работы с полноцветными изображениями большого размера.

Последняя спецификация формата TIFF, применяемая уже в Photoshop 6.0, позволяет хранить в файле не только простейшие контуры, например, обтравочные,

но и информацию о слоях, масках, использованных эффектах и корректировочных слоях – в общем, все то, что поддерживает PSD. Предпочтительный формат для изготовления макетов, ориентированных на типографскую печать и другие способы тиражирования.

- RAW хранит информацию, непосредственно получаемую с матрицы цифрового фотоаппарата или аналогичного устройства без применения к ней каких-либо преобразований, а также хранит настройки фотокамеры. Позволяет избежать потери информации при применении к изображению различных преобразований (потеря информации происходит в результате округления и выхода цвета пиксела за пределы допустимых значений). Используется при съёмке в сложных условиях (недостаточная освещённость, невозможность выставить баланс белого и т.п.) для последующей обработки на компьютере (обычно в ручном режиме). Практически все полупрофессиональные и профессиональные цифровые фотоаппараты позволяют сохранять RAW изображения. Формат файла зависит от модели фотоаппарата, единого стандарта не существует.
- *Формат PSD* (Adobe PhotoShop Document) является внутренним для программы Adobe Photoshop. Он поддерживает все типы изображений, от черно-белых штриховых до полноцветных CMYK. Это единственный формат, в котором сохраняются все сведения о документе, включая слои и каналы. Формат PSD устанавливается по умолчанию для всех вновь создаваемых документов. Во время работы с документом сохраняют его именно в этом формате. Готовое изображение, с которым не предполагается больше работать, лучше сохранять в других графических форматах, по двум причинам. Во-первых, файл PSD по размеру гораздо больше. Во-вторых, этот формат не импортируется программами верстки и векторной графики.
- *PhotoCD*. Формат разработан фирмой Kodak для хранения цифровых растровых изображений высокого качества (расширение имени файла .PCD). Сам формат хранения данных в файле называется Image Ras. Файл имеет внутреннюю структуру, обеспечивающую хранение изображения с фиксированными величинами разрешений, и потому размеры любых файлов лишь незначительно отличаются друг от друга и находятся в диапазоне 4-5 Мбайт. Каждому разрешению присвоен собственный уровень, отсчитываемый от так называемого базового (Base), составляющего 512x768 точек. Всего в файле пять уровней – от Base/16 (128x192 точек) до Base x16 (2048x3072 точек).
- *PDF* (Portable Document Format). Формат электронных книг, разработанный фирмой Adobe (Acrobat Reader). Хотя этот формат в

основном предназначен для хранения документа целиком, его возможности позволяют обеспечить эффективное представление изображений. Формат является аппаратно-независимым, поэтому вывод изображений допустим на любых устройствах – от экрана монитора до фотоэкспонирующего устройства. Мощный алгоритм сжатия со средствами управления итоговым разрешением изображения обеспечивает компактность файлов при высоком качестве иллюстраций.

Векторная графика

Векторная графика — способ представления сложных объектов и изображений в компьютерной графике основанный на использовании геометрических примитивов, таких как точки, линии, сплайны и многоугольники. Термин используется в противоположность к растровой графике, которая представляет изображение как матрицу фиксированного размера, состоящую из точек (пикселей) со своими параметрами.

Существует класс устройств, ориентированных исключительно на отображение векторных данных. К ним относятся мониторы с векторной развёрткой, графопостроители, а также некоторые типы лазерных проекторов.

Термин «векторная графика» используется в основном в контексте двумерной компьютерной графики.

Чтобы построить окружность радиуса r необходимо и достаточно следующих исходных данных:

- координаты центра окружности;
- значение радиуса r ;
- цвет заполнения (если окружность не прозрачная);
- цвет и толщина контура (в случае наличия контура).



Рис. 8. Примеры векторной графики.

Преимущества векторного способа описания графики.

Размер, занимаемой описательной частью, не зависит от реальной величины объекта, что позволяет используя минимальное количество информации описать сколь угодно большой объект — в файл минимального размера.

В связи с тем, что информация об объекте хранится в описательной форме, можно бесконечно увеличить графический примитив, например, дугу окружности, и она останется гладкой. С другой стороны, если кривая представлена в виде ломаной линии, увеличение покажет, что она на самом деле не кривая.



Рис.4. Масштабирование объектов не влияет на качество изображения.

Параметры объектов хранятся и могут быть легко изменены. Также это означает что перемещение, масштабирование, вращение, заполнение и т. д. не ухудшат качества рисунка.

При увеличении или уменьшении объектов толщина линий может быть задана постоянной величиной, независимо от реального контура.

Недостатки векторной графики.

Не каждый объект может быть легко изображен в векторном виде — для подобного оригинальному изображению может потребоваться очень большое количество объектов и их сложности, что негативно влияет на количество памяти, занимаемой изображением, и не время для его отображения (отрисовки).

Перевод векторной графики в растр достаточно прост. Но обратного пути, как правило, нет — трассировка растра, при том что требует значительных вычислительных мощностей и времени, не всегда обеспечивает высокого качества векторного рисунка.

Базовыми элементами векторной графики является контур (сплайн):

линии и ломаные линии, многоугольники, окружности и эллипсы, кривые Безье, текст (в компьютерных шрифтах, таких как TrueType, каждая буква создаётся из кривых Безье) и другие. Прямая линия – частный случай кривой. Иногда вместо понятия линия используют понятие контур. Контур может иметь любую форму, может быть открытым или замкнутым, когда опорные точки сливаются. Форму контура изменяют перемещением узлов. Контур является элементарным графическим объектом. Из контуров создают новые объекты и их группы. С несколькими контурами возможны операции *группировки, комбинирования и объединения*. В результате получают *группа объектов, составной контур, новый контур*. После операции группировки каждый контур сохраняет свои свойства и принадлежащие ему узлы. После операции комбинирования составной контур

приобретает новые свойства, но узлы остаются прежними. После операции объединения образуются новые узлы и меняются свойства исходных контуров.

Контурные имеют параметры обводки (толщина линии, цвет, начертание, форма концов) и заливки (основным цветом, текстурная, градиентная, заливка растровым изображением (карта) или векторным).

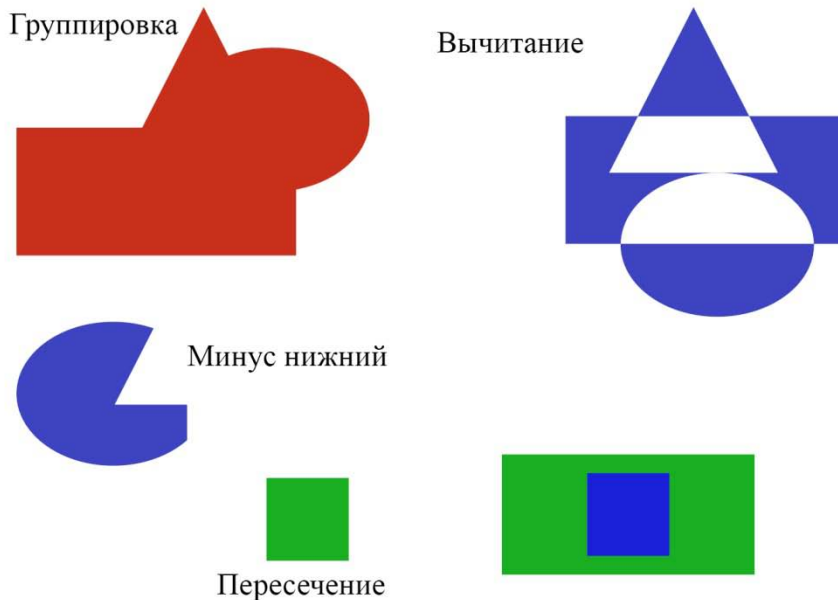


Рис. 9. Действия над группой объектов

Векторная графика идеальна для простых или составных рисунков, которые должны быть аппаратно-независимыми или не нуждаются в фотореализме. К примеру, PostScript и PDF используют модель векторной графики.

Впервые кривые Безье были представлены широкой публике в 1962 году французским инженером Пьером Безье, который, использовал их для компьютерного проектирования автомобильных кузовов.

Кривая Безье — параметрическая кривая, задаваемая выражением. Простейшая линия ограничена двумя точками, именуемыми узлами. Параметры узла определяют свойства линии

$$\mathbf{B}(t) = \sum_{i=0}^n \mathbf{P}_i b_{i,n}(t), \quad 0 < t < 1$$

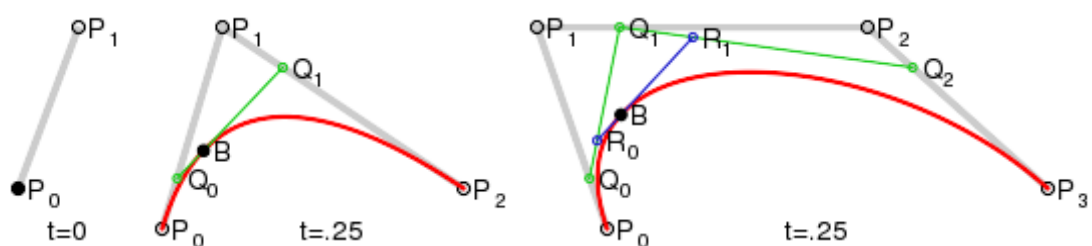


Рис.4. Линейные, квадратичные кривые Безье кубическая

Благодаря простоте задания и манипуляции, кривые Безье нашли широкое применение в компьютерной графике для моделирования гладких линий. Кривая целиком лежит в выпуклой оболочке своих опорных точек. Это свойство кривых Безье с одной стороны значительно облегчает задачу нахождения точек пересечения кривых (если не пересекаются выпуклые оболочки опорных точек, то не пересекаются и сами кривые), а с другой стороны позволяет осуществлять интуитивно понятное управление параметрами кривой в графическом интерфейсе с помощью её опорных точек. Кроме того аффинные преобразования кривой (перенос, масштабирование, вращение и др.) также могут быть осуществлены путём применения соответствующих трансформаций к опорным точкам.

Наибольшее значение имеют кривые Безье второй и третьей степеней (квадратичные и кубические). Кривые высших степеней при обработке требуют большего объёма вычислений и для практических целей используются реже. Для построения сложных по форме линий отдельные кривые Безье могут быть последовательно соединены друг с другом в сплайн Безье. Для того, чтобы обеспечить гладкость линии в месте соединения двух кривых, три смежные опорные точки обеих кривых должны лежать на одной прямой. В программах векторной графики наподобие Adobe Illustrator или Inkscape подобные фрагменты известны под названием «путей» (path).

Векторная графика предпочтительна в таких направлениях, как построение таблиц, графиков, диаграмм, разметок, чертежей, и прочих, где требуется точность линий, предельная четкость, гибкость и возможность поправить системы контуров несколькими движениями. Например, вдруг изменить толщину и цвет всех линий рисунка, или вдруг сменить масштаб.

Форматы файлов.

Наибольшей популярностью пользуется пакет векторной графики CorelDraw с графическим файловым *форматом cdr*. Эти файлы легко переносятся через клипборд в программу верстки. Но напрямую этот формат в полиграфии не используется. Для этого окончательную версию подготовленного в CorelDraw изображения нужно конвертировать в TIF-формат и только после этого это изображение может быть использовано в печати.

Формат AI является продуктом пакета Adobe Illustrator. Являясь продуктом фирмы Adobe, изначально предназначен для использования в полиграфии.

Формат EPS. Отдельного обсуждения достоин формат EPS (Encapsulated PostScript). Этот формат представляет собой описание изображения на языке PostScript, предпочтительном для полиграфических целей. В рамках данного

формата возможно хранение векторной и точечной графики, шрифтов, растрованных изображений и информации о растривании, контуров обтравки и кривых калибровок. Как и сам язык PostScript, формат EPS является универсальным форматом описания не только точечных, но и векторных изображений, текстовой информации.

Формат, тем не менее, имеет ряд ограничений, которые преодолеваются с появлением новых версий PostScript. Последняя, недавно разработанная версия этого языка (PostScript Level 3), позволяет обойти основные недостатки формата EPS и уже нашла применение в издательских системах.

WMF (Windows MetaFile). Формат хранения векторных изображений операционной системы Windows. Поддерживается всеми приложениями этой системы. Однако отсутствие средств для работы со стандартизированными цветовыми палитрами, принятыми в полиграфии, и другие недостатки ограничивают его применение.

Фрактальная графика

Фрактальная графика также основана на вычислениях, но базовым элементом является сама формула. Никаких объектов в памяти ПК нет, изображение строится исключительно по уравнениям. Таким способом строят как простейшие фигуры, так и сложные структуры, например, ландшафт.

Фрактал (лат. fractus — дробленный, сломанный, разбитый) — сложная геометрическая фигура, обладающая свойством самоподобия, то есть составленная из нескольких частей, каждая из которых подобна всей фигуре целиком.



Рис. 10. Фрактальная форма цветной капусты

Следует отметить, что слово «фрактал» не является математическим термином и не имеет общепринятого строгого математического определения. Оно может употребляться, когда рассматриваемая фигура обладает какими-либо из перечисленных ниже свойств:

- Обладает нетривиальной структурой на всех шкалах. В этом отличие от регулярных фигур (таких, как окружность, эллипс, график гладкой функции): если мы рассмотрим небольшой фрагмент регулярной фигуры в очень крупном масштабе, он будет похож на фрагмент прямой.

Для фрактала увеличение масштаба не ведёт к упрощению структуры, на всех шкалах мы увидим одинаково сложную картину.

- Является самоподобной или приближённо самоподобной.

Многие объекты в природе обладают фрактальными свойствами, например, побережья, облака, кроны деревьев, кровеносная система и система альвеол человека или животных.

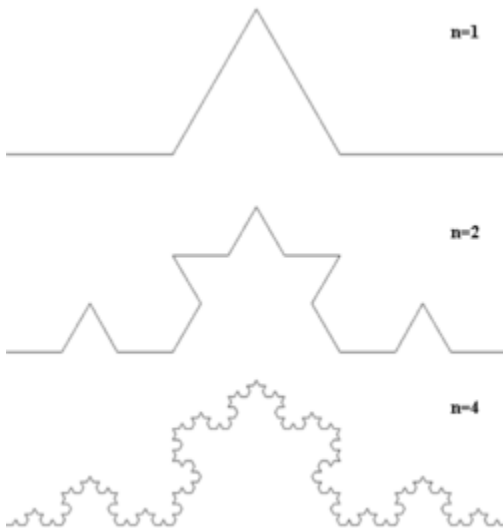


Рис. 11. Построение кривой Коха

Существует простая рекурсивная процедура получения фрактальных кривых на плоскости. Зададим произвольную ломаную с конечным числом звеньев, называемую генератором. Далее, заменим в ней каждый отрезок генератором (точнее, ломаной, подобной генератору). В получившейся ломаной вновь заменим каждый отрезок генератором. Продолжая до бесконечности, в пределе получим фрактальную кривую. На рисунке 5 приведены три первых шага этой процедуры для кривой Коха.

Примеры кривых, полученных таким способом:

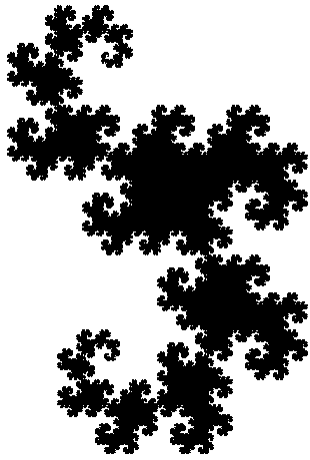


Рис. 12. Дракон Хартера — Хейтуэя

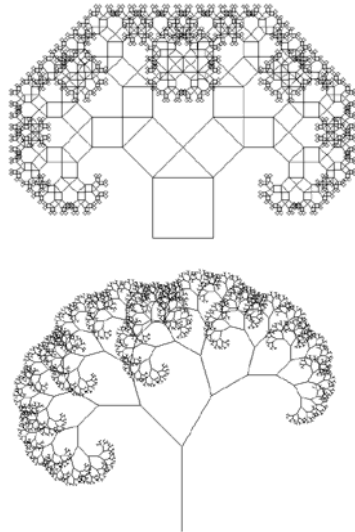


Рис. 13.Сверху — классическое дерево Пифагора, снизу — обнаженное обдуваемое ветром дерево Пифагора

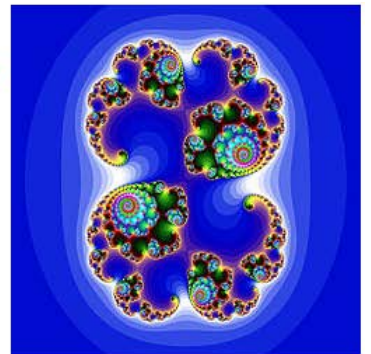
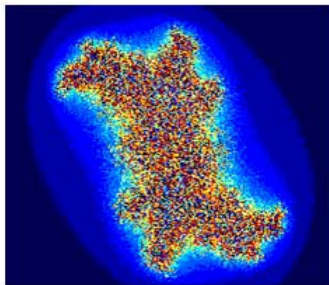
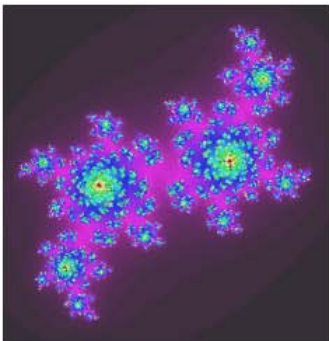


Рис. 14. Примеры фрактальной графики (1,2 и 4 - множество Жюлиа).

Литература

Информатика. Базовый курс. 2-е издание/ Под ред. С.В.Симоновича. — СПб.:Питер, 2005. — 640 с.:ил

Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. — М.: Мир, 2001.

- *А. А. Кириллов* [Повесть о двух фракталах](#). — Летняя школа «Современная математика». — Дубна: 2007.
- Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. — М.: «Институт компьютерных исследований», 2002.
- Пайтген Х.-О., Рихтер П. Х. Красота фракталов. — М.: «Мир», 1993.
- Федер Е. Фракталы. — М.: «Мир», 1991.
- [Фоменко А. Т.](#) Наглядная геометрия и топология. — М.: изд-во МГУ, 1993.
- Фракталы в физике. *Труды 6-го международного симпозиума по фракталам в физике, 1985.* — М.: «Мир», 1988.
- *Шредер М.* [Фракталы, хаос, степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая.](#) — Ижевск: «РХД», 2001.
- Кроновер Р. М. [Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории.](#)

- [Мандельброт Бенуа, Ричард Л. Хадсон](#) (Не)послушные рынки: фрактальная революция в финансах = The Misbehavior of Markets. — М.: [«Вильямс»](#), 2006. — С. 400. — [ISBN 5-8459-0922-8](#)

Абачиев С. К. [Радужная фрактальность треугольника Паскаля.](#)