

Лекция №3

Компьютерная графика

Вопросы:

1. Основные понятия компьютерной графики.
2. Растровая графика.
3. Векторная графика.
4. Фрактальная графика.

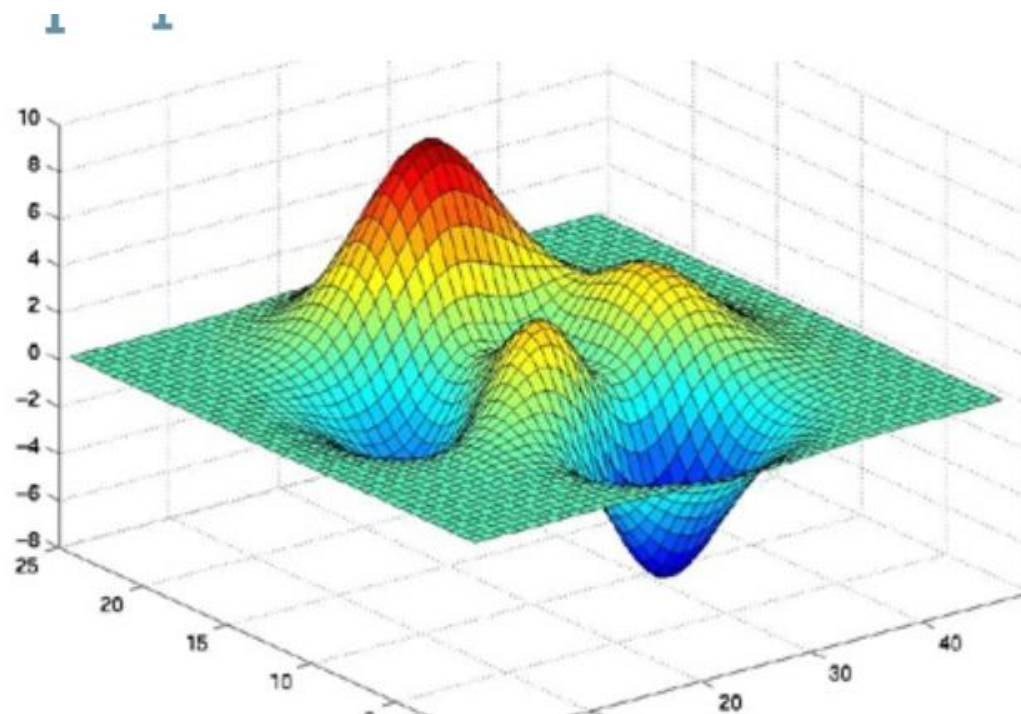
Компьютерная графика (машинная, цифровая графика) – область деятельности, в которой компьютеры используются в качестве инструмента для создания изображений, а также для обработки визуальной информации, полученной из реального мира (фото, видео). Также компьютерной графикой называют и результат этой деятельности.

Первые вычислительные машины не имели специальных средств для работы с графикой, однако уже использовались для получения и обработки изображений. Программируя память первых электронных машин, построенную на основе матрицы ламп, можно было получать узоры.

С развитием компьютерных технологий развивалось и направление **компьютерная графика**.

Области применения компьютерной графики

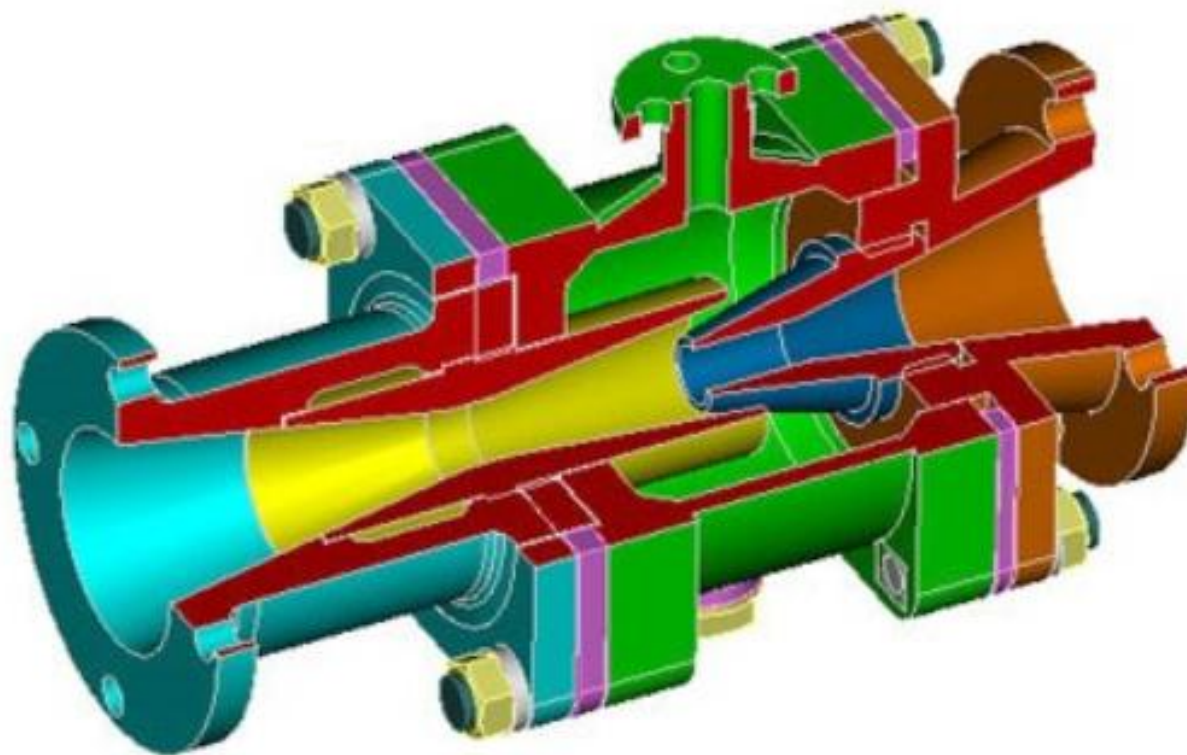
Научная графика – первые компьютеры использовались лишь для решения научных и производственных задач. Чтобы лучше представить полученные результаты, производилась их графическая обработка, строились графики, диаграммы, чертежи рассчитанных конструкций. Первые графики на машине получали в режиме символьной печати. Затем появились специальные устройства – графопостроители (плоттеры) для вычерчивания чертежей и графиков чернильным пером на бумаге. Современная научная компьютерная графика дает возможность проводить вычислительные эксперименты с наглядным представлением их результатов.



Деловая графика – область компьютерной графики, предназначенная для наглядного представления различных показателей работы учреждений. Плановые показатели, отчетная документация, статистические сводки – для них с помощью компьютерной графики создаются иллюстративные материалы. Программные средства деловой графики включаются в состав электронных таблиц.



Конструкторская графика используется в работе инженеров-конструкторов, архитекторов, изобретателей новой техники. Этот вид компьютерной графики является обязательным элементом САПР (систем автоматизации проектирования). Средствами конструкторской графики можно получать как плоские изображения (проекции, сечения), так и пространственные трехмерные изображения.



Иллюстративная графика - это произвольное рисование и черчение на экране компьютера. Пакеты иллюстративной графики относятся к прикладному программному обеспечению общего назначения. Простейшие программные средства иллюстративной графики называются графическими редакторами.

Программные средства, позволяющие человеку использовать компьютер для произвольного рисования, черчения подобно тому, как он это делает на бумаге с помощью карандашей, кисточек, красок, циркулей, линеек и других инструментов, относятся к иллюстративной графике.



Художественная и рекламная графика популярна во многом благодаря развитию фотографии, рекламы и телевидения. С помощью компьютера создаются печатные материалы, различного рода рекламная продукция, мультфильмы, компьютерные игры, интерактивные и видеоуроки, слайд- и видеопрезентации. Кроме графических редакторов, для этих целей используются графические пакеты, требующие больших ресурсов компьютера по быстродействию и памяти. Отличительной особенностью этих графических пакетов является возможность создания реалистических изображений и движущихся картинок. Получение рисунков трехмерных объектов, их повороты, приближения, удаления, деформации связаны с большим объемом вычислений. Передача освещенности объекта в зависимости от положения источника света, расположения теней, фактуры поверхности требует расчетов, учитывающих законы оптики.



Компьютерная анимация – создание движущихся изображений. Художник создает на экране рисунки начального и конечного положения движущихся объектов, все промежуточные состояния рассчитывает и изображает компьютер, выполняя расчеты, опирающиеся на математическое описание данного вида движения. Полученные рисунки, выводимые последовательно на экран с определенной частотой, создают иллюзию движения.

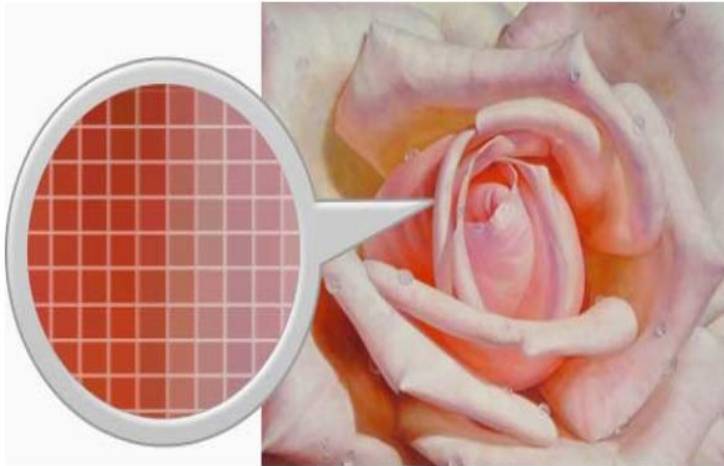
Gif-анимация



Мультимедиа – объединение высококачественного изображения на экране компьютера со звуковым сопровождением. Наибольшее распространение системы мультимедиа получили в области обучения, рекламы, развлечений.



Виды компьютерной графики



Растровая компьютерная графика.

Растровую графику применяют при разработке электронных (мультимедийных) и полиграфических изданий. Иллюстрации, выполненные средствами растровой графики, редко создают вручную с помощью компьютерных программ. Чаще для этой цели используют сканированные иллюстрации, подготовленные художником на бумаге, или фотографии. В последнее время для ввода растровых изображений в компьютер нашли широкое применение цифровые фото- и видеокамеры. Большинство графических растровых редакторов, предназначенных для работы с растровыми иллюстрациями, ориентированы не столько на создание изображений, сколько на их обработку.



Векторная компьютерная графика.

Программные средства для работы с векторной графикой предназначены, в первую очередь, для создания иллюстраций и в меньшей степени для их обработки. Такие средства широко используют в рекламных агентствах, дизайнерских бюро, редакциях и издательствах. Оформительские работы, основанные на применении шрифтов и простейших геометрических элементов, решаются средствами векторной графики намного проще. Существуют примеры высокохудожественных произведений, созданных средствами векторной графики, но они скорее исключение, чем правило, поскольку художественная подготовка иллюстраций средствами векторной графики чрезвычайно сложна.



Фрактальная компьютерная графика.

Программные средства для работы с фрактальной графикой предназначены для автоматической генерации изображений путем математических расчетов. Создание фрактальной художественной композиции состоит не в рисовании или оформлении, а в программировании. Фрактальную графику редко применяют для создания печатных или электронных документов, но ее часто используют в развлекательных программах.

Растровая графика

Возьмём фотографию. Конечно, она тоже состоит из маленьких элементов, но будем считать, что отдельные элементы мы рассмотреть не можем. Она представляется для нас, как реальная картина природы.

Теперь наложим на изображение прямоугольную сетку. Таким образом, разобьем изображение на прямоугольные элементы. Каждый прямоугольник закрасим цветом, преобладающим в нём (на самом деле программы при оцифровке генерируют некий «средний» цвет, т. е. если у нас была одна чёрная точка и одна белая, то прямоугольник будет иметь серый цвет).

Как мы видим, изображение стало состоять из конечного числа прямоугольников определённого цвета. Эти прямоугольники называют pixel (от PIX ELe ment) – пиксел или пиксель.

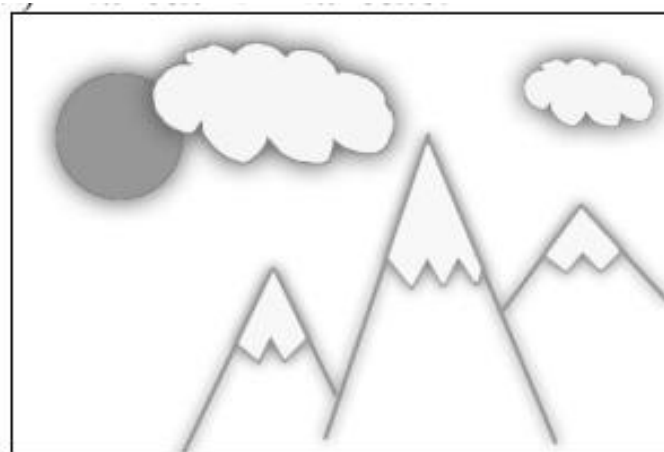


Рис. 1.1. Исходное изображение

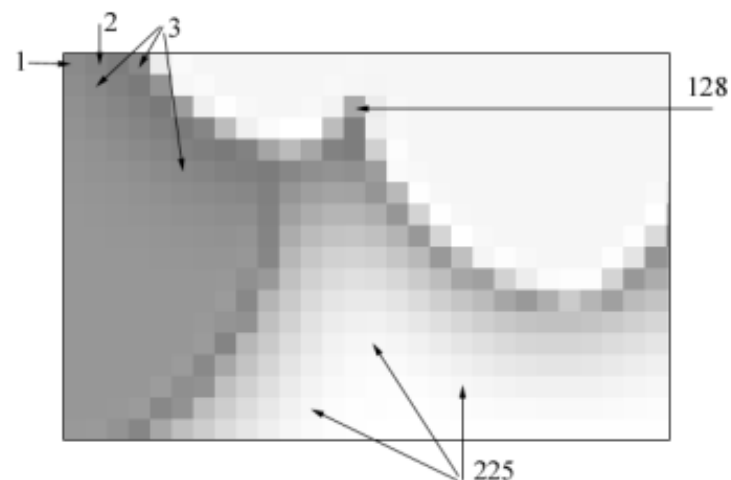


Рис. 1.2. Фрагмент оцифрованного изображения и номера цветов

Теперь пойдём по порядку (слева направо и сверху вниз) и будем в строчку выписывать номера цветов встречающихся пикселей.

Получится строка примерно следующего вида: 1 2 8 3 212 45 67 45 127 4 78 225 34 ...6

Вот эта строка и есть наши оцифрованные данные. Теперь мы можем сжать их (так как несжатые графические данные обычно имеют достаточно большой размер) и сохранить в файл.

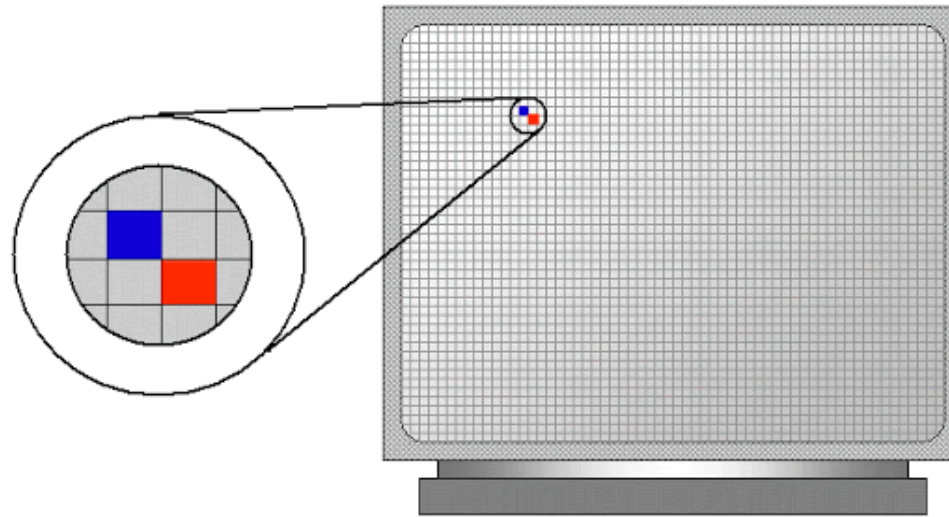
Итак, под растровым (bitmap, raster) понимают способ представления изображения в виде совокупности отдельных точек (пикселей) различных цветов или оттенков. Это наиболее простой способ представления изображения, ибо таким образом видит наш глаз.

Достоинством такого способа является возможность получения фотореалистичного изображения высокого качества в различном цветовом диапазоне. Высокая точность и широкий цветовой диапазон требуют увеличения объема файла для хранения изображения и оперативной памяти для его обработки, что можно отнести к недостаткам. Вторым существенным недостатком является потеря качества изображения при его масштабировании.

1 Растровая графика: общие сведения

Компьютерное растровое изображение представляется в виде прямоугольной матрицы, каждая ячейка которой представлена цветной точкой.

Основой растрового представления графики является пиксель (точка) с указанием ее цвета. При описании, например, красного эллипса на белом фоне необходимо указать цвет каждой точки эллипса и фона. Изображение представляется в виде большого количества точек – чем их больше, тем визуальнее качественнее изображение и больше размер файла. Т.е. одна и та же картинка может быть представлена с лучшим или худшим качеством в соответствии с количеством точек на единицу длины – разрешением (обычно, точек на дюйм – dpi или пикселей на дюйм – ppi).



Пиксел – основной элемент растровых изображений. Именно из таких элементов состоит растровое изображение.

Цифровое изображение – это совокупность пикселей. Каждый пиксел растрового изображения характеризуется координатами x и y и яркостью $V(x,y)$ (для черно–белых изображений). Поскольку пикселы имеют дискретный характер, то их координаты – это дискретные величины, обычно целые или рациональные числа. В случае цветного изображения, каждый пиксел характеризуется координатами x и y , и тремя яркостями: яркостью красного, яркостью синего и яркостью зеленого цветов (V_R , V_B , V_G). Комбинируя данные три цвета можно получить большое количество различных оттенков.

Цвет любого пиксела растрового изображения запоминается с помощью комбинации битов. Чем больше битов для этого используется, тем больше оттенков цветов можно получить. Под градацию яркости обычно отводится 1 байт (256 градаций), причем 0 – черный цвет, а 255 – белый (максимальная интенсивность). В случае цветного изображения отводится по байту на градации яркостей всех трех цветов. Возможно кодирование градаций яркости другим количеством битов (4 или 12), но человеческий глаз способен различать только 8 бит градаций на каждый цвет, хотя специальная аппаратура может потребовать и более точную передачу цветов. Цвета, описываемые 24 битами, обеспечивают более 16 миллионов доступных цветов и их часто называют естественными цветами.

В цветовых палитрах каждый пиксел описан кодом. Поддерживается связь этого кода с таблицей цветов, состоящей из 256 ячеек. Разрядность каждой ячейки – 24 разряда. На выходе каждой ячейки по 8 разрядов для красного, зеленого и синего цветов.

Цветовое пространство, образуемое интенсивностями красного, зеленого и синего, представляют в виде цветового куба (см. рис. 1.).

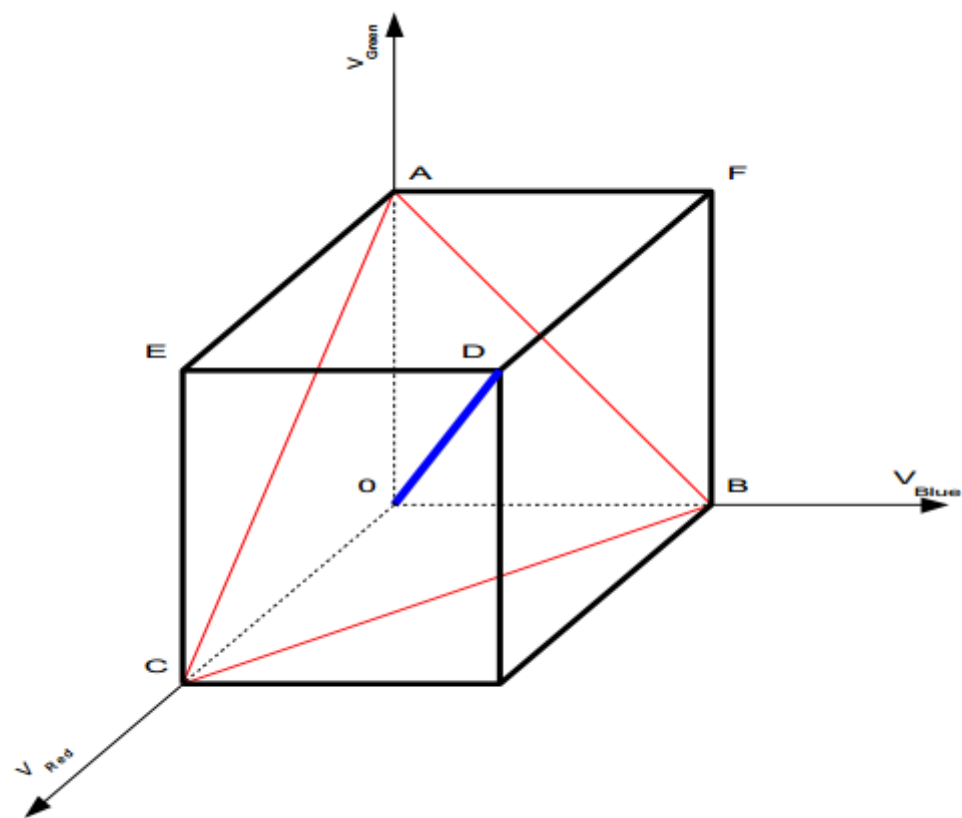
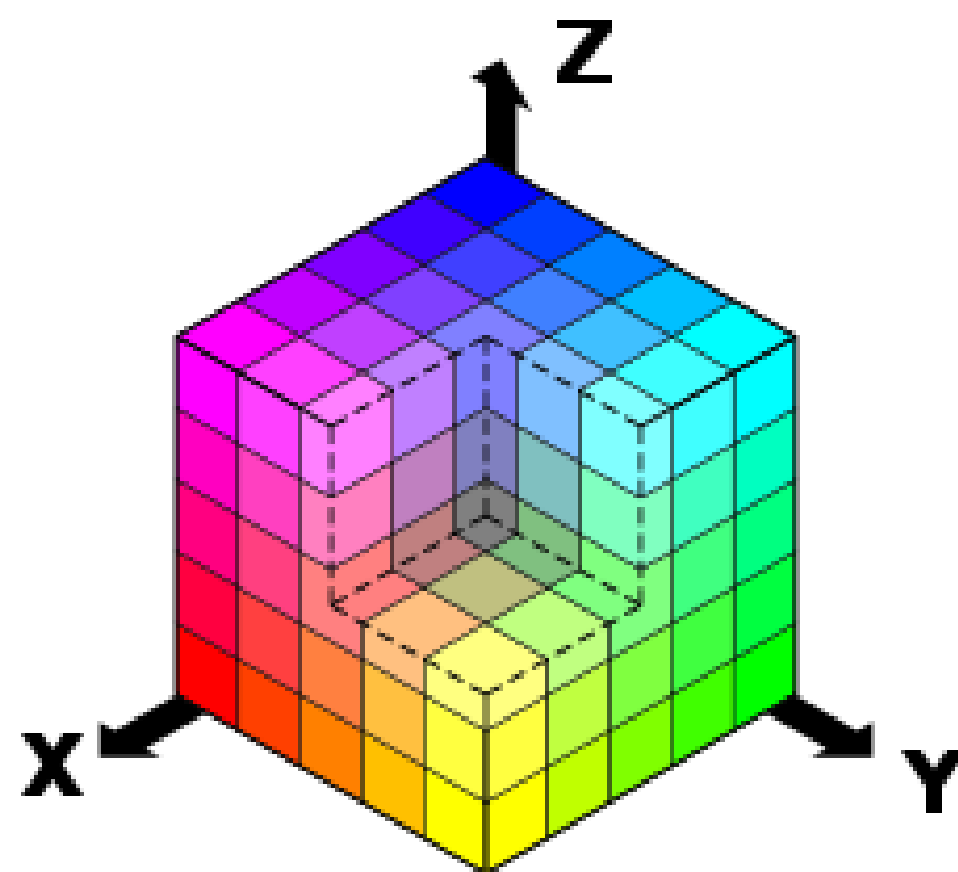


Рис. 1. Цветовой Куб



Виды растров

Растр – это порядок расположения точек (растровых элементов). На рис. 2. изображен растр, элементами которого являются квадраты, такой растр называется прямоугольным, именно такие растры наиболее часто используются.

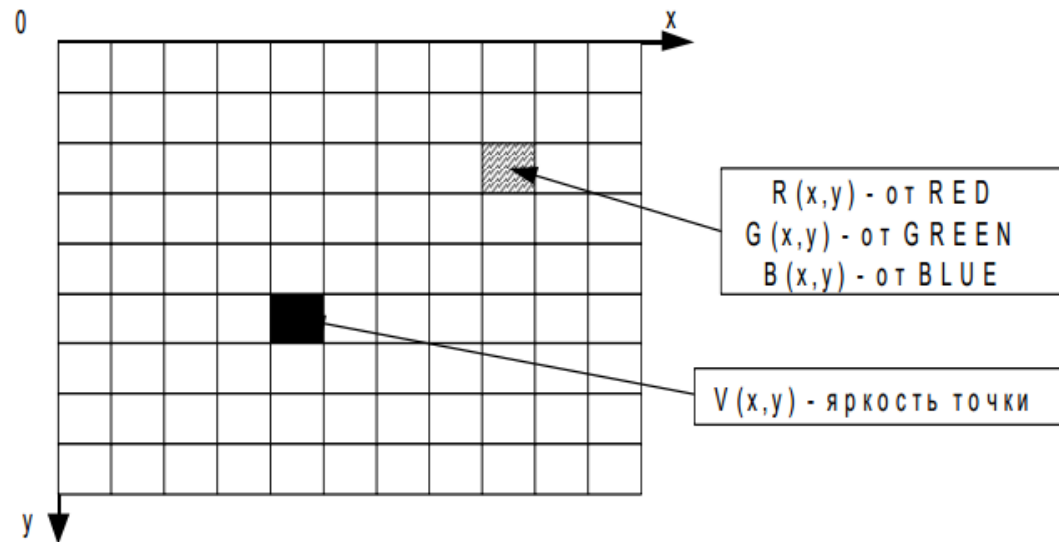


Рис. 2. Растр

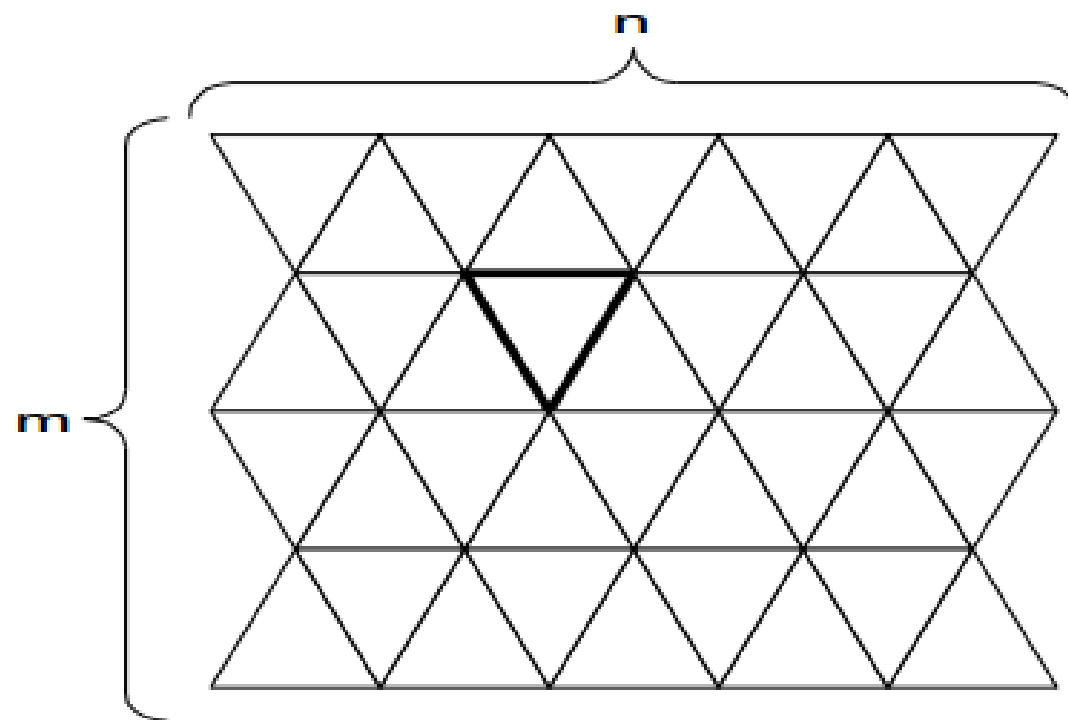


Рис. 3. Треугольный растр

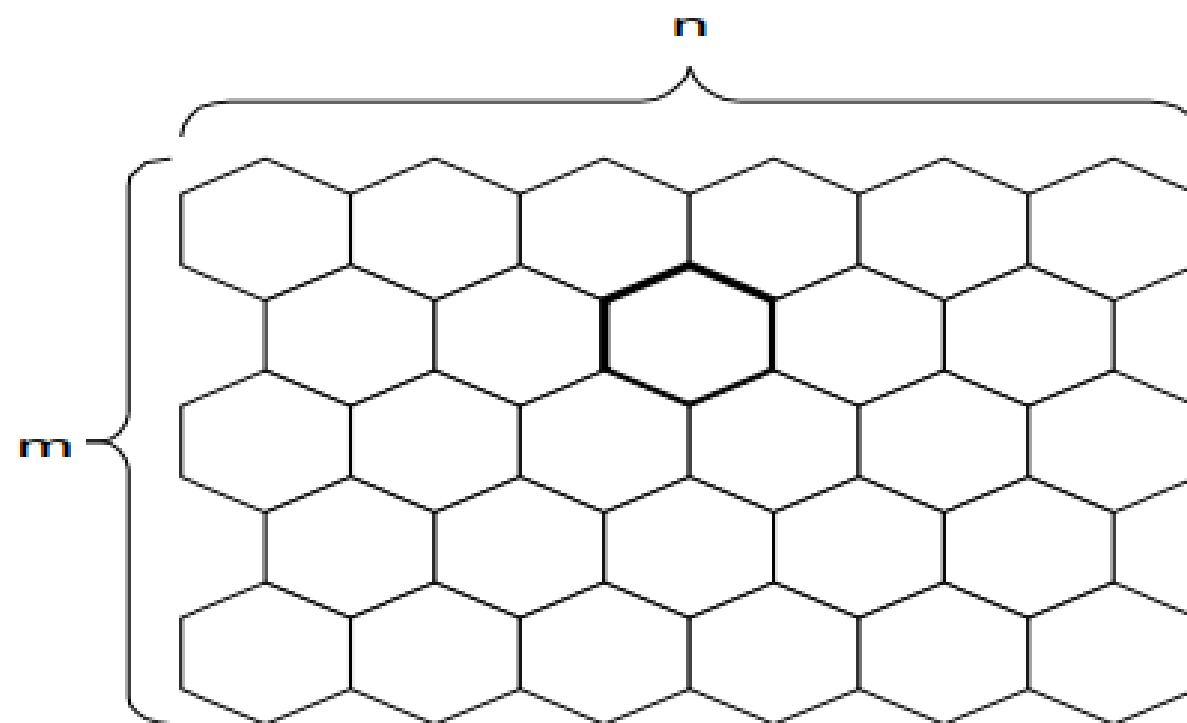


Рис. 4. «Гексагональный растр»

В прямоугольном растре построение линии осуществляется двумя способами:

1. Результат – восьмисвязная линия. Соседние пиксели линии могут находиться в одном из восьми возможных (см. рис. 5а) положений. Недосток – слишком тонкая линия при угле 45° .

2. Результат – четырехсвязная линия. Соседние пиксели линии могут находиться в одном из четырех возможных (см. рис. 5б) положений. Недосток – избыточно толстая линия при угле 45° .

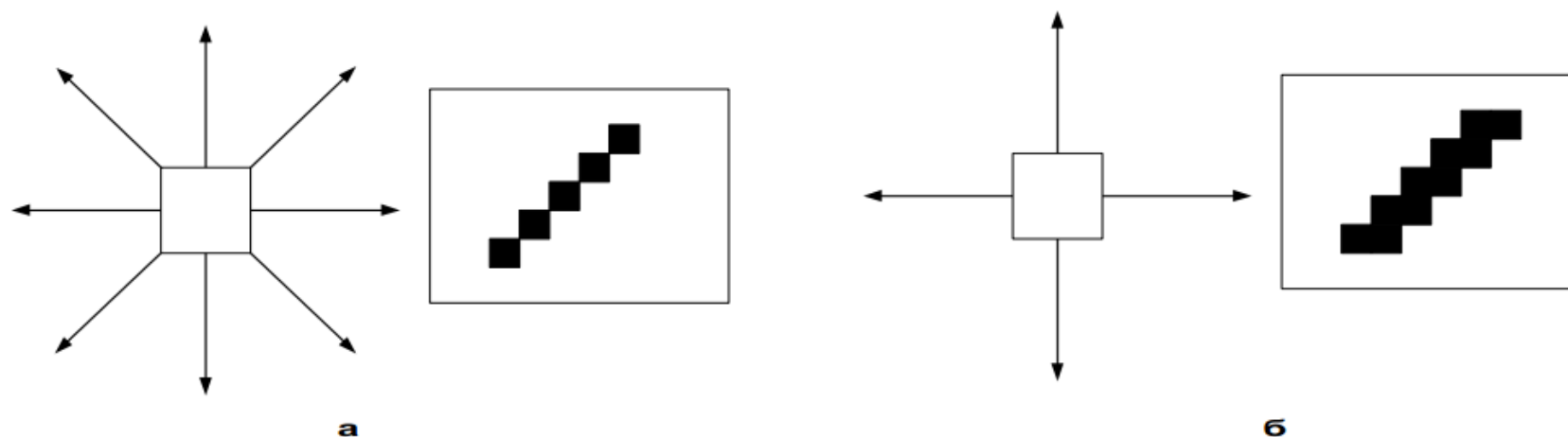


Рис. 5. Построение линии в прямоугольном растре

В гексагональном растре линии шестисвязные (см. рис. 6) такие линии более стабильны по ширине, т.е. дисперсия ширины линии меньше, чем в квадратном растре.

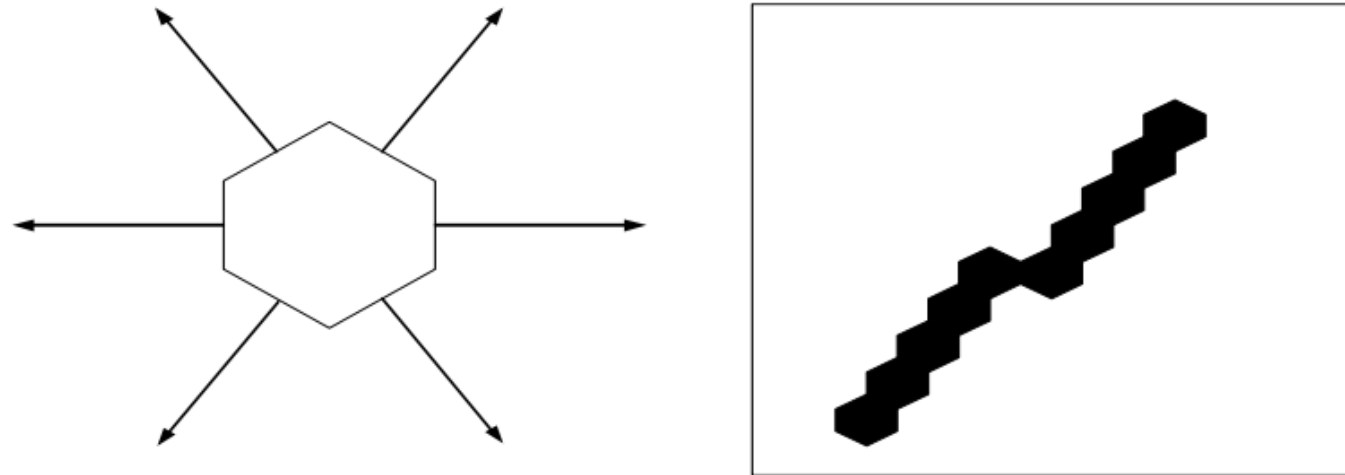


Рис. 6. Построение линии в гексагональном растре

Достоинства и недостатки растровой графики

Учитывая эту специфику построения, растровая графика имеет следующие особенности:

- растровое изображение всегда прямоугольной формы;
- растровое изображение не столь гибко к изменению размера, как векторное (масштабирование может заметно ухудшить качество);
- растровый документ не может содержать объекты в разных цветовых схемах.

Недостатки растрового изображения:

- большой объем данных – это основная проблема при использовании растровых изображений;
- невозможность увеличения для рассмотрения деталей. Поскольку изображение состоит из точек, то увеличение изображения приводит только к тому, что эти точки становятся крупнее. Никаких дополнительных деталей при увеличении растрового изображения рассмотреть не удастся. Более того, увеличение точек раstra визуальнo искажает иллюстрацию и делает ее грубой. Этот эффект называется пикселизацией;
- изменение деталей, например, длины отрезка прямой, связано с большими трудностями, поскольку в растровом изображении отрезок – это просто какая-то совокупность точек одного цвета.

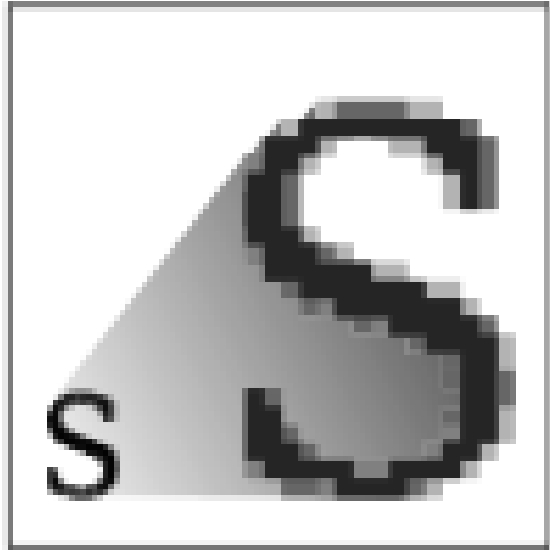
К достоинствам также можно отнести:

1. 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 без потерь в размере файла;
2. распространённость — растровая графика используется сейчас практически везде: от маленьких значков до плакатов;
3. высокая скорость обработки сложных изображений, если не нужно масштабирование;
4. растровое представление изображения естественно для большинства устройств ввода-вывода графической информации, таких как мониторы (за исключением векторных), матричные и струйные принтеры, цифровые фотоаппараты, сканеры;

Недостатком можно назвать то, что высокая точность и широкий цветовой диапазон требуют увеличения объема файла для хранения изображения и оперативной памяти для его обработки.

К недостаткам также можно отнести:

1. большой размер файлов с простыми изображениями;
2. невозможность идеального масштабирования;
3. невозможность вывода на печать на плоттер.



РАСТР
.jpeg .gif .png



ВЕКТОР
.svg

Параметры растровых изображений

Как уже говорилось ранее, растровое изображение представляется в памяти ЭВМ в виде матрицы отдельных пикселей. В этой связи возникает вопрос о том, каково должно быть число этих пикселей и какое число бит отводится для хранения одного пикселя, т. е. каковы основные параметры растрового изображения – разрешение и глубина цвета.

Разрешение (resolution) — это степень детализации изображения, число пикселей (точек), отводимых на единицу площади. Поэтому имеет смысл говорить о разрешении изображения только применительно к какому-либо

устройству ввода или вывода изображения. Например, пока имеется обычная фотография на твердом носителе, нельзя сказать о ее разрешении. Но как только мы попытаемся ввести эту фотографию в компьютер через сканер, нам необходимо будет определить разрешение оригинала, т. е. указать количество точек, считываемых сканером с одного квадратного дюйма.

Поскольку изображение можно рассматривать применительно к различным устройствам, то следует различать:

- ☐ разрешение оригинала;
- ☐ разрешение экранного изображения;
- ☐ разрешение печатного изображения.

Разрешение оригинала. Разрешение оригинала определяется при вводе изображения в компьютер и измеряется в точках на дюйм (dots per inch - dpi). При этом количество dpi определяет не число точек в квадратном дюйме, а количество точек на одной его стороне. Например, 300 dpi означает, что в квадратный дюйм изображения покрывается растровой сеткой 300x300 и после сканирования, изображение соответствующее, квадратному дюйму будет состоять из 90 000 пикселей.

В дальнейшем разрешение оригинала влияет на разрешение изображений выводимых на разных устройствах (принтерах, экранах мониторов).

Установка разрешения оригинала зависит от требований, предъявляемых к качеству изображения и размеру файла. В общем случае действует правило: чем выше требования к качеству, тем выше должно быть разрешение оригинала.

Для получения на экране изображения близкого к размеру оригинала обычно использует разрешения 72-75 dpi. Для вывода изображения в дальнейшем на печать и распознавания текста рекомендуется устанавливать разрешения 300-600 dpi. Если исходное изображение небольшого размера и его планируется увеличить и вывести на печать, то в

этом случае разрешение оригинала лучше устанавливать 600-1200 dpi. Сканирование слайдов, негативных фотопленок и качественных материалов для полиграфии требует установки величины разрешения 1200 и более dpi.

Разрешение экранного изображения. Для экранных копий изображения элементарную точку растра принято называть пикселем (pixel). Для измерения разрешения экранного изображения, кроме dpi, используют единица измерения ppi (pixel per inch). Размер пикселя, а значит и разрешение экранного изображения, варьируется в зависимости от выбранного разрешения экрана (из диапазона стандартных значений), разрешения оригинала и масштаба отображения.

Разрешение печатного изображения и понятие линиатуры. Большинство находящихся в обращении печатающих устройств, от офсетных печатающих машин до простейших струйных принтеров, используют принципы полутонового растрирования.

Полутоновое растрирование (halftoning) – это способ имитации оттенков отдельными точками краски или тонера. Этот процесс основан на том, что печатающее устройство наносит на бумагу точки краски или тонера и располагает их в узлах регулярной прямоугольной сетки, которую иногда называют физическим растром. Будем называть такие точки печатными точками. Соседние точки физической сетки печатающего устройства объединяются в прямоугольники, которые называются полутоновыми ячейками (halftone cells). Из полутоновых ячеек образуется еще одна сетка, именуемая линейным растром (line screen). Линейный растр – это просто способ логической организации физического растра (рис. 1.3).

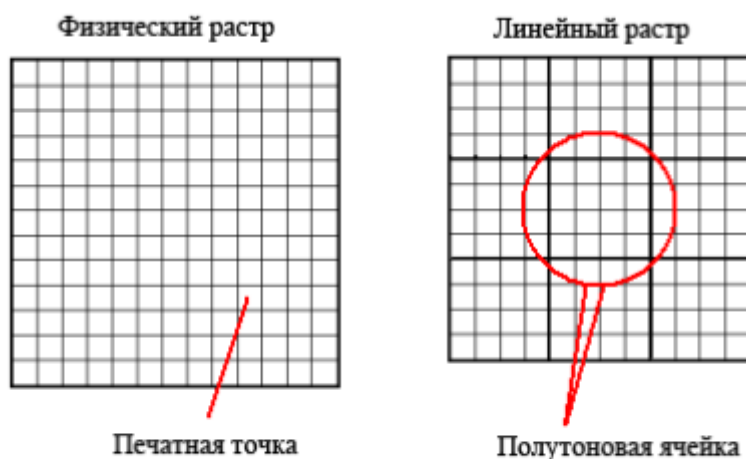


Рис. 1.3. Физический и линейный растры

Частота линейного растра или количество полутоновых ячеек на единицу длины называется линиатурой и измеряется в линиях на дюйм (line per inch, lpi).

При выводе на печать пиксели изображения представляются полутоновыми ячейками, а не точками физического растра печатающего устройства. Меняя заполнение полутоновых ячеек печатными точками, можно имитировать градации яркости пикселей изображения.

Рассмотрим простейшие методы растривания оригинала в градациях серого цвета. Первым методом является метод растриванием с амплитудной модуляцией (АМ), при котором иллюзия тона создается за счет формирования в центрах полутоновых ячеек, из печатных точек каких либо фигур (кругов, эллипсов, ромбов или квадратов) различного размера (рис. 1.4). Иллюзия более темного тона создается за счет увеличения радиальных размеров этих фигур и, как следствие, сокращения пробельного поля между ними при одинаковом расстоянии между центрами полутоновых ячеек.

Существует и метод растривания с частотной модуляцией (ЧМ), когда интенсивность тона регулируется изменением расстояния между соседними печатными точками одинакового размера. Таким образом, при частотно-модулированном растривании в полутоновых ячейках с разной интенсивностью тона находится разное число печатных точек. Изображения, растриванные ЧМ-методом, выглядят более качественно, так как размер точек минимален и, во всяком случае, существенно меньше, чем средний размер фигуры при АМрастривании. Еще более повышает качество изображения разновидность ЧМ-метода, называемая стохастическим растриванием. В этом случае рассчитывается число точек, необходимое для отображения требуемой интенсивности тона в ячейке растра. Затем эти точки располагаются внутри ячейки на расстояниях, вычисленных квазислучайным методом (на самом деле используется специальный математический алгоритм), т. е. регулярная структура растра внутри ячейки, как и на изображении в целом, вообще отсутствует. Поэтому при стохастическом ЧМ-растривании теряет смысл понятие линиатуры растра, имеет значение лишь разрешающая способность устройства вывода. Такой способ требует больших затрат вычислительных ресурсов и высокой точности.

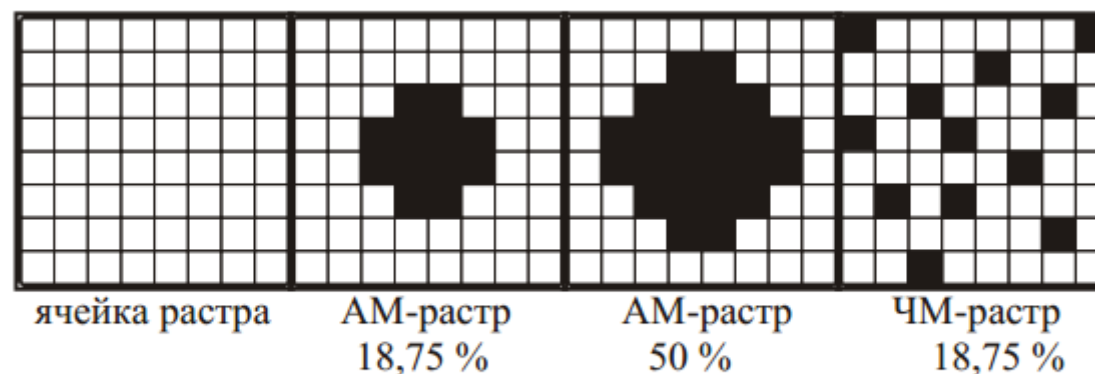


Рис. 1.4. Примеры амплитудной и частотной модуляции растра

Следующим параметром растрового изображения, который следует рассмотреть, является глубина цвета.

Глубина цвета (color depth) — это число бит, используемых для представления каждого пикселя изображения. С развитием вычислительных средств глубина цвета, хранимых в компьютере, изображений все время возрастала. Одним из первых распространенных стандартов мониторов являлся VGA, который поддерживал глубину цвета 8 бит для цветных изображений.

Следующим шагом стало введение в компьютерах системы Macintosh стандарта HighColor, который кодировал цвет с глубиной 16 бит, что позволяло получить 65536 цветов. Сейчас наиболее используемым является 24-битный TrueColor, позволяющий кодировать около 16,7 млн. цветов. Однако необходимо отметить, что существуют графические системы использующие глубину цвета более чем 24 бита на пиксель.

Для лучшего понимания, что такое разрешение и глубина цвета, приведем простой пример. Вы решили отсканировать Вашу ячейка растра АМ-растр ЧМ-растр 18,75 % 50 % 18,75 % 10 фотографию размером 10x15 см. чтобы затем обработать и распечатать на цветном принтере. Для получения приемлемого качества печати необходимо разрешение не менее 300 dpi. Считаем:

10 см = 3,9 дюйма; 15 см = 5,9 дюймов.

По вертикали: $3,9 * 300 = 1170$ точек.

По горизонтали: $5,9 * 300 = 1770$ точек.

Итак, число пикселей растровой матрицы $1170 * 1770 = 2\,070\,900$.

Теперь решим, сколько цветов мы хотим использовать. Для чернобелого изображения используют обычно 256 градаций серого цвета для каждого пикселя, или 1 байт. Получаем, что для хранения нашего изображения надо 2 070 900 байт или 1,97 Мб.

Для получения качественного цветного изображения надо не менее 256 оттенков для каждого базового цвета. В модели RGB соответственно их 3: красный, зеленый и синий. Получаем общее количество байт — 3 на каждый пиксель. Соответственно, размер хранимого изображения возрастает в три раза и составляет 5,92 Мб.

Для создания макета для полиграфии фотографии сканируют с разрешением 600 dpi, следовательно, размер файла вырастает еще вчетверо.

Достоинства и недостатки растровой графики

Учитывая эту специфику построения, растровая графика имеет следующие особенности:

- растровое изображение всегда прямоугольной формы;
- растровое изображение не столь гибко к изменению размера, как векторное (масштабирование может заметно ухудшить качество);
- растровый документ не может содержать объекты в разных цветовых схемах.

Недостатки растрового изображения:

- большой объем данных – это основная проблема при использовании растровых изображений;
- невозможность увеличения для рассмотрения деталей. Поскольку изображение состоит из точек, то увеличение изображения приводит только к тому, что эти точки становятся крупнее. Никаких дополнительных деталей при увеличении растрового изображения рассмотреть не удастся. Более того, увеличение точек раstra визуальнo искажает иллюстрацию и делает ее грубой. Этот эффект называется пикселизацией;
- изменение деталей, например, длины отрезка прямой, связано с большими трудностями, поскольку в растровом изображении отрезок – это просто какая-то совокупность точек одного цвета.

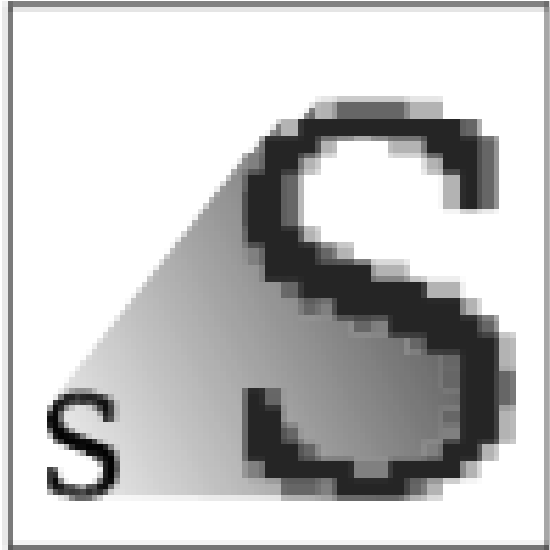
К достоинствам также можно отнести:

1. 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 без потерь в размере файла;
2. распространённость — растровая графика используется сейчас практически везде: от маленьких значков до плакатов;
3. высокая скорость обработки сложных изображений, если не нужно масштабирование;
4. растровое представление изображения естественно для большинства устройств ввода-вывода графической информации, таких как мониторы (за исключением векторных), матричные и струйные принтеры, цифровые фотоаппараты, сканеры;

Недостатком можно назвать то, что высокая точность и широкий цветовой диапазон требуют увеличения объема файла для хранения изображения и оперативной памяти для его обработки.

К недостаткам также можно отнести:

1. большой размер файлов с простыми изображениями;
2. невозможность идеального масштабирования;
3. невозможность вывода на печать на плоттер.



PACTP
.jpeg .gif .png



BEKTOP
.svg

Современный рынок редакторов растровых изображений.

Назначение и характеристика пакетов растровой графики.

Растровая графика применяется для разработки электронных и полиграфических изданий. Иллюстрации, выполненные средствами растровой графики, редко создаются вручную с помощью компьютерных программ.

Чаще для этой цели сканируют иллюстрации, подготовленные художником или фотографии. В последнее время для ввода растровых изображений в компьютер используют цифровые фото- и видеокамеры.

Основное предназначение программ этого класса - работа с готовыми растровыми изображениями (отсканированными или полученными с помощью других приложений):

- цветокоррекция;
- фотомонтаж;
- ретушь,
- наложение разнообразных фильтров для придания изображению выразительности;
- цветоделение и подготовка растровых изображений для различных технологий печати;
- адаптация полноценных растровых изображений для публикаций в Интернете, использования в программах подготовки презентаций ит.д.

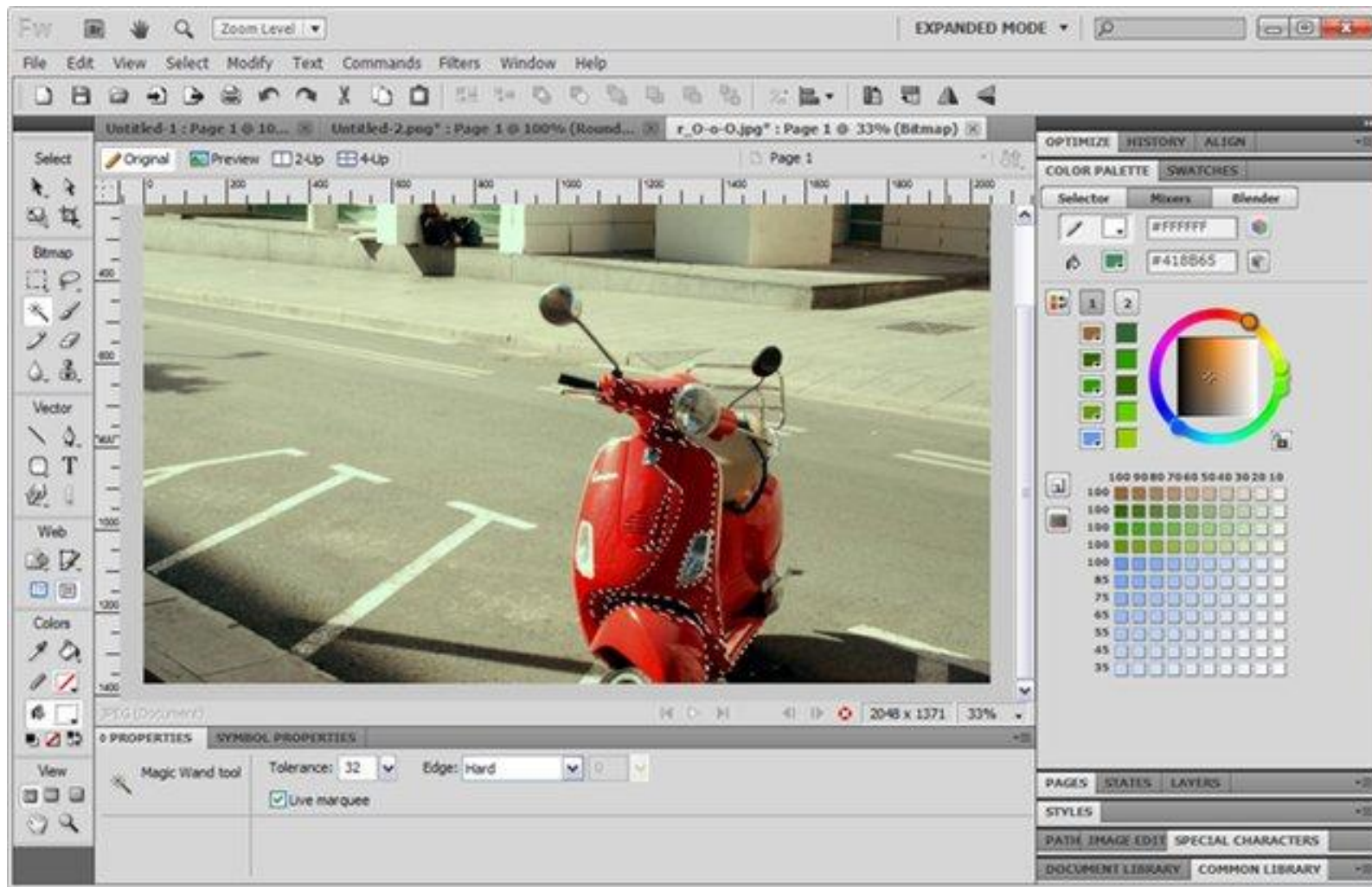
Абсолютным лидером в этой группе является Adobe Photoshop.

Мощность и универсальность этого пакета до сих пор являются непревзойденными.

Adobe Photoshop



Adobe Fireworks (FW)



Corel PHOTO-PAINT



Векторная графика

Для векторной графики характерно разбиение изображения на ряд графических примитивов – точки, прямые, ломаные, дуги, полигоны.

Таким образом, появляется возможность хранить не все точки изображения, а координаты узлов примитивов и их свойства (цвет, связь с другими узлами и т. д.).

Вернемся к изображению на рис. 1.1. Взглянем на него по-другому.

На изображении легко можно выделить множество простых объектов —отрезки прямых, ломаные, эллипс, замкнутые кривые. Представим себе, что пространство рисунка существует в некоторой координатной системе. Тогда можно описать это изображение, как совокупность простых объектов, вышеперечисленных типов, координаты узлов которых заданы вектором относительно точки начала координат (рис. 1.5).

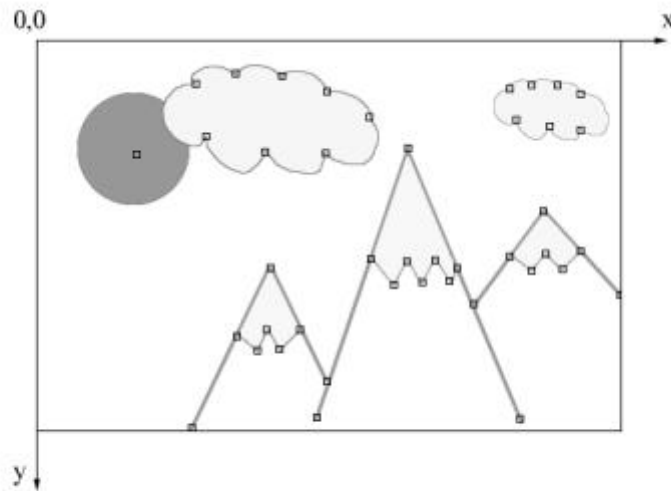


Рис. 1.5. Векторное изображение и узлы его примитивов

Проще говоря, чтобы компьютер нарисовал прямую, нужны координаты двух точек, которые связываются по кратчайшей прямой.

Для дуги задается радиус и т. д. Таким образом, векторная иллюстрация – это набор геометрических примитивов.

Важной деталью является то, что объекты задаются независимо друг от друга и, следовательно, могут перекрываться между собой.

При использовании векторного представления изображение хранится в памяти как база данных описаний примитивов. Основные графические примитивы, используемые в векторных графических редакторах: точка, прямая, кривая Безье, эллипс (окружность), полигон (прямоугольник). Примитив строится вокруг его узлов (nodes).

Координаты узлов задаются относительно координатной системы макета.

А изображение будет представлять из себя массив описаний – нечто типа:

отрезок (20,20-100,80);

окружность(50,40-30);

кривая_Безье (20,20-50,30-100,50).

Каждому узлу приписывается группа параметров, в зависимости от типа примитива, которые задают его геометрию относительно узла. Например, окружность задается одним узлом и одним параметром – радиусом. Такой набор параметров, которые играют роль коэффициентов и других величин в уравнениях и аналитических соотношениях объекта данного типа, называют аналитической моделью примитива. Отрисовать примитив – значит построить его геометрическую форму по его параметрам согласно его аналитической модели.

Векторное изображение может быть легко масштабировано без потери деталей, так как это требует пересчета сравнительно небольшого числа координат узлов. Другой термин – «object-oriented graphics».

Самой простой аналогией векторного изображения может служить аппликация. Все изображение состоит из отдельных кусочков различной формы и цвета (даже части растра), «склеенных» между собой. Понятно, что таким образом трудно получить фотореалистичное изображение, так как на нем сложно выделить конечное число примитивов, однако существенными **достоинствами** векторного способа представления изображения, по сравнению с растровым, являются:

- векторное изображение может быть легко масштабировано без потери качества, так как это требует пересчета сравнительно небольшого числа координат узлов;
- графические файлы, в которых хранятся векторные изображения, имеют существенно меньший, по сравнению с растровыми, объем (порядка нескольких килобайт).

На самом деле размер векторного изображения зависит от количества объектов на изображении. И чем ближе качество векторного рисунка будет приближаться к фотореалистичному изображению, тем большей размер будет у файла.

Сферы применения векторной графики очень широки. В полиграфии – от создания красочных иллюстраций до работы со шрифтами. Все, что мы называем машинной графикой, 3D-графикой, графическими средствами компьютерного моделирования и САПР – все это сферы приоритета векторной графики, ибо эти ветви дерева компьютерных наук рассматривают изображение исключительно с позиции его математического представления.

Как видно, векторным можно назвать только способ описания изображения, а само изображение для нашего глаза всегда растровое.

Таким образом, задачами векторного графического редактора являются растровая прорисовка графических примитивов и предоставление пользователю сервиса по изменению параметров этих примитивов. Все изображение представляет собой базу данных примитивов и параметров макета (размеры холста, единицы измерения и т. д.). Отрисовать изображение – значит выполнить последовательно процедуры прорисовки всех его деталей.

С другой стороны, если изображение состоит из простых объектов, то для его хранения в векторном виде необходимо не более нескольких килобайт.

Объекты векторной графики хранятся в памяти в виде набора параметров, но на экран изображение все равно выводятся в виде точек (просто потому, что экран так устроен). *Перед выводом на экран каждого объекта программа производит вычисление координат экранных точек в изображении объекта, поэтому векторную графику иногда называют вычисляемой графикой.* Понятно, что при увеличении размера изображения или масштаба вывода его на экран качество изображения остается практически неизменным.

Векторное представление изображения кардинально отличается от растрового.

Основной принцип представление векторной графики состоит в том, что описываются только основные точки изображения, а все промежуточные достраиваются между ними по определенным математическим законам.

Например, для построения отрезка прямой, достаточно указать координаты концов отрезка, а также сделать пометку о том, что соединяющая их линия – прямая. Для описания окружности достаточно задать ее центр, указать радиус и сделать помету «окружность».

Такой подход резко снижает накладные расходы на хранение данных.

Кроме того, изменение (размер, положение и т.п.) того или иного элемента происходит очень легко.

Кривые Безье

Для описания векторного графического объекта существует множество способов. Самый удобный и распространенный из них – это так называемые «кривые Безье».

Кривые Безье названы так в честь французского математика Пьера Безье, впервые предложившего их в начале 70-х годов фирме «Рено» для моделирования обводов кузова легкового автомобиля.

Кривые Безье используются во всех современных программах, работающих с векторной графикой.

Кривая Безье состоит из одного или нескольких сегментов. Начало и конец каждого сегмента называют опорными точками. Еще две точки отвечают за форму кривой и называются управляющими точками или точками направления. Эти точки определяют угол наклона и кривизну в точке выхода из узла (опорной точки).

Используя эти четыре точки можно задать любую кривую, а из нескольких таких кривых можно составить фигуру любой сложности.

Структура векторного объекта

1. Векторная иллюстрация состоит из множества объектов. Процесс рисования в векторных редакторах фактически сводится к созданию объектов нужной формы и приданию им определенных заливок и обводок.

2. Объекты представляют собой разнообразные векторные формы.

Объекты иллюстрации состоят из одного или нескольких контуров (или кривых).

Контуром называется любая линия, замкнутая или открытая.

3. Каждый объект состоит из одного или нескольких сегментов, соединенных между собой узловыми точками. Простейшая незамкнутая линия имеет две вершины, называемые узлами (или концевыми точками). В двухмерной графике узел (точка) задается двумя числами (x, y) . Перемещение узловых точек приводит к модификации сегментов контура и к изменению его формы. Существует несколько типов сегментов и узлов.

Математические основы векторной графики

В векторной графике точке соответствует узел. На плоскости этот объект представляется двумя числами (X, Y), задающими его положение относительно начала координат.

Для описания **прямой линии** используется уравнение $y = ax + b$. Поэтому для построения данного объекта требуется задание всего двух параметров: a и b. Результатом будет построение бесконечной прямой в декартовых координатах. В отличие от прямой линии, **отрезок прямой** требует для своего описания двух дополнительных параметров, соответствующих началу и концу отрезка (например, x_1 и x_2).

К классу **кривых второго порядка** относятся параболы, гиперболы, эллипсы и окружности, то есть все линии, уравнения которых содержат переменные в степени не выше второй. В векторной графике эти кривые используются для построения базовых форм (примитивов) в виде эллипсов и окружностей. Кривые второго порядка не имеют точек перегиба. Используемое для описания этих кривых уравнение требует для своего задания пяти параметров:

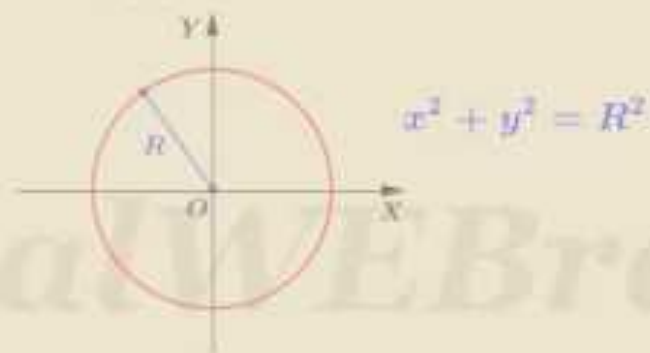
$$x^2 + a_1y^2 + a_2xy + a_3x + a_4y + a_5 = 0$$

Для построения отрезка кривой требуется задать два дополнительных параметра.

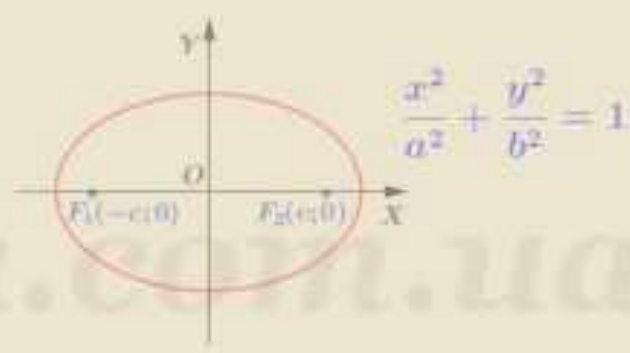
Общее уравнение кривой второго порядка

$$Ax^2 + 2Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0 \quad (1)$$

Окружность



Эллипс



Гипербола



Парабола

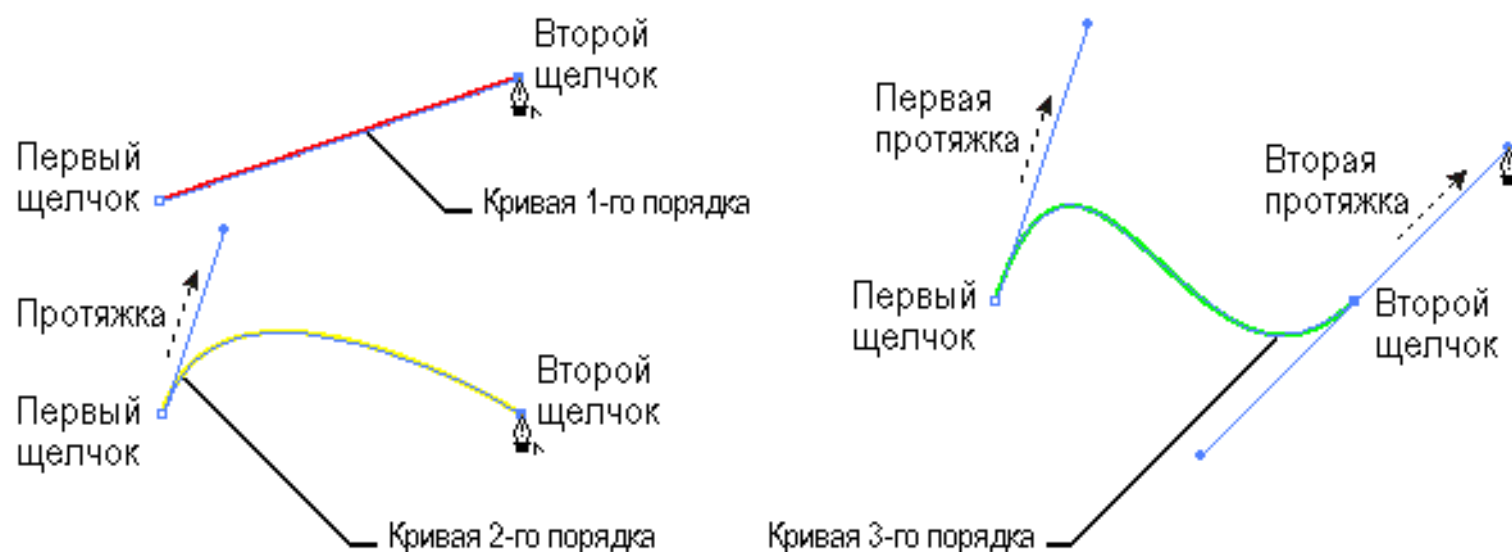


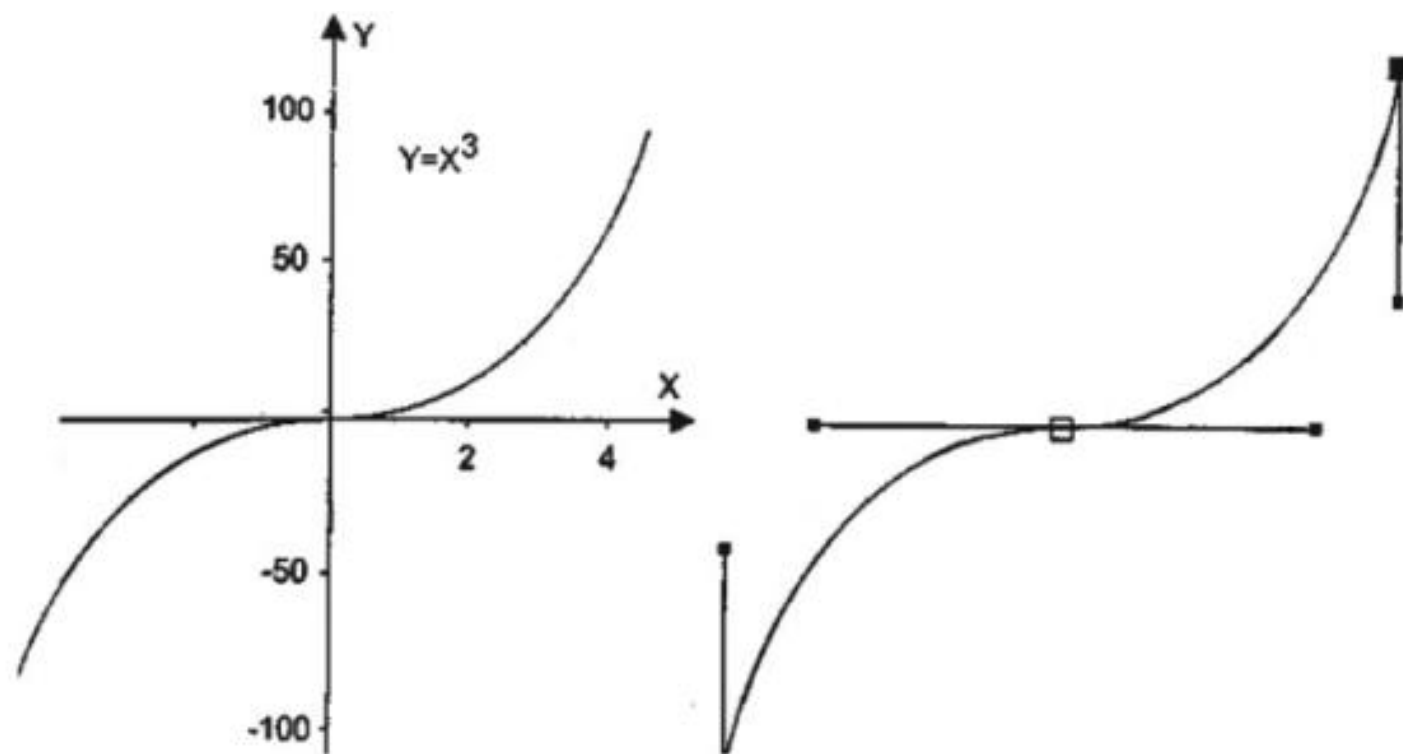
В отличие от кривых второго порядка **кривые третьего** порядка могут иметь точку перегиба.

Например, график функции $Y = X^3$ (Рис. 4) имеет точку перегиба в начале координат (0,0). Уравнение, используемое для описания уравнения третьего порядка, требует для своего задания девяти параметров:

$$x^3 + a_1y^3 + a_2x^2y + a_3xy^2 + a_4x^2 + a_5y^2 + a_6xy + a_7x + a_8y + a_9 = 0$$

Для описания отрезка кривой третьего порядка требуется на два параметра больше.

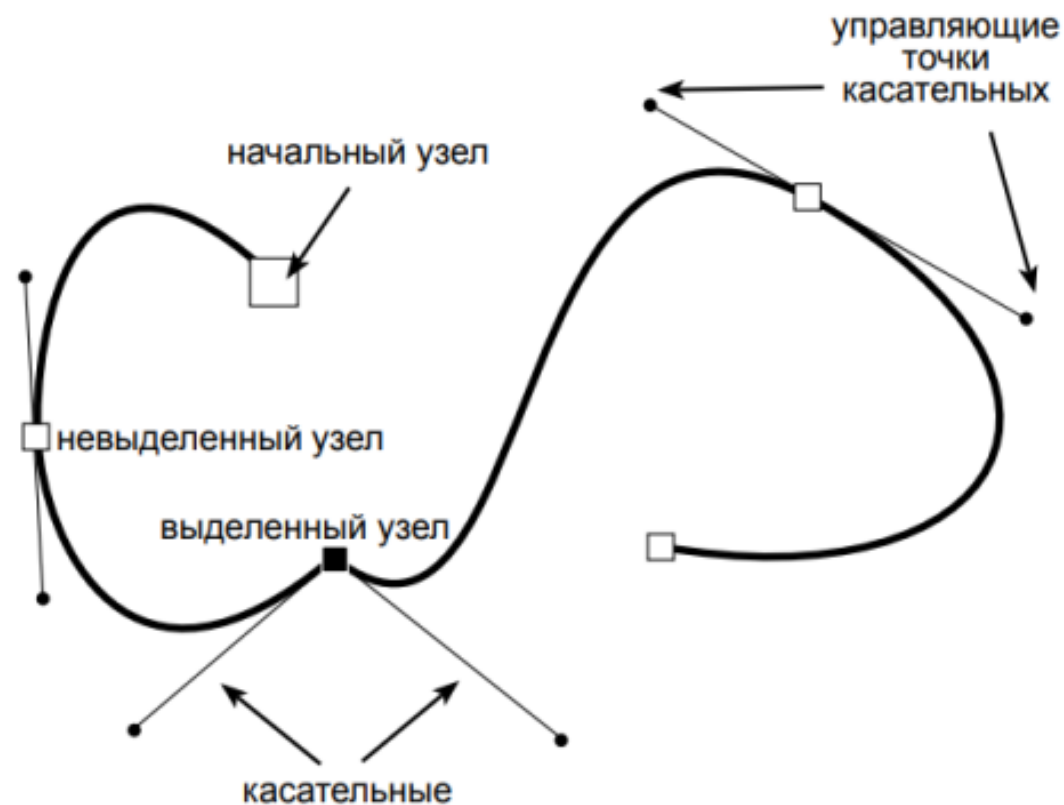




. Представление кривой линии с помощью кривых третьего порядка слева – классический вариант; справа — кривая Безье

В векторных редакторах (как, впрочем, и в растровых) форму произвольного контура изменяют путем манипуляции узлами. Узлы можно перемещать, изменять их тип, добавлять, удалять.

Таким образом, в основе всех процедур, связанных с редактированием (отчасти и созданием) любого типа контуров, лежит работа с узлами.



Кривые Безье — типы кривых, предложенные в 60-х годах XX века независимо друг от друга Пьером Безье из автомобилестроительной компании «Рено» и Полем де Кастельжо из компании «Ситроен», где применялись для проектирования кузовов автомобилей.

Несмотря на то, что открытие де Кастельжо было сделано несколько ранее Безье (1959), его исследования не публиковались и скрывались компанией как производственная тайна до конца 1960-х.

Кривая Безье является частным случаем многочленов Бернштейна, описанных русским математиком Сергеем Натановичем Бернштейном в 1912 году.

Впервые кривые были представлены широкой публике в 1962 году французским инженером Пьером Безье, который, разработав их независимо от де Кастельжо, использовал их для компьютерного проектирования автомобильных кузовов. Кривые были названы именем Безье, а именем де Кастельжо назван

разработанный им рекурсивный способ определения кривых (алгоритм де Кастельжо).

Впоследствии это открытие стало одним из важнейших инструментов систем автоматизированного проектирования и программ компьютерной графики.

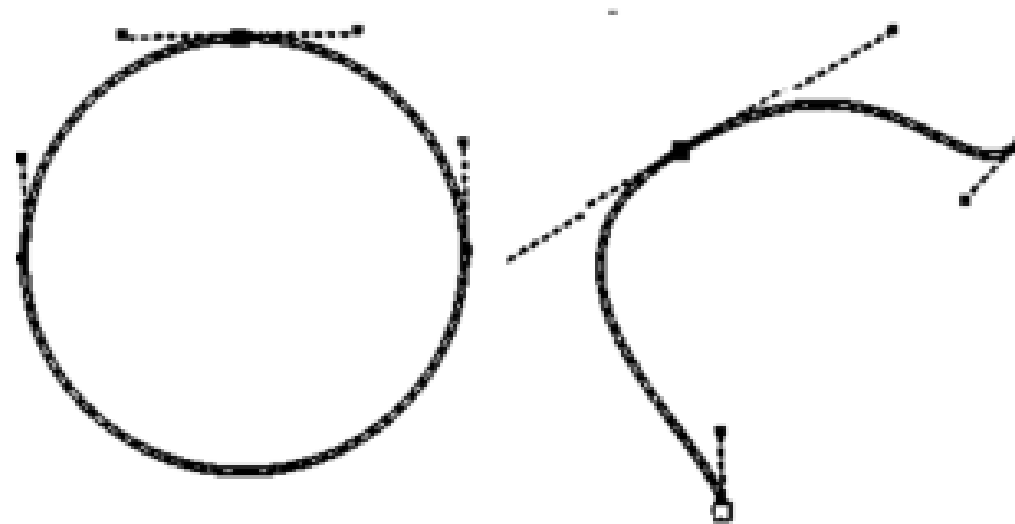


Типы узловых точек

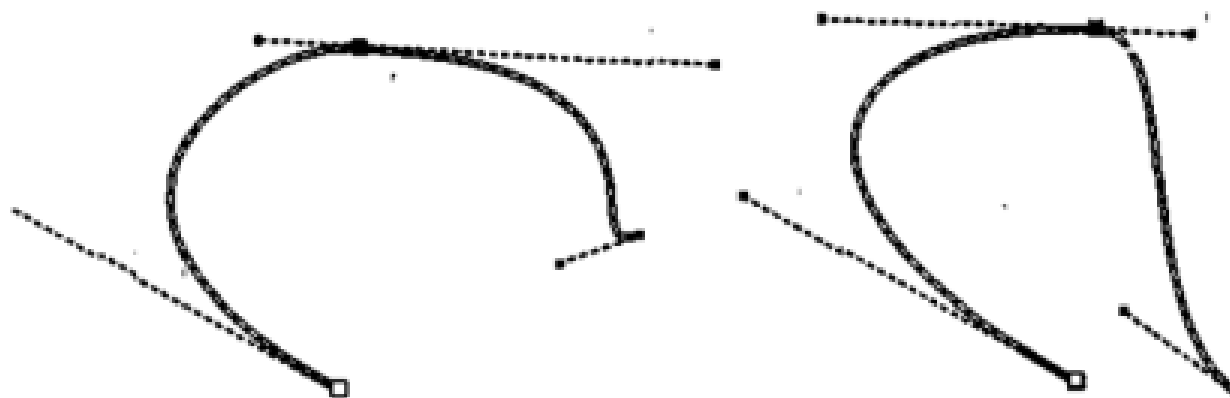
Касательная линия всегда является касательной к сегменту кривой в узловой точке. Ее наклон и длина определяют наклон и радиус изгиба соответствующего криволинейного сегмента. Перемещение узловых точек и настройка касательных линий позволяют изменять форму криволинейных сегментов.

Вид касательных линий и соответственно методы управления кривизной сегмента в узловой точке определяются типом узловой точки. Различают три типа узловых точек:

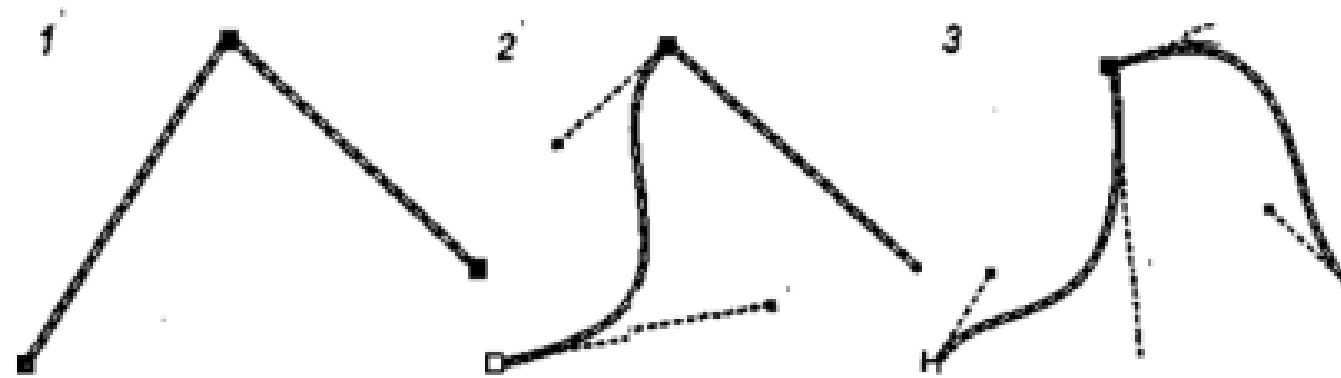
- гладкий узел (smooth node);
- симметричный узел (symmetrical node);
- острый узел (cusp node).



У симметричной узловой точки длина обоих отрезков касательных одинакова, и они лежат на одной прямой.



У гладкой узловой точки касательные линии лежат на одной прямой, но имеют разную длину.



Три варианта острых узлов: без управляющих точек (1), с одной управляющей точкой (2) и двумя (3). В последнем случае кривизну сегментов контура в острой узловой точке можно изменять независимо для каждого сегмента

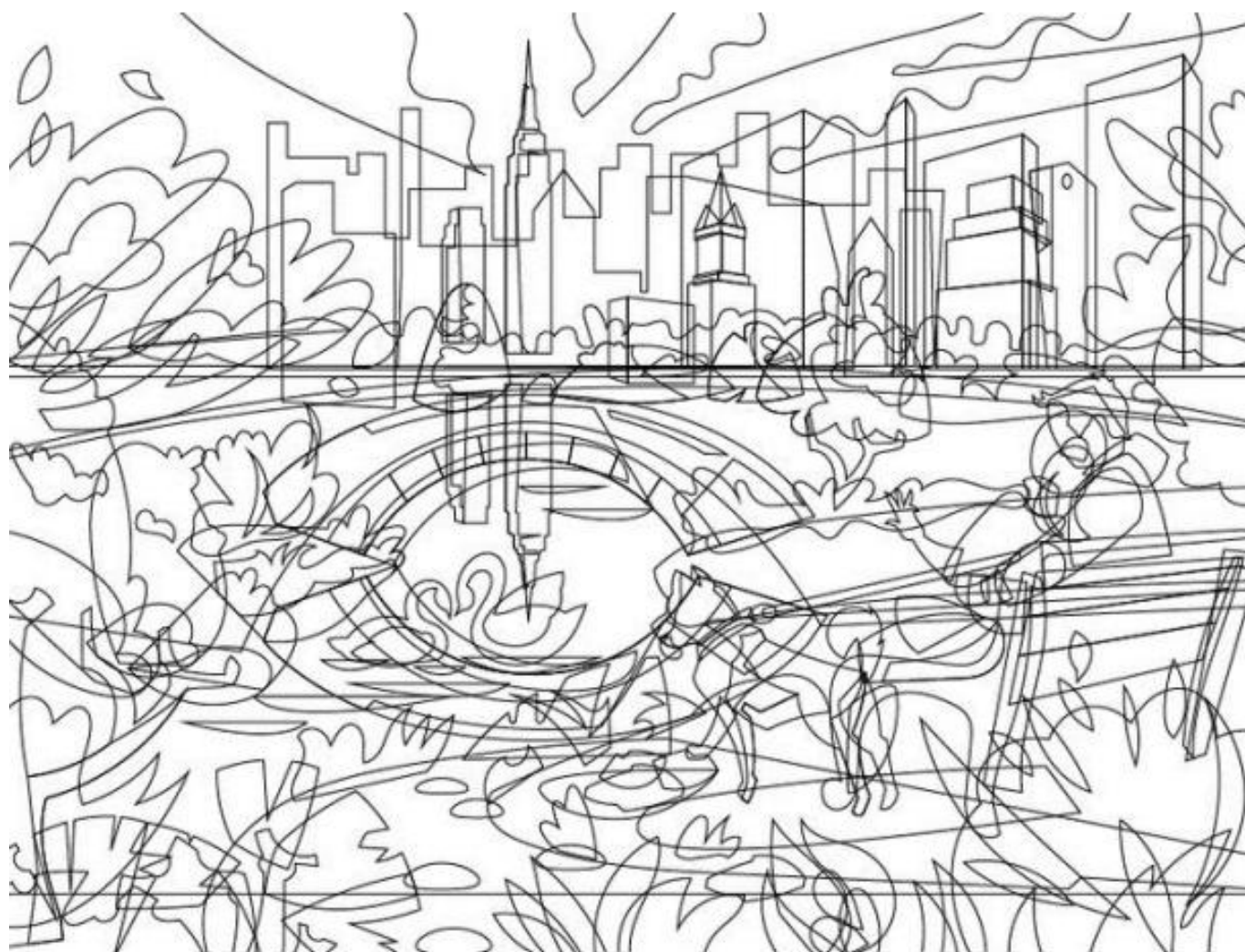


Рис. 9. Векторное изображение без заливки.



Рис. 10. Векторное изображение с заливкой.

Преимущества и недостатки векторных изображений

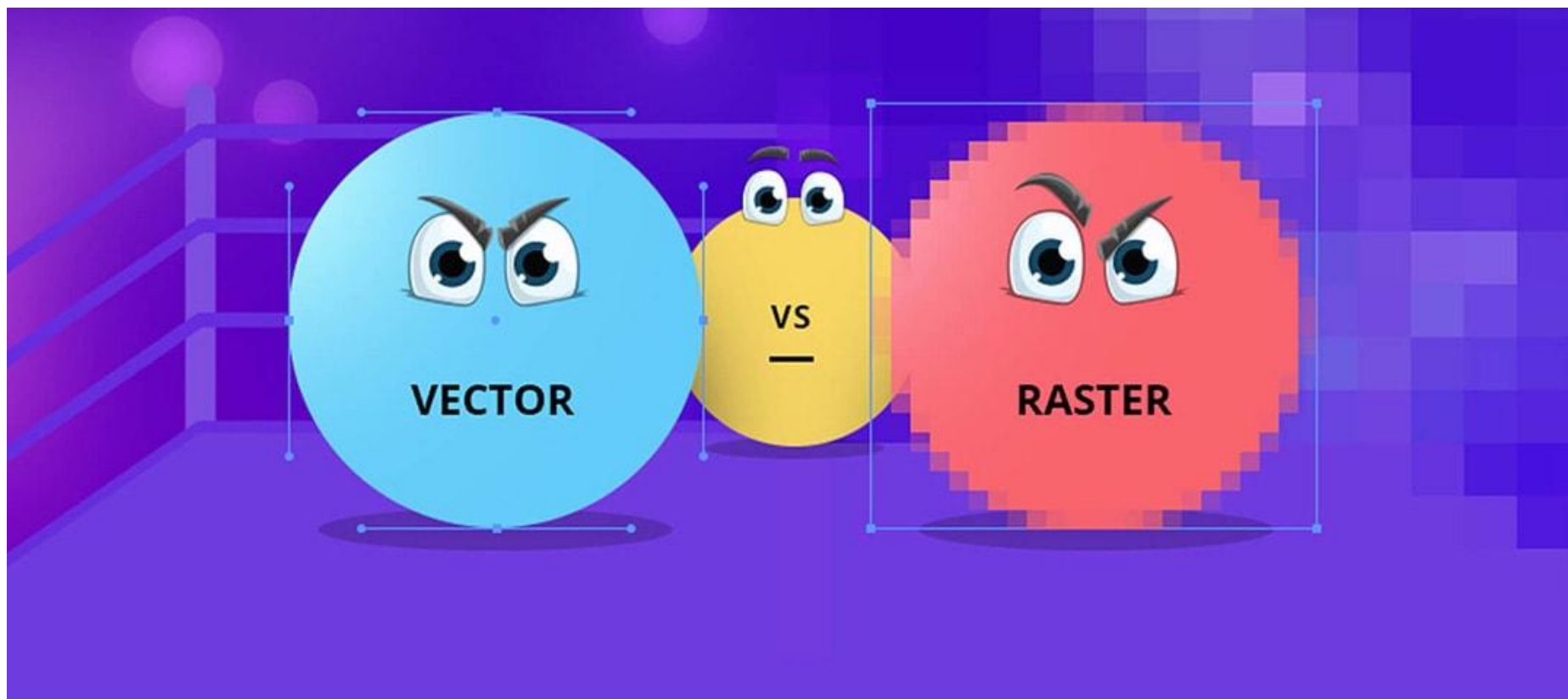
Достоинства

- Экономна в плане объемов дискового пространства,
- Объекты векторной графики просто трансформируются и ими легко манипулировать, что не оказывает практически никакого влияния на качество изображения.
- Векторная графика максимально использует возможности разрешающей способности любого выводного устройства: изображение всегда будет настолько качественным, на сколько способно данное устройство.
- Сравнительно простое и более качественное редактирование.
- Широкие возможности для нанесения на поверхности

Недостатки

- Программная зависимость
- Сложность векторного принципа описания изображения не позволяет автоматизировать ввод графической информации и сконструировать устройство подобное сканеру для растровой графики.
- Векторная графика действительно ограничена в чисто живописных средствах и не предназначена для создания фотореалистических изображений.

Отличие растровой и векторной графики



Назначение и характеристика пакетов векторной графики

Программные средства для работы с векторной графикой наоборот предназначены, в первую очередь, для создания иллюстраций и в меньшей степени для их обработки. Также сборка макетов для печати.

Оформительские работы, основанные на применении шрифтов и простейших геометрических элементов, таких, например, как логотип компании, решаются средствами векторных графических редакторов намного проще.

Наиболее распространенные программы для работы с векторной графикой – Adobe Illustrator, CorelDraw.

Растривание и векторизация

Растровая и векторная графика могут превращаться друг в друга.

Процесс перевода векторной картинки в точечное изображение называется растриванием, обратный процесс – векторизация или обрисовка.

Однако практически невозможно получить точно такое же растровое изображение из векторного элемента без потери качества, и наоборот, соответственно. Поэтому к смене вида графики для изображения надо подходить осторожно.

Растровые и векторные цифровые изображения имеют свои преимущества и недостатки.

- Растровые изображения получают из фотографических оригиналов автоматически с помощью сканеров. Существуют устройства их получения непосредственно в цифровой форме (цифровые камеры) и перекодирования из аналоговой формы (платы видеозахвата). Векторные изображения требуют ручного ввода (построения или рисования). В простых случаях могут быть получены из растровых с помощью программ трассировки. Трассировка дает удовлетворительный результат только в простых случаях, да и полученные изображения все равно требуют ручной «доводки».

- Растровые изображения обеспечивают максимальную реалистичность, поскольку в цифровую форму переводится каждый мельчайший фрагмент оригинала. Векторные изображения передают крупные фрагменты

оригинала с помощью объектов (контуров с обводками и заливками). Они не в состоянии обеспечить близкую к оригиналу реалистичность.

- Растровые изображения имеют большой размер, так как хранят информацию о цвете каждого мельчайшего фрагмента оригинала.

- Векторные изображения компактны, поскольку хранят только математические описания объектов.

- Качество растровых изображений зависит от размера. Они не допускают свободного масштабирования без искажений или потерь качества. Качество векторных изображений не зависит от размера.

- Векторные изображения легко редактировать, поскольку они содержат относительно небольшое количество удобно организованных объектов. Точечные изображения, состоящие из множества пикселей, редактировать сложнее. Если проводить аналогии, то редактирование векторных изображений сходно работе чертежника, а точечных — художника.

Сравнение показывает, что сосуществование двух типов цифровых изображений целиком оправдано. Там, где требуется точность и четкость линий, используют векторную графику, а там, где требуется реалистичность фотографии — растровую.

Растрирование



CYAN



MAGENTA



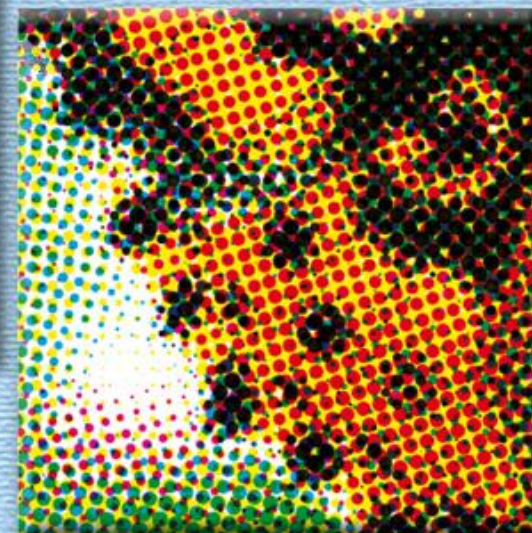
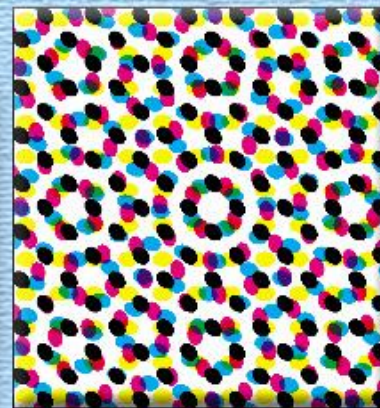
YELLOW



BLACK



FINAL CMYK



DETAIL VIEW

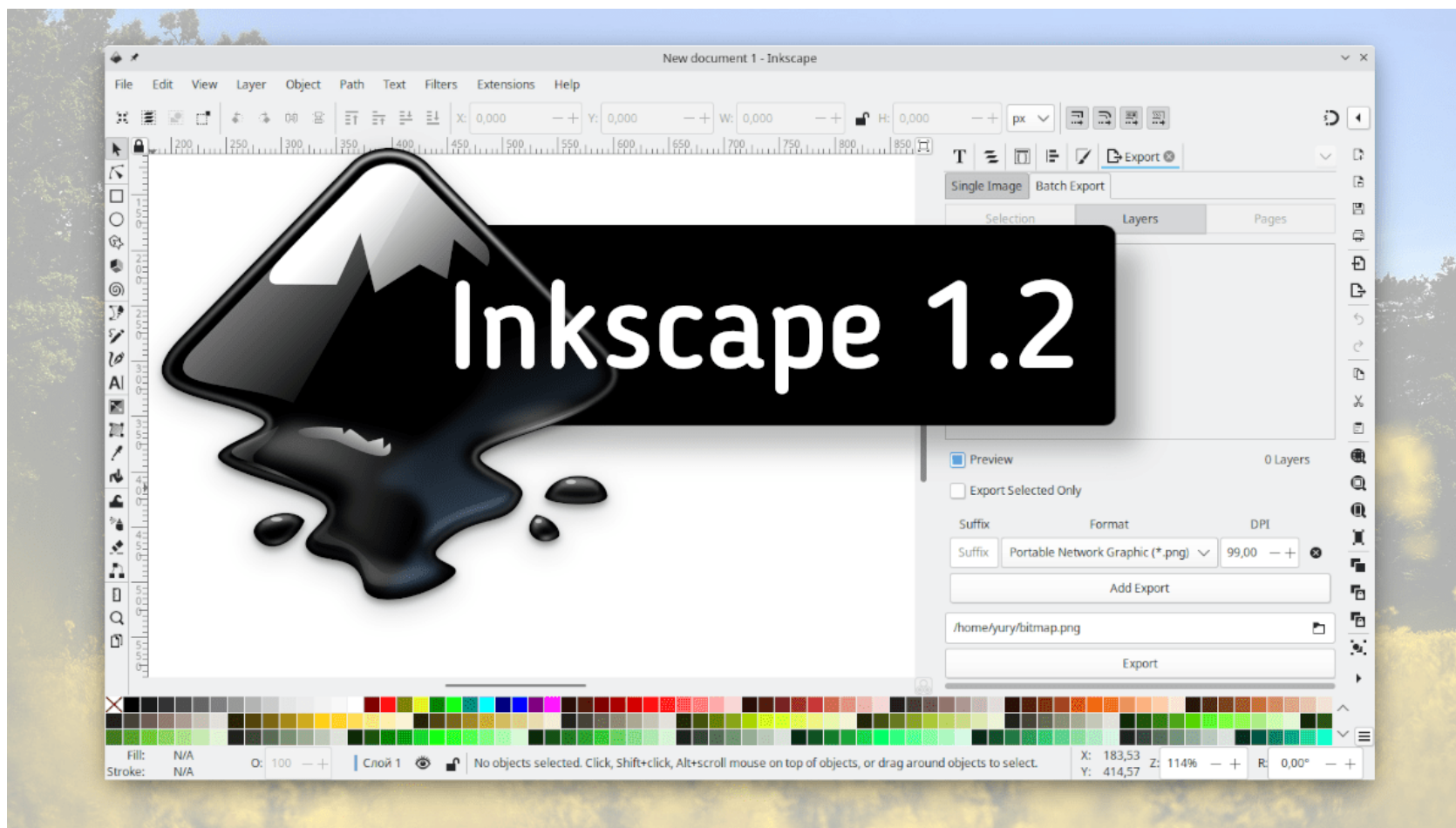
Векторизация



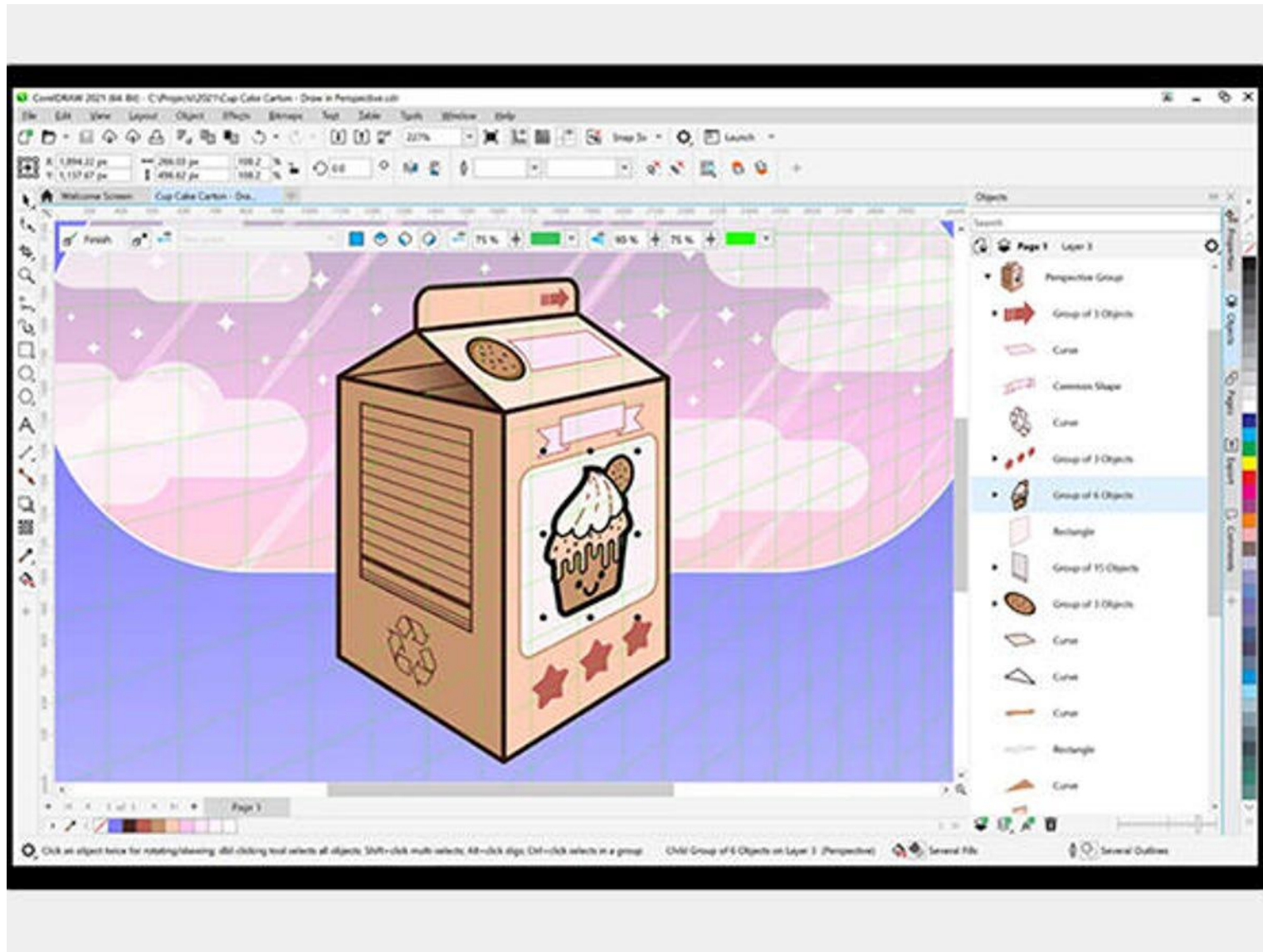


Векторные редакторы

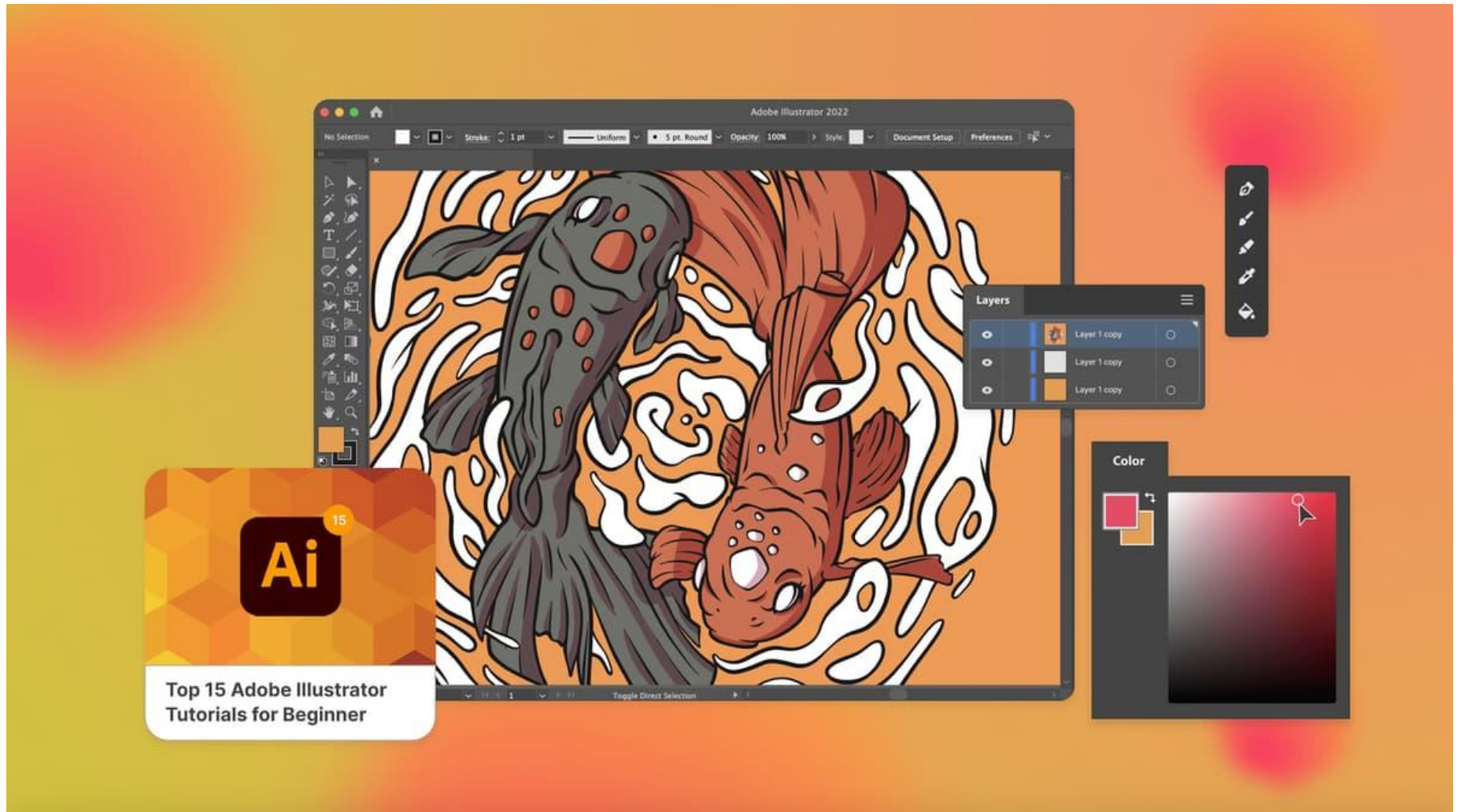
Inkscape



Corel Draw



Adobe Illustrator



ФРАКТАЛЬНАЯ ГРАФИКА

Слово фрактал образовано от латинского "fractus" и в переводе означает состоящий из фрагментов. Оно было предложено Бенуа Мандельбротом в 1975 году. Определение фрактала, данное Мандельбротом, звучит так: "Фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому".

В последнее время фракталы стали очень популярны. Большую роль в этом сыграла книга франко-американского математика Бенуа Мандельброта "Фрактальная геометрия природы", изданная в 1975 году.

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. Свойство самоподобия характерно для многих природных объектов. Таким свойством обладают, например, ветки деревьев, снежинки, границы облаков и морских побережий, трещины в камнях, структуры некоторых веществ, полученных с помощью электронного микроскопа и т. д. Фрактальная геометрия позволяет описать и получить изображения таких природных объектов с помощью математических средств. В компьютерной графике фракталы, могут использоваться не только для генерации изображений сложных объектов, но и для сжатия изображений.

Для классификации фракталов часто используют деление на следующие классы:

- геометрические фракталы;
- алгебраические фракталы;
- стохастические фракталы.

Существуют и другие классификации фракталов, например, деление фракталов на детерминированные (алгебраические и геометрические) и недетерминированные (стохастические). Подробно рассмотрим геометрические и алгебраические фракталы.

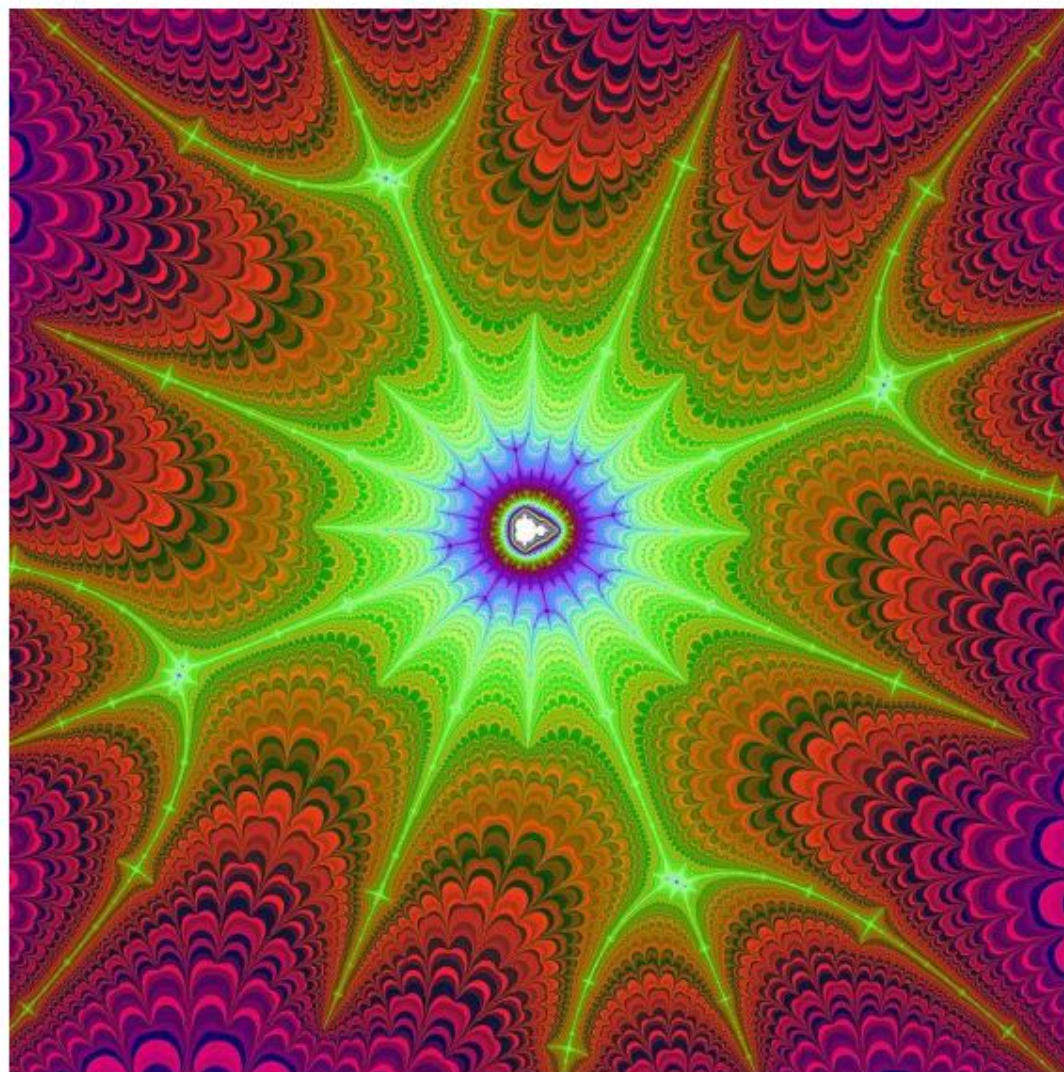


Рис. 11. Фрактальное изображение.

Наиболее полезным использованием фракталов в компьютерной науке является фрактальное сжатие данных. Достоинство фрактального сжатия изображений — очень маленький размер упакованного файла и малое время восстановления картинки. Фрактально упакованные картинки можно масштабировать без появления пикселизации.



Рис. 12. Фрактальное дерево, созданное в 3d генераторе.

Классификация фракталов

Фракталом называется предмет, который обладает одним из указанных свойств:

- Обладает нетривиальной структурой на всех масштабах. В этом и есть отличие от регулярных фигур, таких как окружность или эллипс. Если мы рассмотрим небольшой фрагмент регулярной фигуры в крупном масштабе, то он будет похож на фрагмент прямой. Для фрактала увеличение масштаба не ведет к упрощению структуры, на всех шкалах мы увидим одинаково сложную картину.
- Является самоподобным или приближенно самоподобным.
- Обладает дробной метрической размерностью.

В основном фракталы классифицируют по трём видам:

- Алгебраические фракталы
- Геометрические фракталы
- Стохастические фракталы

Алгебраические фракталы — это самая крупная группа фракталов, получившая название за использование алгебраических формул. Методов получения алгебраических фракталов несколько. Один из методов представляет собой многократный (итерационный) расчет функции $Z_{n+1}=f(Z_n)$, где Z — комплексное число, а f некая функция. Расчет данной функции продолжается до выполнения определенного условия. И когда это условие выполнится — на экран выводится точка. При этом функция для разных точек комплексной плоскости может иметь разное поведение: с течением времени она может стремиться к бесконечности; стремиться к 0; принимать несколько фиксированных значений и не выходить за их пределы.

Поведение хаотично, без каких-либо тенденций. Таким образом было получено множество Мандельброта — фрактал, определённый, как множество точек S на комплексной плоскости. Бенуа Мандельброт предложил модель фрактала, которая стала классической и часто используется для демонстрации, как типичного примера самого фрактала, так и для демонстрации красоты фракталов, которая также привлекает исследователей, художников, просто интересующихся людей.

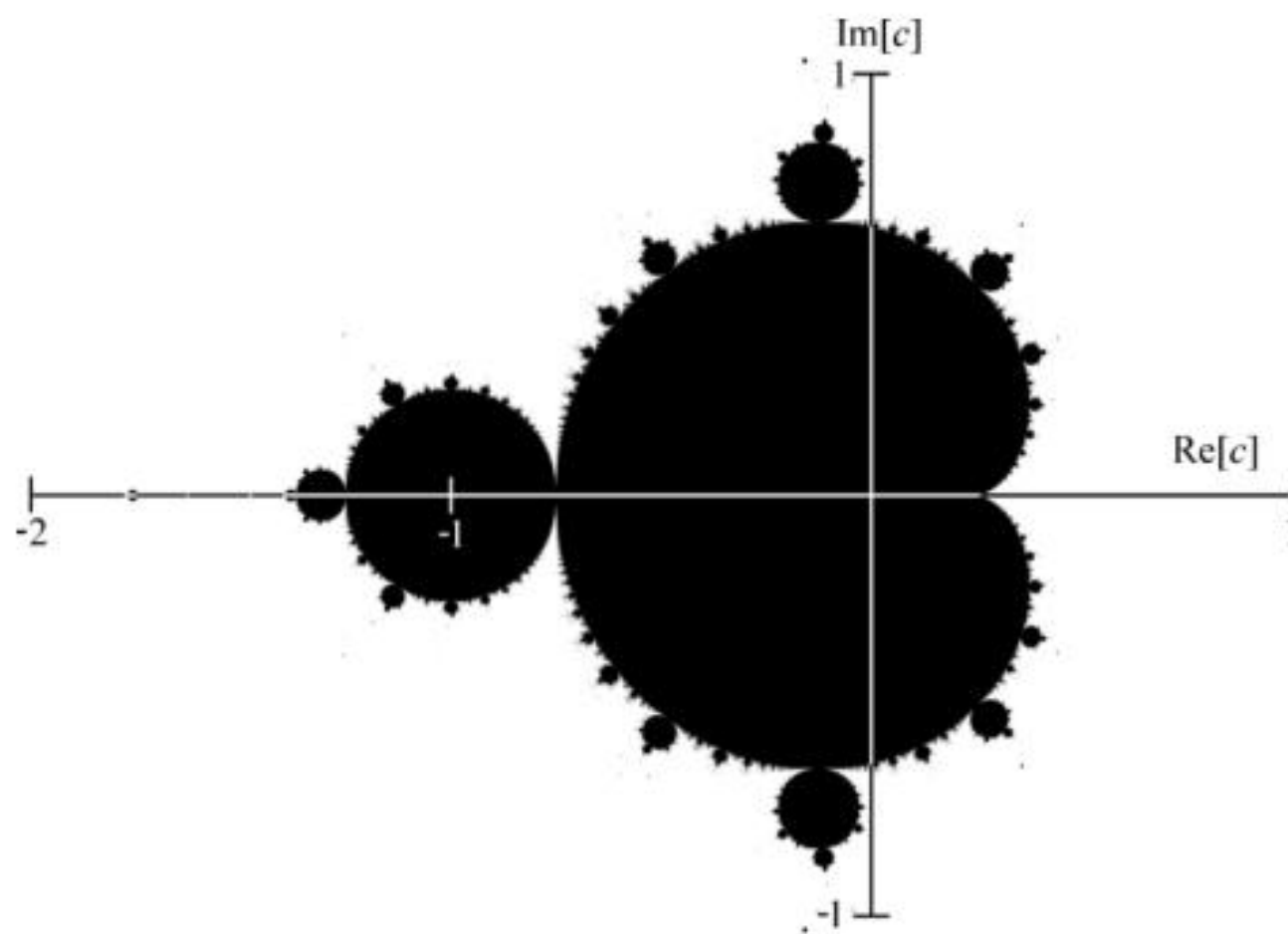


Рис. 13. Множество Мандельброта.

Геометрические фракталы

Фракталы этого класса самые наглядные, потому что в них сразу видна самоподобность. В двухмерном случае такие фракталы можно получить, задав некоторую ломаную, называемую генератором. За один шаг алгоритма каждый из отрезков, составляющих ломаную, заменяется на ломаную-генератор. В результате бесконечного повторения этой процедуры (а, точнее, при переходе к пределу) получается фрактальная кривая. При видимой сложности полученной кривой, её общий вид задается только формой генератора. Примерами таких кривых служат: кривая Коха (снежинка Коха), кривая Леви, кривая Минковского, кривая Пеано.

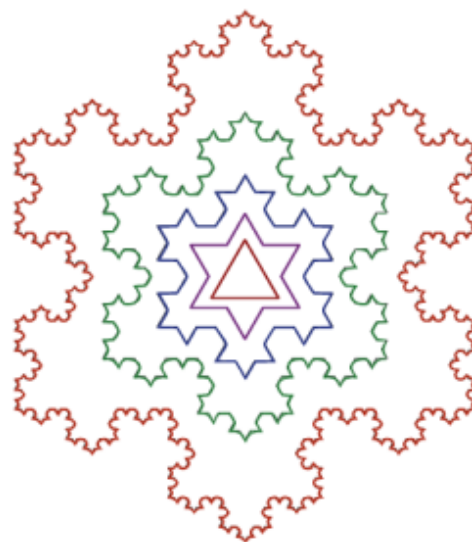
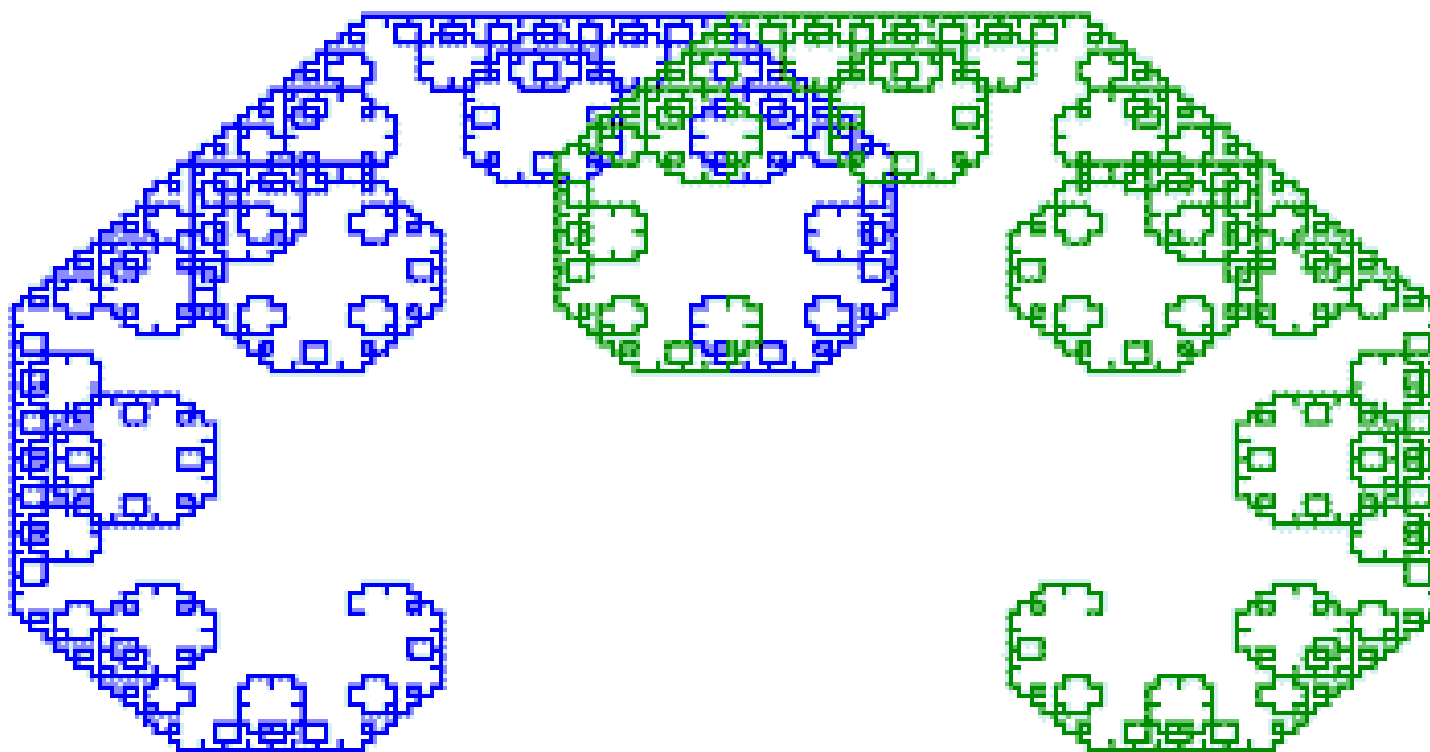


Рис. 14. Снежинка Коха.



Lévy's self-similar curve

Рис. 15. Кривая Леви

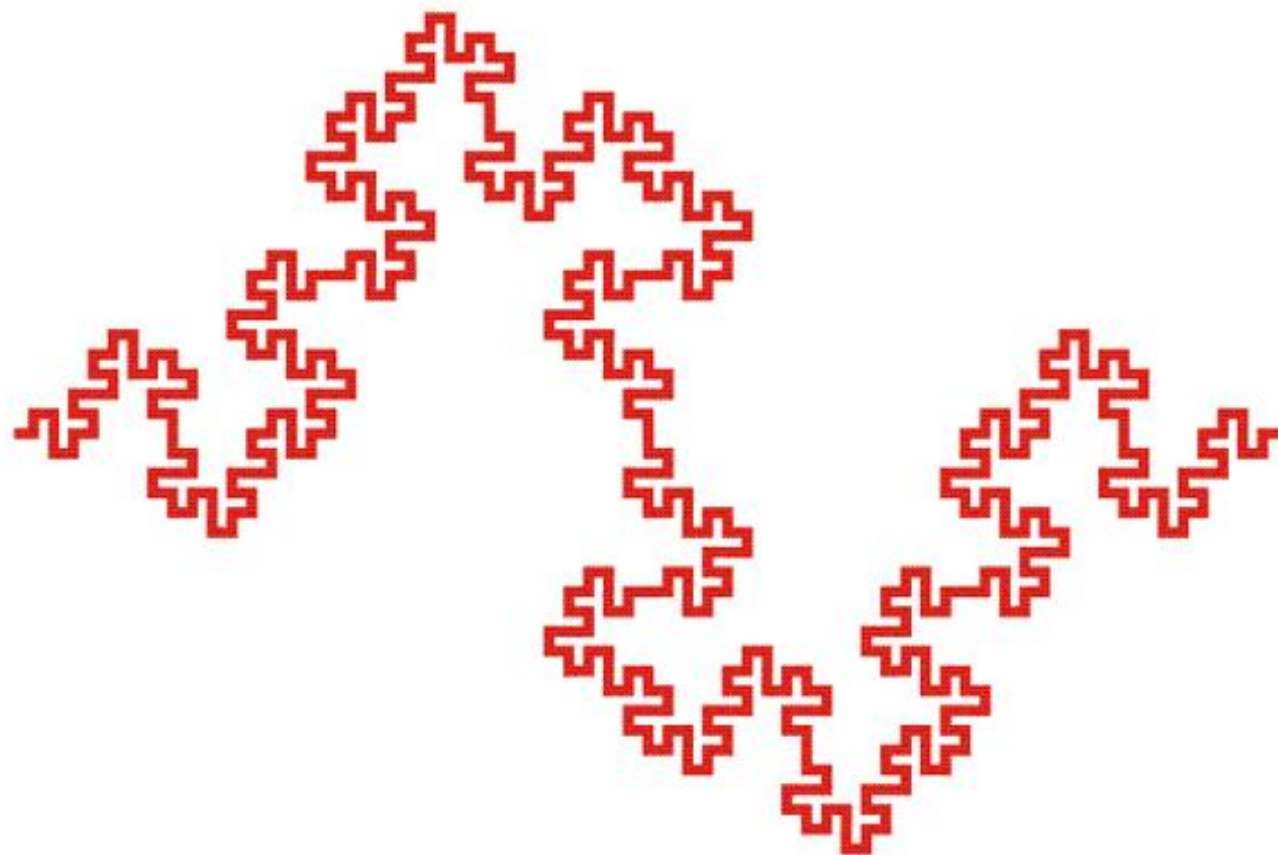


Рис.15 Кривая Минковского

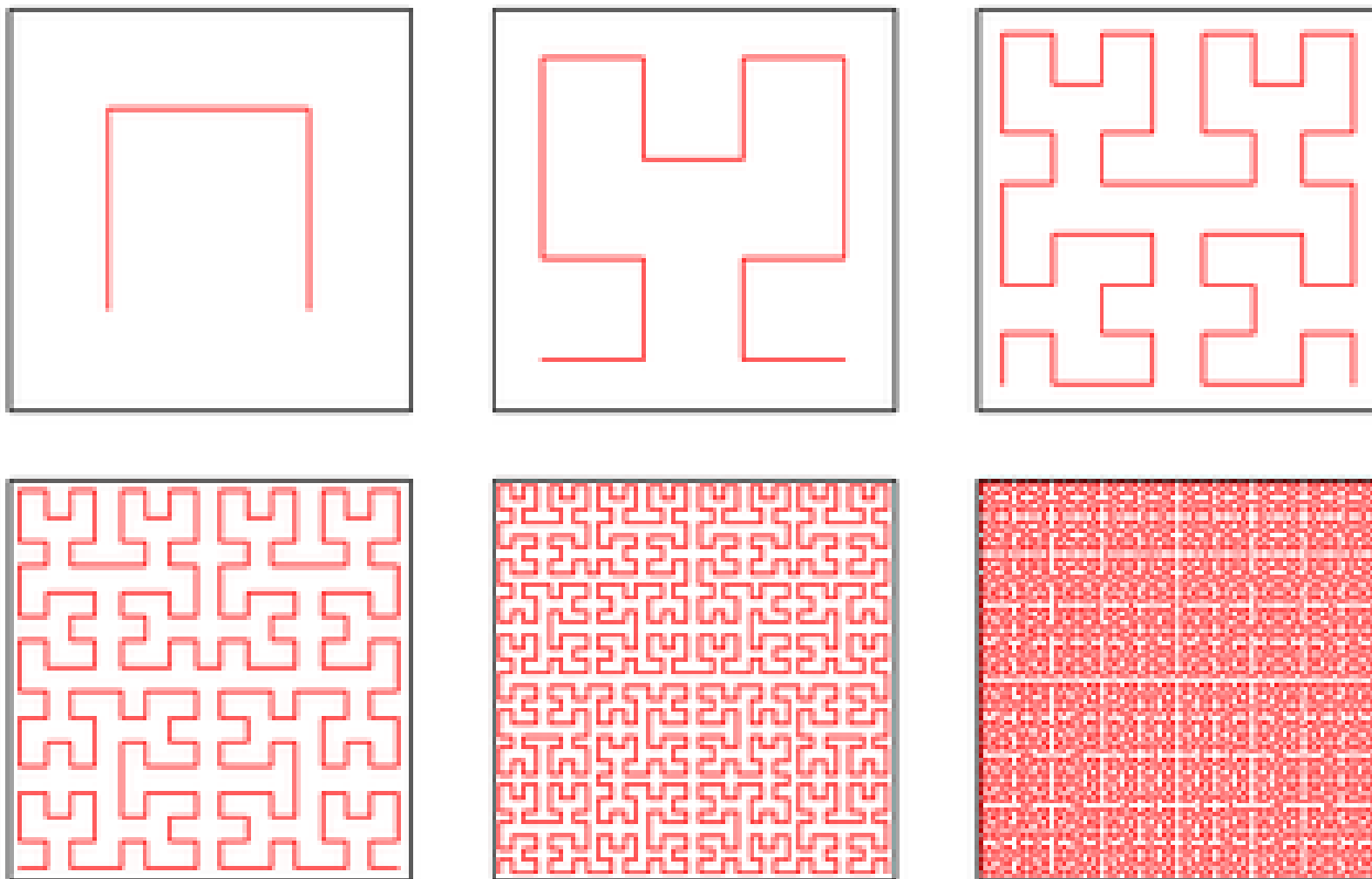


Рис.16 Кривая Пенно

Стохастические фракталы

Типичный представитель данного класса фракталов "Плазма". Для ее построения возьмем прямоугольник и для каждого его угла определим цвет. Далее находим центральную точку прямоугольника и раскрашиваем ее в цвет равный среднему арифметическому цветов по углам прямоугольника плюс некоторое случайное число. Чем больше случайное число — тем более "рваным" будет рисунок. Если мы теперь скажем, что цвет точки, это высота над уровнем моря — получим вместо плазмы — горный массив. Именно на этом принципе моделируются горы в большинстве программ.

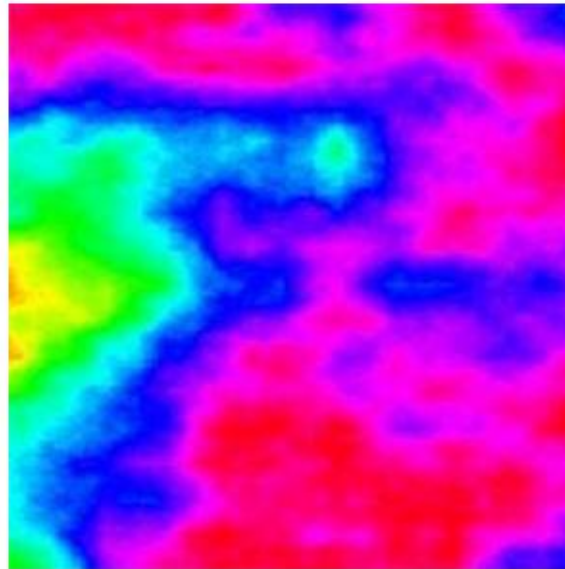


Рис.17 Фрактал Плазма





Спасибо за внимание!