

Компьютерная графика

<http://compgraph.tpu.ru/>

Лекции 36 часов

Лабораторные 36 часов

Дёмин Антон Юрьевич

Доцент каф. ИПС

Распределение учебного времени

Лекции		Лаб. работы		Промежуточный контроль	
Тема	Балл	Тема	Балл		Балл
Введение	1	Создание векторного изображения	7	Коллоквиум «Алгоритмы растровой графики и двумерные преобразования»	20
Обработка растровых изображений	2	Обработка растровых изображений	7		
Компьютерная геометрия. Двумерные преобразования	1	Реализация простейших алгоритмов КГ	8		
Компьютерная геометрия. Трехмерные преобразования и проекции	2	Двухмерные преобразования на плоскости	9	Коллоквиум «Трехмерные преобразования и создание реалистичных сцен»	20
Создание реалистичных сцен	3	Трехмерные преобразования в пространстве	9		
Стандарты машинной графики	1	Работа с графической библиотекой OpenGL	9		
Аппаратные средства машинной графики	1		0		
	11		49		40

Литература

- *Роджерс Д., Адамс Дж.* Математические основы машинной графики: Пер. с англ. — М.: Машиностроение, 1980. — 240 с., ил.
- *Роджерс Д.* Алгоритмические основы машинной графики: М., Мир, 1989.
- *Фоли Дж., вэн Дэм А.* Основы интерактивной машинной графики: В 2-х книгах. Кн. 1. Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 368 с., ил.
- *Фоли Дж., вэн Дэм А.* Основы интерактивной машинной графики: В 2-х книгах. Кн. 2. Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 368 с., ил.
- *Шикин Е. В., Боресков А. В.* Компьютерная графика. Полигональные модели. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2000. — 464 с.
- *Тихомиров Ю.В.* OpenGL: Создание реалистичных изображений. — М.: BSV, 1998. — 240 с., ил.
- *Краснов М. В.* OpenGL. Графика в проектах Delphi. — СПб.: БХВ-Петербург, 2001. — 352 с.

Компьютерная (машинная) графика –

это создание, хранение и обработка моделей объектов и их изображений с помощью ЭВМ.

Интерактивная графика –

раздел компьютерной графики, изучающий вопросы динамического управления со стороны пользователя содержанием изображения

Компьютерная геометрия –

математический аппарат, применяемый в компьютерной графике.



2D графика



3D графика



Геометрическое
моделирование

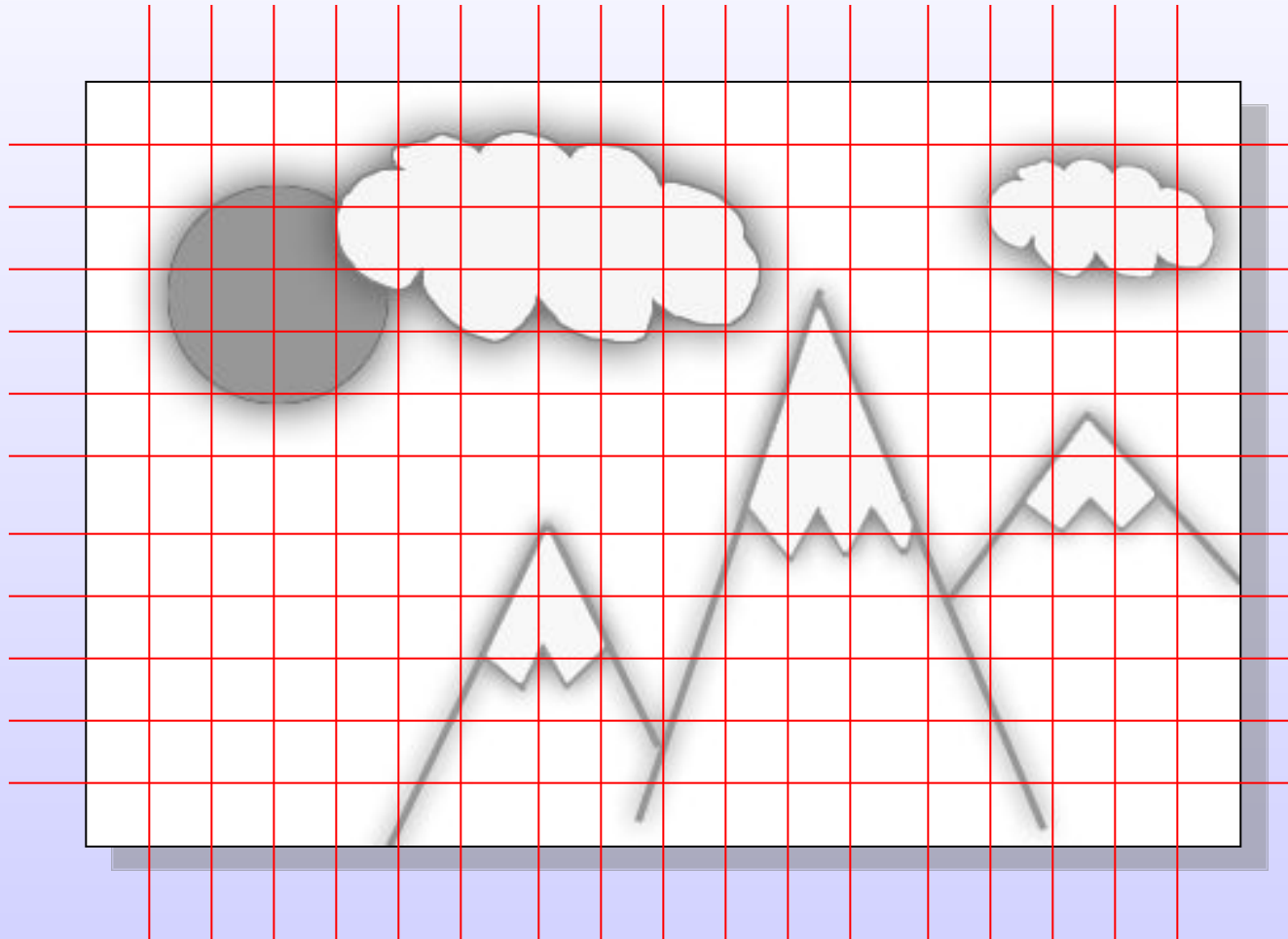
Способы представления изображений в памяти компьютера:

- растровое представление
- векторное представление
- представление с помощью фракталов

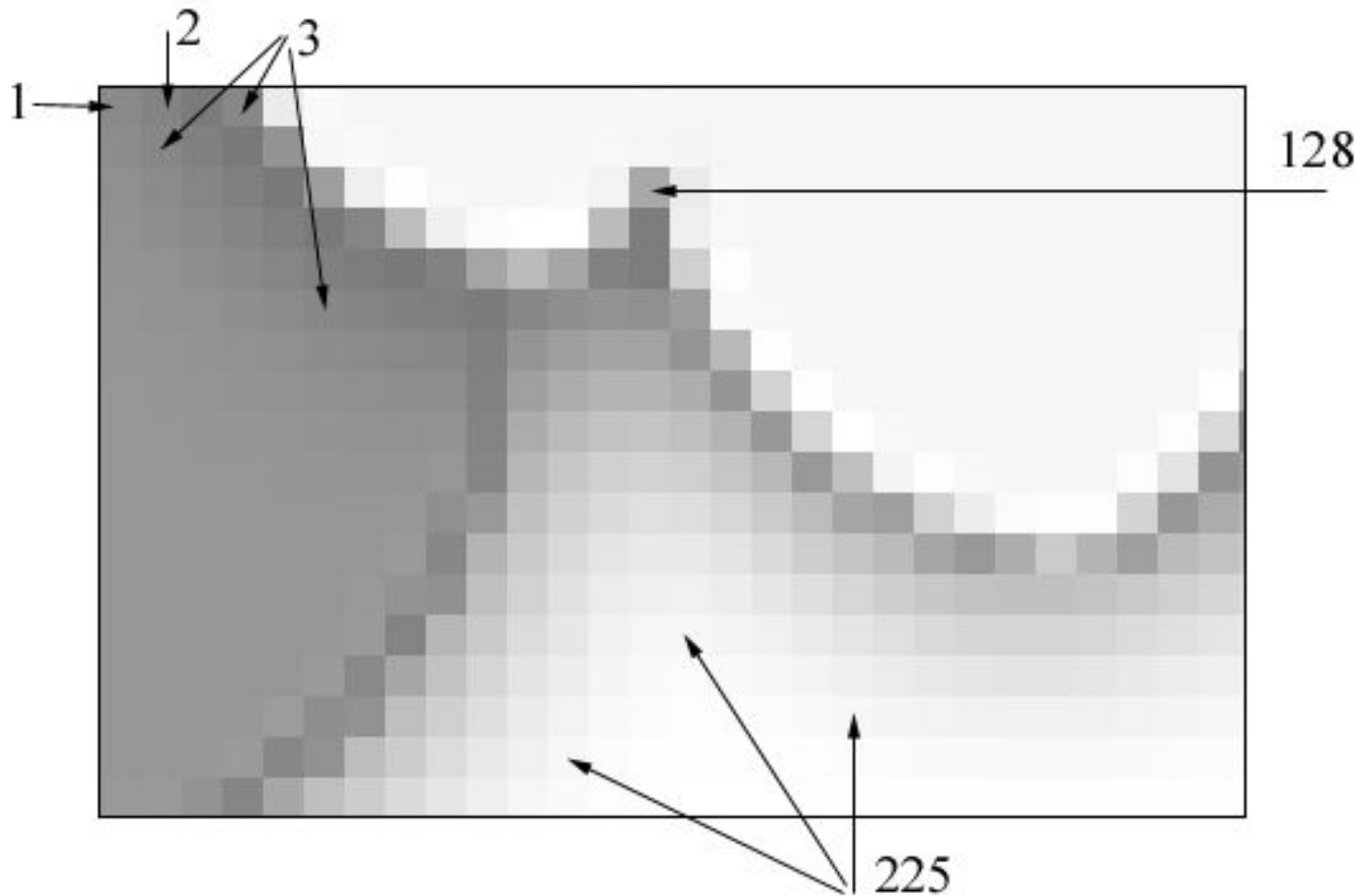
Растровая графика -

способ представления изображений в виде совокупности отдельных точек (пикселей) различных цветов и оттенков.

Растровая графика



Растровая графика



1,2,8,3,128,255,255,16,16

Пиксель –

мельчайший элемент растрового изображения.

P i x e l – P I X E L e m e n t -
«элемент изображения»

Недостатки растровой графики:

1. для хранения и обработки изображений высокого качества необходим большой объем памяти;
2. сложно манипулировать отдельными объектами при редактировании изображений;
3. ухудшается качество при масштабировании.

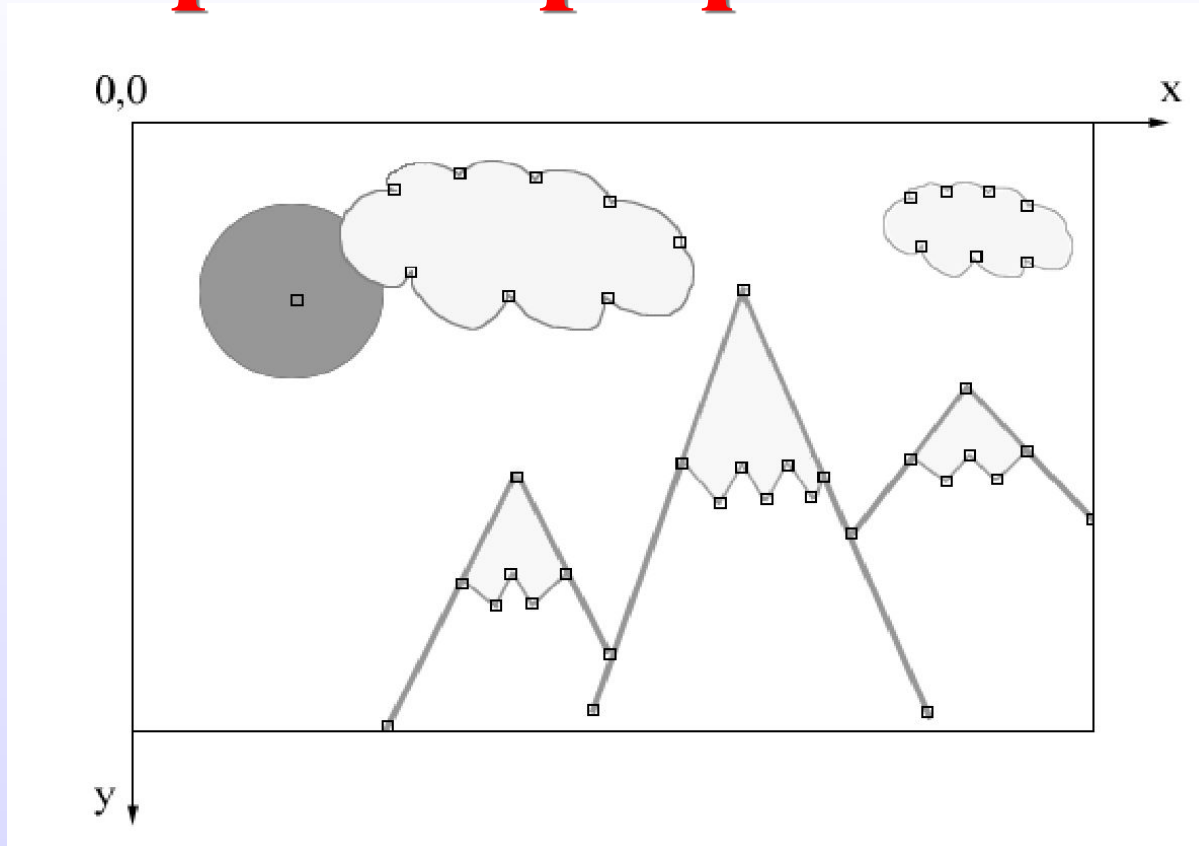
Векторная графика -

способ представления изображений в виде совокупности отдельных объектов (графических примитивов). Каждый примитив описывается математически относительно его узлов.

Достоинства векторной графики:

1. для хранения и обработки изображений высокого качества необходим небольшой объем памяти;
2. легко манипулировать отдельными объектами при редактировании изображений;
3. не ухудшается качество при масштабировании.

Векторная графика



Изображение представляет из себя массив описаний (БД графических примитивов). Например:

отрезок (20,20-100,80);

окружность(50,40-30);

кривая_Безье (20,20-50,30-100,50)

Сферы применения растровой графики:

- представление фотографий и фотореалистичных изображений.

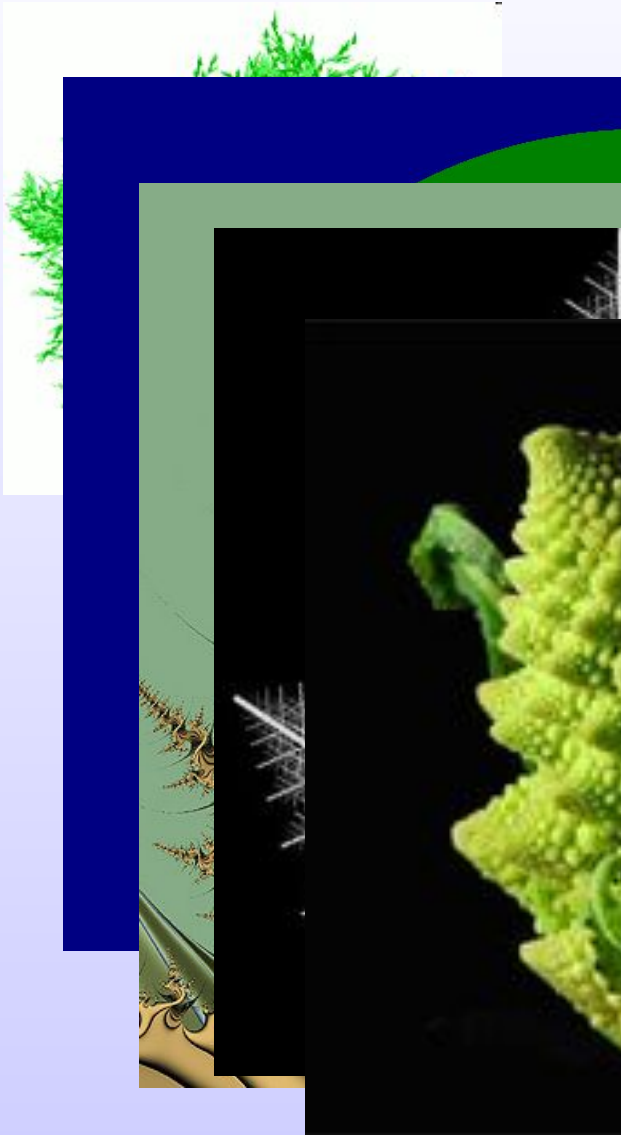
Сферы применения векторной графики:

- схемы
- планы
- чертежи
- диаграммы
- шрифты
- другие.

Фрактальная графика

- **Фрактал** — объект, отдельные элементы которого наследуют свойства родительских структур. Поскольку более детальное описание элементов меньшего масштаба происходит по простому алгоритму, описать такой объект можно всего лишь несколькими математическими уравнениями.
- Фракталы позволяют описывать целые классы изображений, для детального описания которых требуется относительно мало памяти. С другой стороны, к изображениям вне этих классов, фракталы применимы слабо.

Примеры фракталов



Параметры растровых изображений

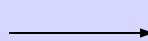
Разрешение (resolution) –

это степень детализации изображения, число пикселей отводимых на единицу площади.

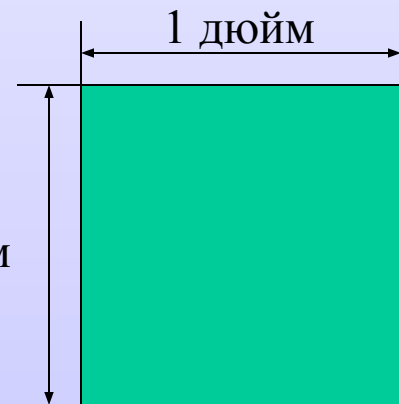
измеряется в точках на дюйм:

d p i - dots per inch

300 dpi



1 дюйм



300 точек

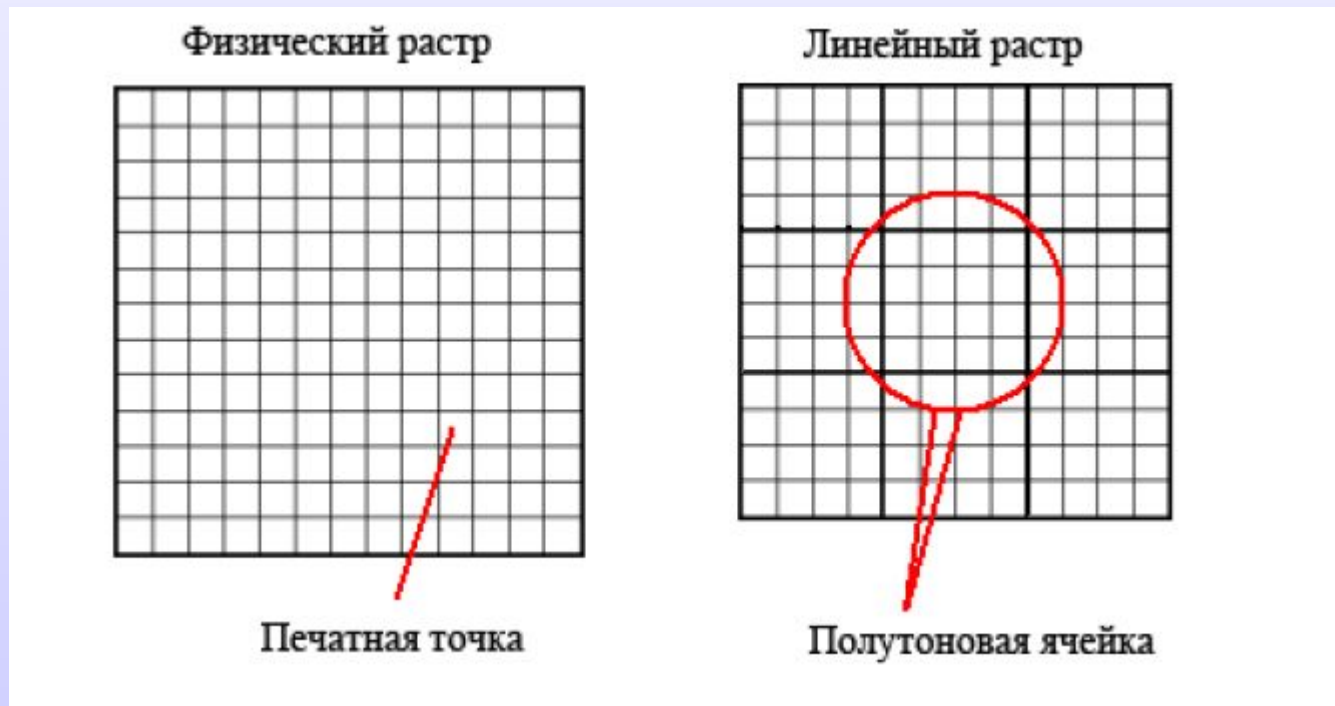
300 точек

Разрешение

- Разрешение оригинала *DPI*
- Разрешение экранного изображения *RPI*
- (*зависит от разрешения экрана, разрешения оригинала и масштаба*)
- Разрешение печатного изображения *LPI*

Полутоновое растрирование

Полутоновое растрирование (halftoning) – это способ имитации оттенков отдельными точками краски или тонера.

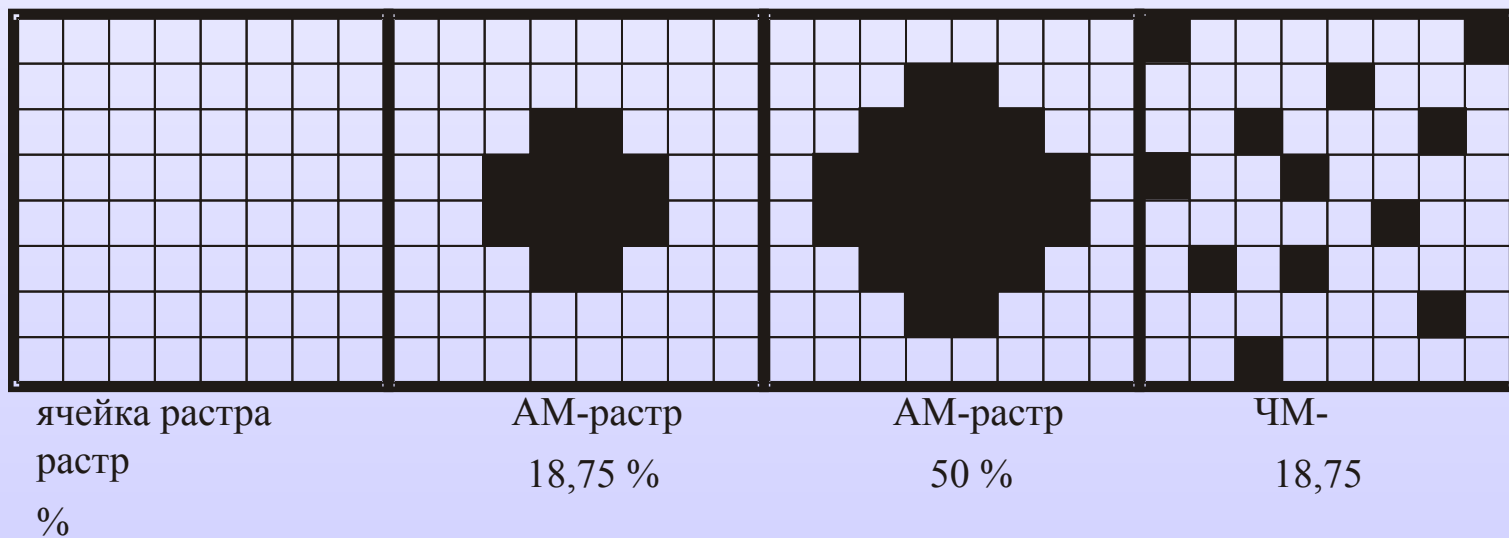


Линеатура (разрешение печатного изображения)

- ✓ Из полутоновых ячеек образуется еще одна сетка, именуемая *линейным растром*.
- ✓ Частота линейного растра или количество полутоновых ячеек на единицу длины называется *линеатурой* и измеряется в линиях на дюйм (line per inch, lpi).

Методы растрирования оригинала

При выводе на печать пиксели изображения представляются полутоновыми ячейками, а не точками физического растра печатающего устройства.

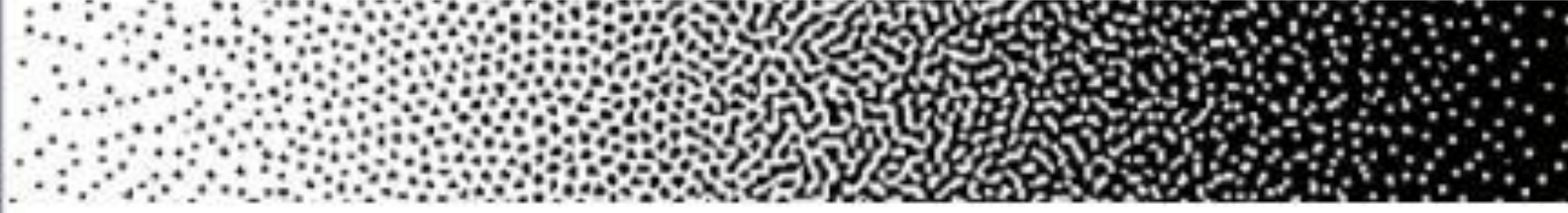
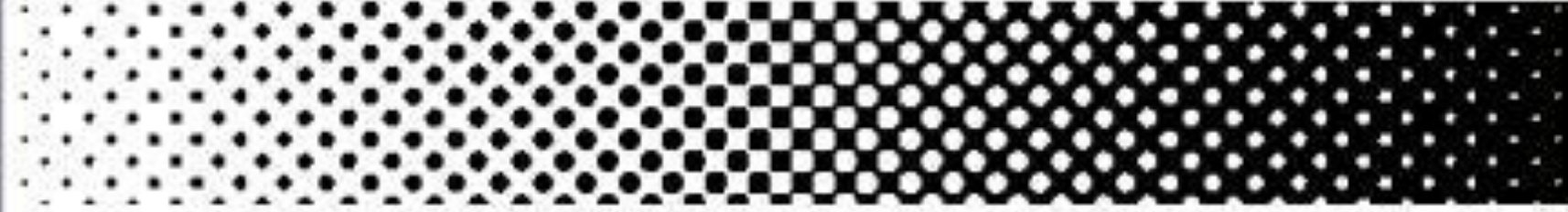


Традиционный
AM-растр

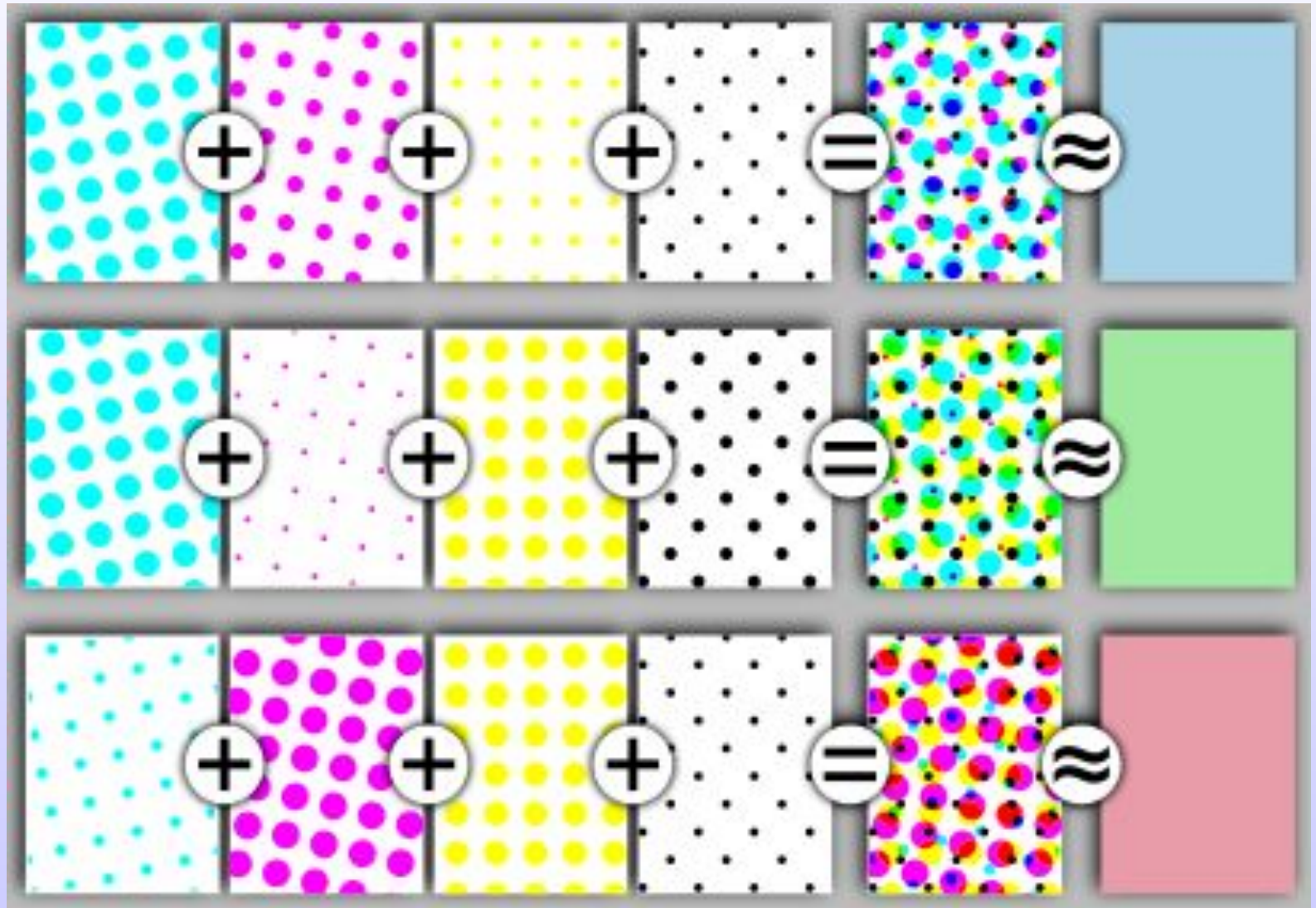
Стохастический растр
первого поколения

Стохастический растр
второго поколения

Гибридный
растр



Полутоновое растривание для цветных изображений

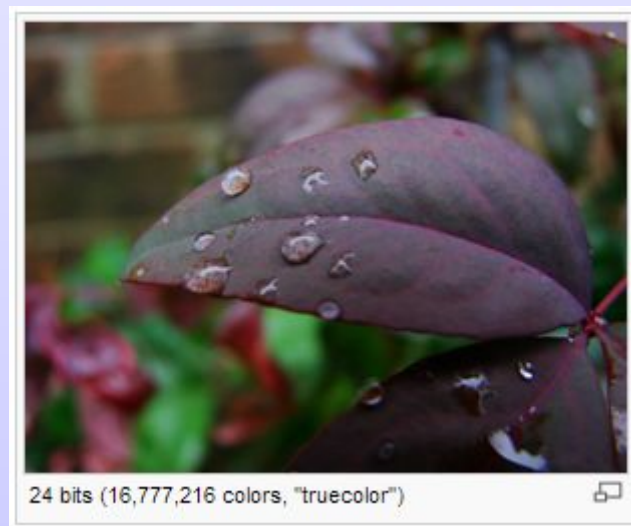
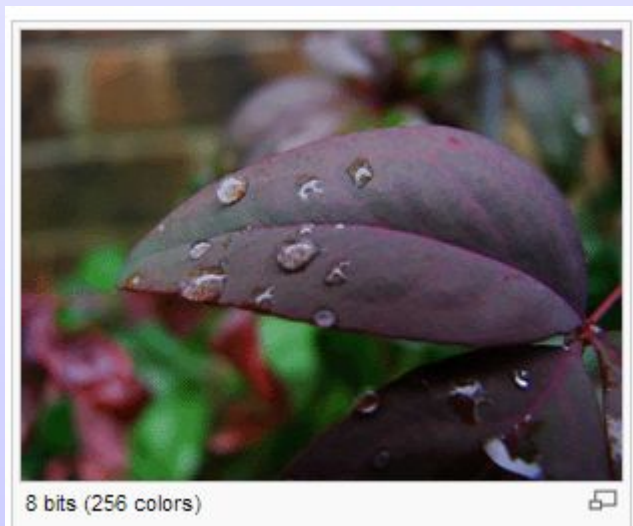
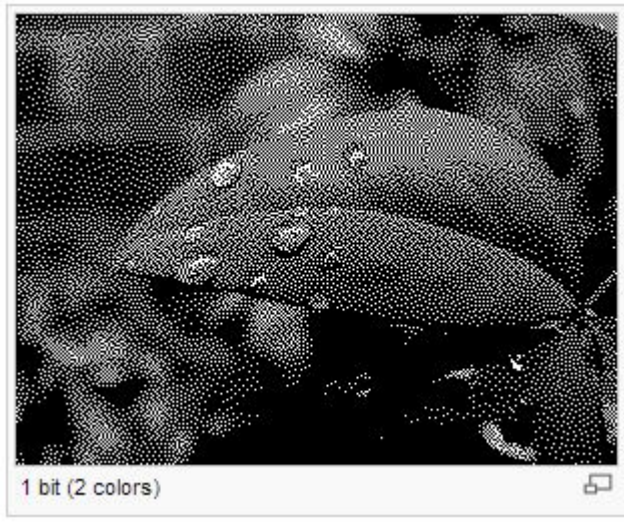


Глубина цвета –

это число бит, используемых для представления цвета каждого отдельного пикселя изображения, определяемое цветовым или тоновым диапазоном.

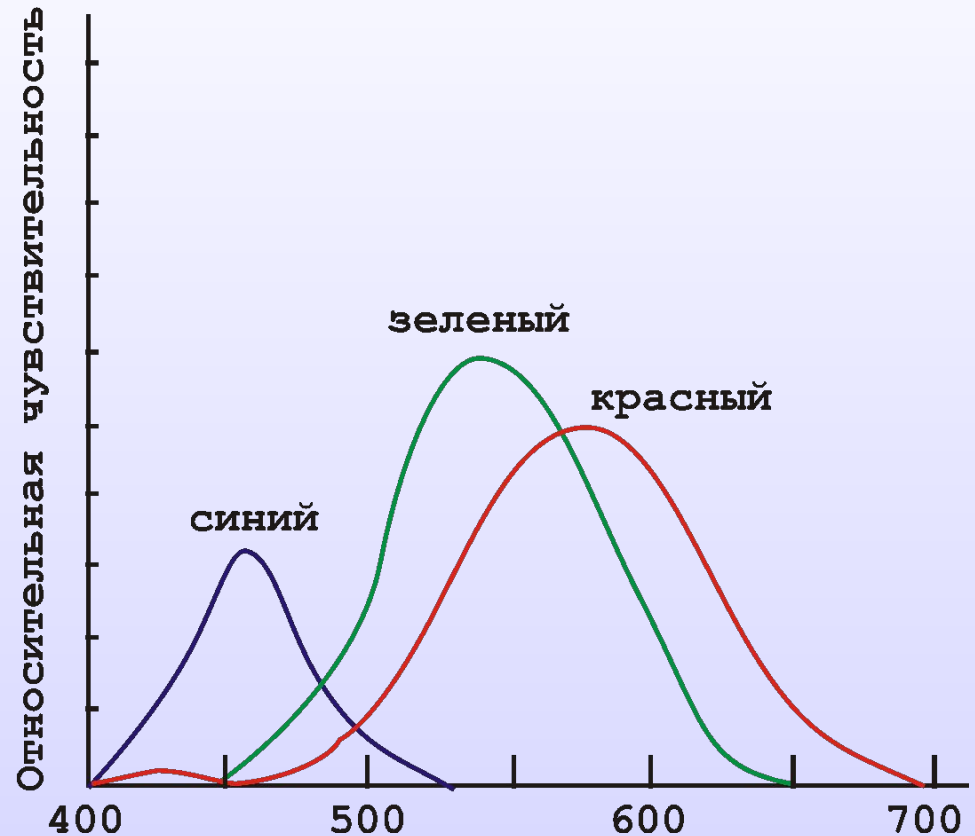
Стандарт	Глубина цвета	Кол-во цветов
VGA	8 бит	256
HighColor	16 бит	65536 цветов
TrueColor	24 бита	16,7 млн. цветов

Примеры изображений с разной глубиной цвета



Восприятие цветов

- Ахроматические цвета (ч/б, серый)
- Хроматические цвета
- Моно-хроматические цвета



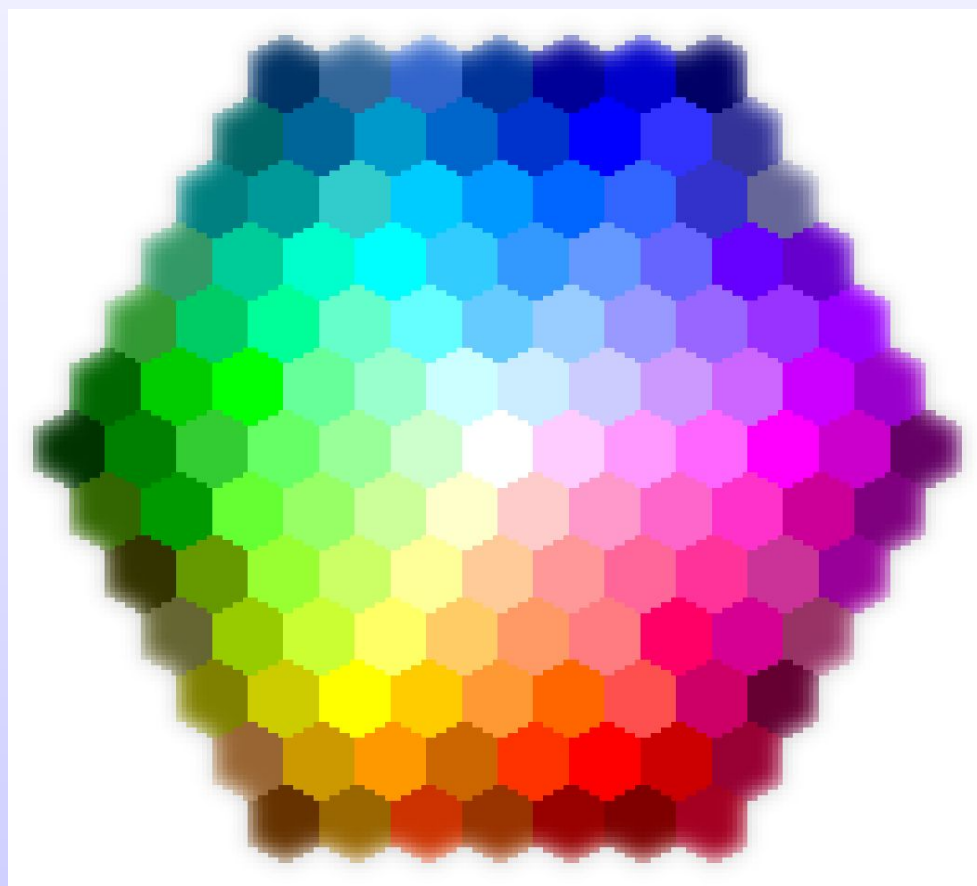
Кривые реакции глаза

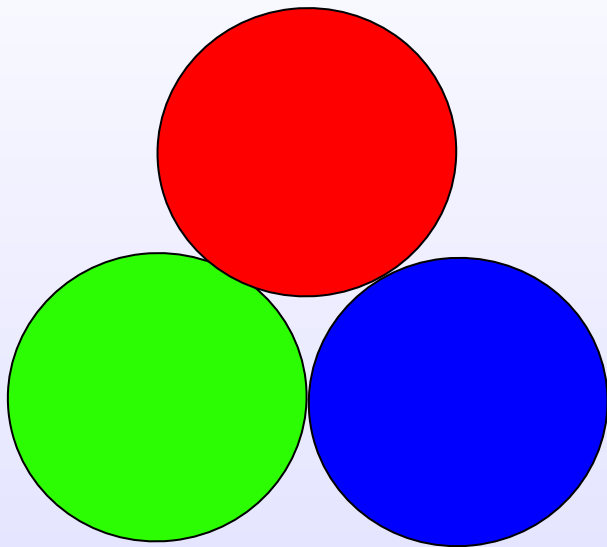
Характеристики цвета

- Физические характеристики светового потока определяются параметрами *мощности*, *яркости* и *освещенности*. Визуальные параметры ощущения цвета характеризуются *светлотой*, *насыщенностью* и *цветовым тоном*.
- *Светлота* – это различимость участков, сильнее или слабее отражающих свет.
- *Насыщенность* цвета показывает, насколько данный цвет отличается от монохроматического («чистого») излучения того же светового тона. Насыщенность позволяет отличать розовый от красного, голубой от синего.
- *Цветовой тон* позволяет различать основные цвета, такие, как красный, зеленый, синий.

Цветовая модель –

способ цифрового кодирования
ЦВЕТОВ.





красный

зеленый

синий



Red

Green

Blue

RGB

0..255

24 бит

16,7 млн.



(0, 0, 0)

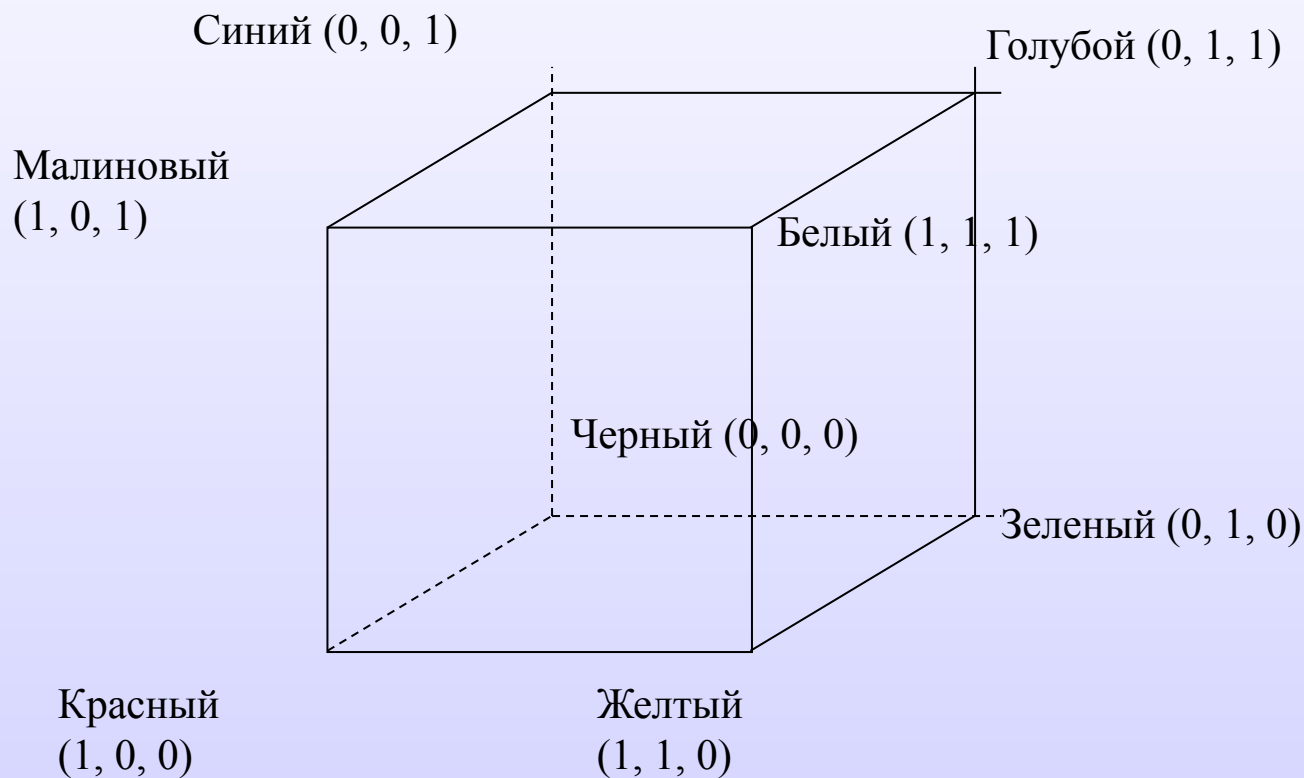


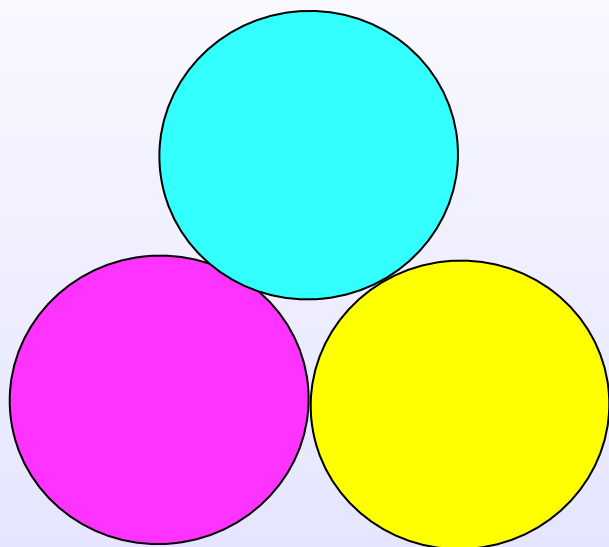
(255, 255, 255)



(100, 0, 100)

Цветовое пространство RGB





голубой

розовый

ЖЕЛТЫЙ



Cyan

Magenta

Yellow

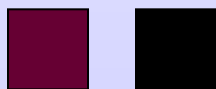
СМУК

0..255



(0, 0, 0)

24 бит



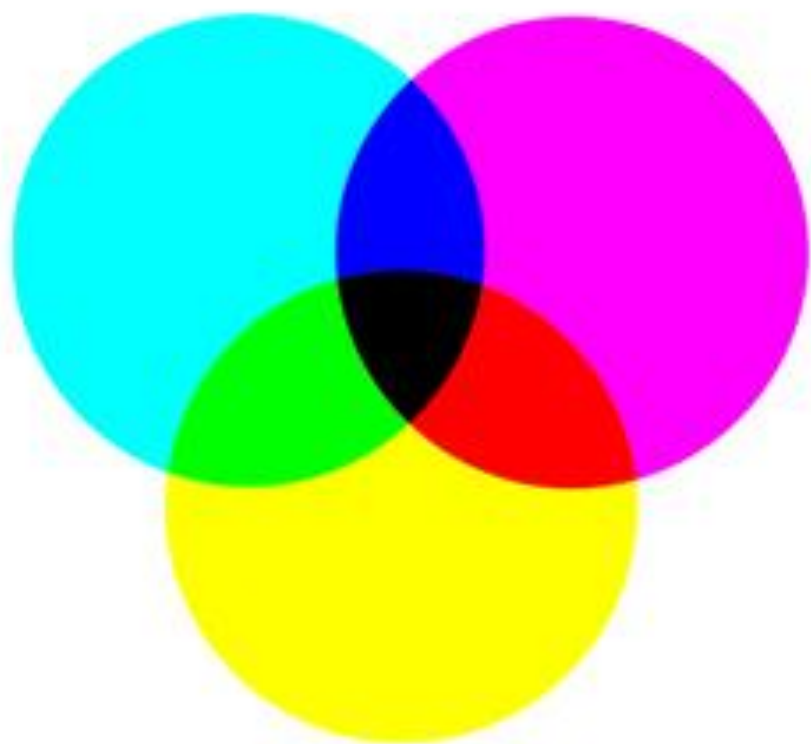
(255, 255, 255)

16,7 млн.

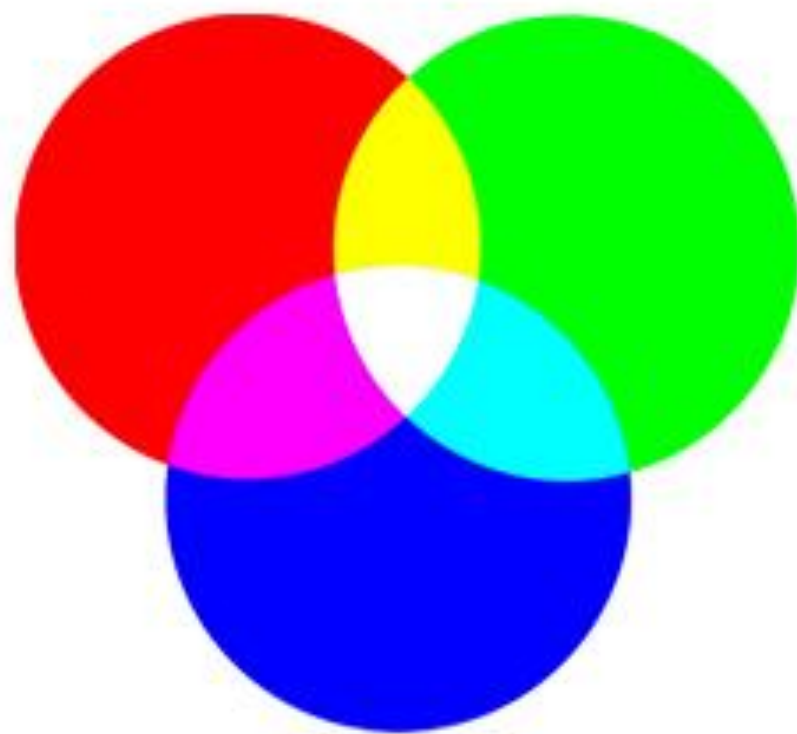


(100, 0, 100)

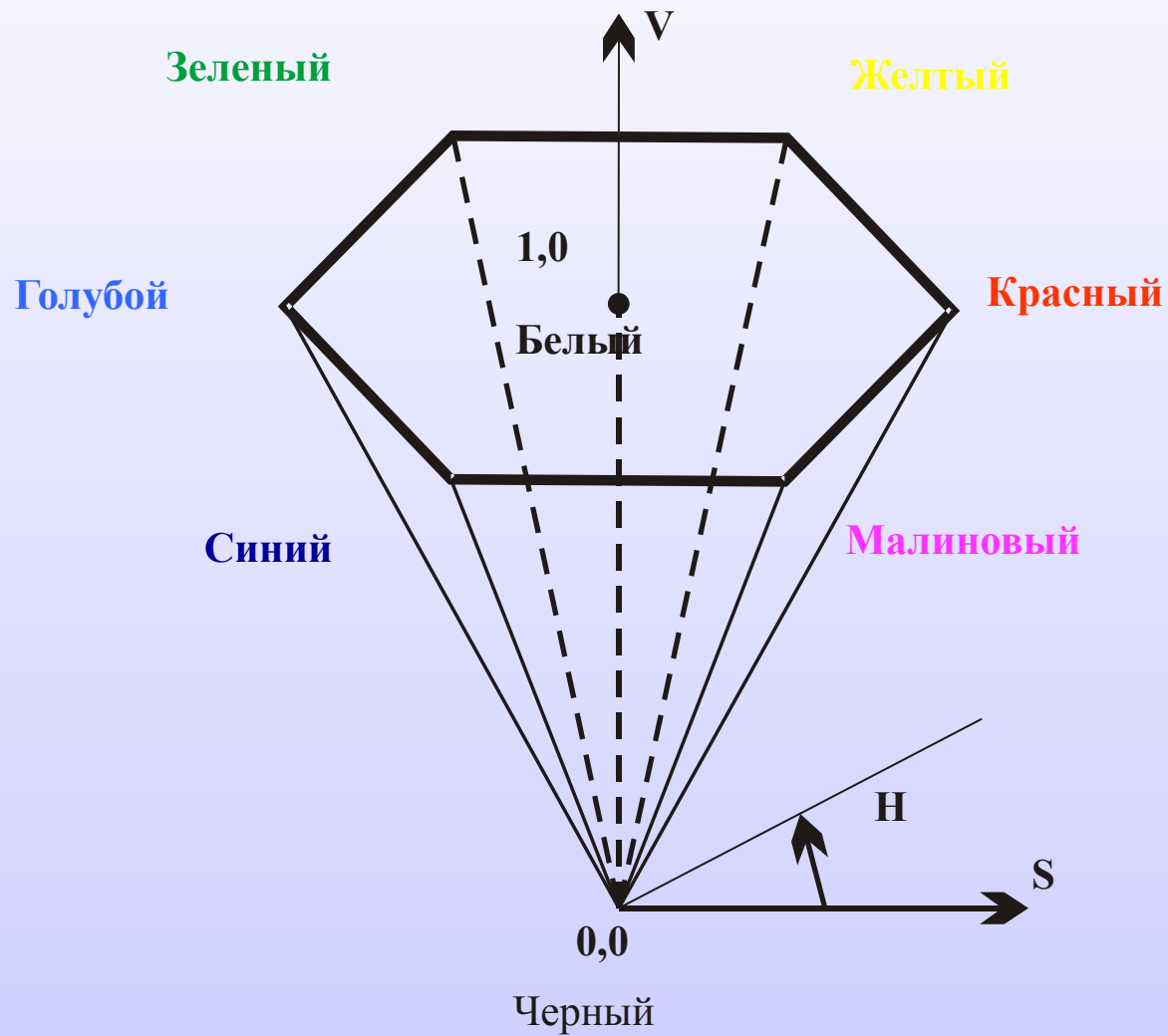
CMYK



RGB



HSV модель



Цветовой круг

Цветовой круг (Color wheel) — способ представления непрерывности цветовых переходов (в том числе и для модели HSB).

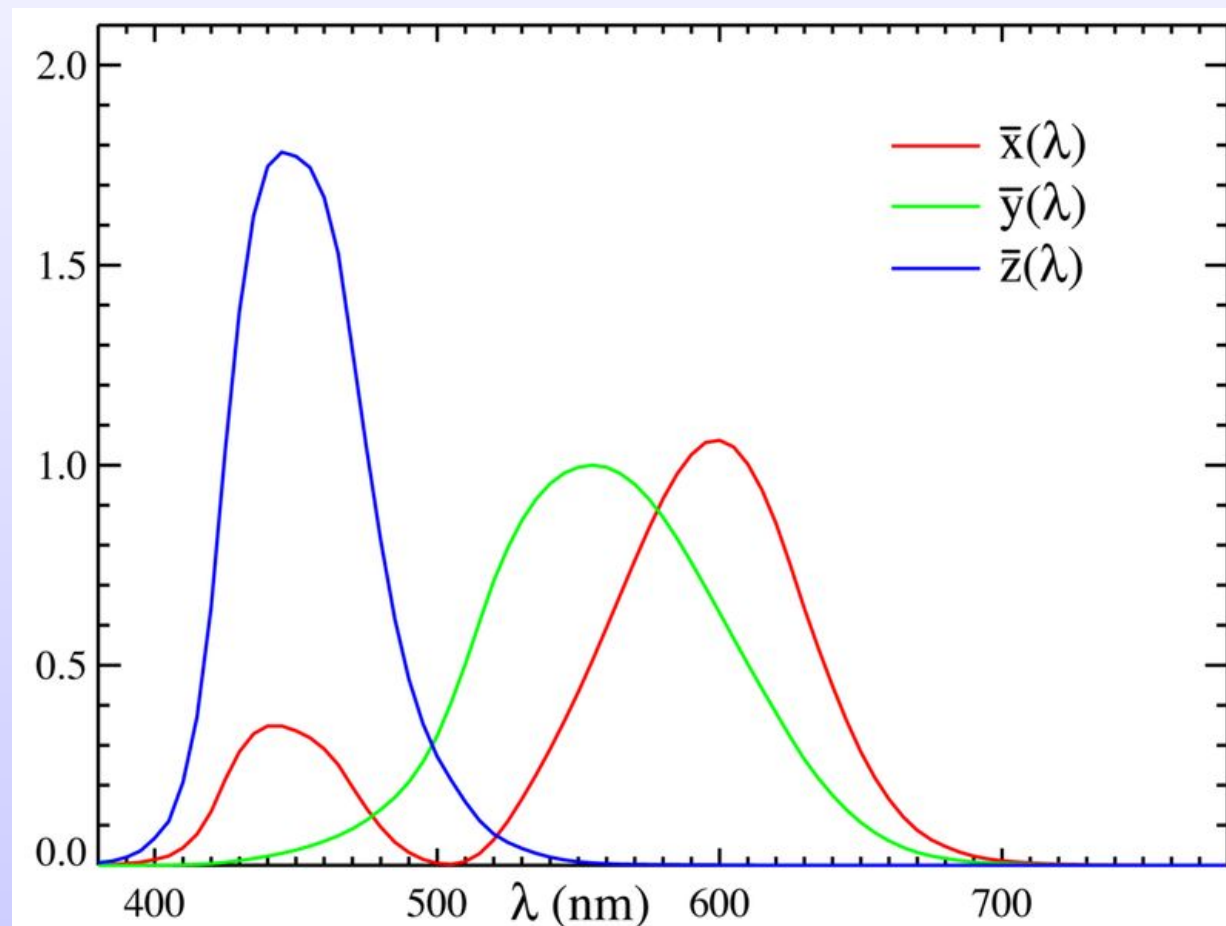
В цветовом круге на равном расстоянии друг от друга расположены чередующиеся первичные и вторичные цвета. Сложение двух основных цветов дает дополнительный цвет, расположенный между ними.

При смешении двух дополнительных цветов получается основной цвет, лежащий между ними.



XYZ модель

CIE XYZ — линейная 3-компонентная цветовая модель, основанная на результатах измерения характеристик человеческого глаза.



Модель xyY – нормированный вариант модели XYZ

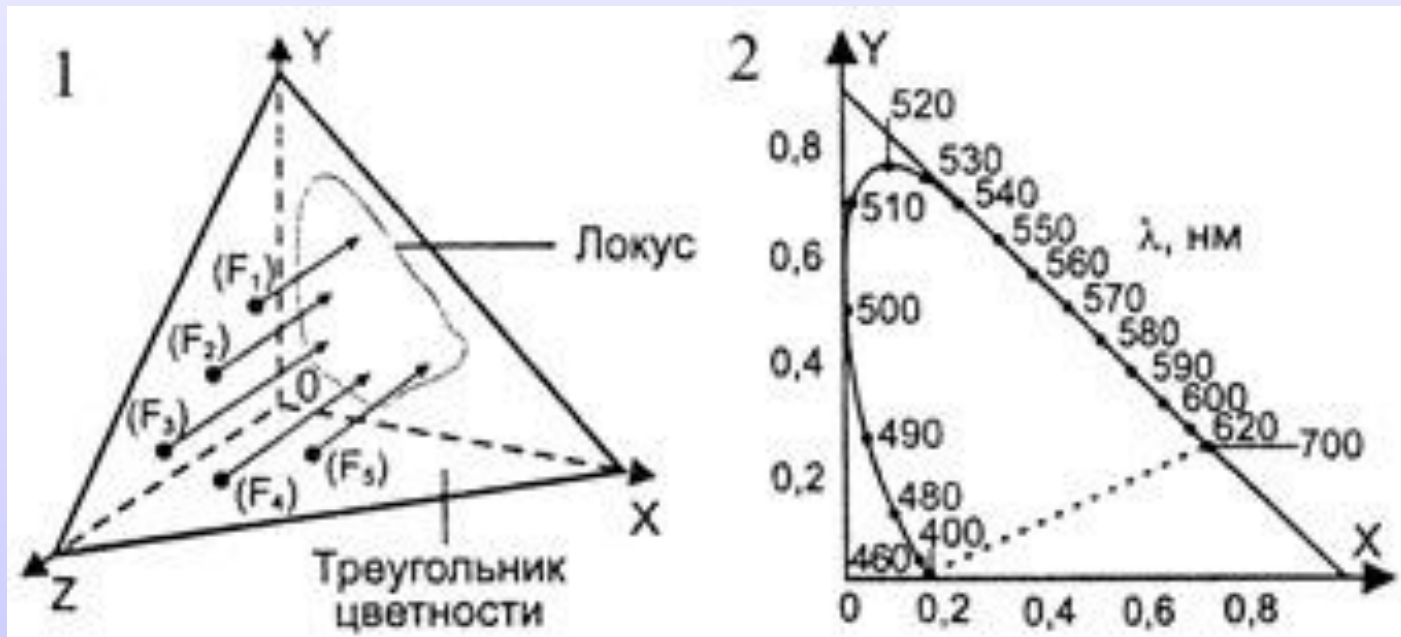
В xyY введены нормированные значения цветных координат:

$$x = X/(X + Y + Z),$$

$$y = Y/(X + Y + Z),$$

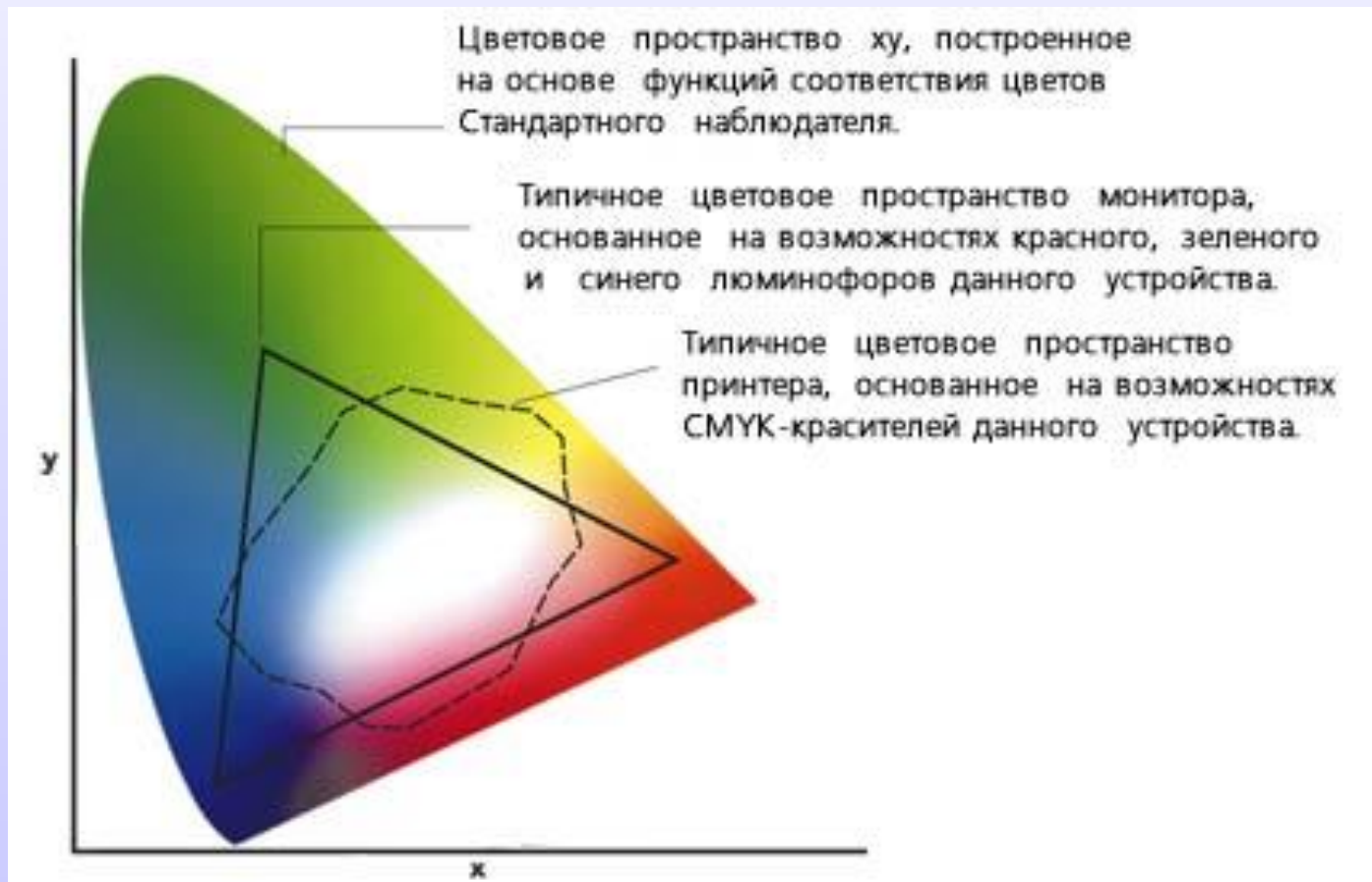
$$z = Z/(X + Y + Z),$$

где $x + y + z = 1$.



Локус и гамут

В координатах xu принято изображать *цветовой охват глаза (локус)*, включающий все наблюдаемые цвета. *Цветовые охваты (gamut)* всех реальных *устройств*, используемых в технологии работы с цветом, находятся внутри этого локуса.





10 x 15 см

300 dpi

3,9 x 5,9 дюйма

1170 x 1770 точек

= 2 000 000 точек

24 бит = 3 байт

2 000 000 x 3 = 6 Мб

Системы управления цветом Color management system (CMS)

CMS - аппаратно независимая система управления цветом, обеспечивающая передачу изображения от одного этапа обработки к следующему с минимальными потерями информации о цвете.

- CMS контролирует преобразование между представлением цвета различными устройствами (мониторами, цифровыми камерами, сканерами, принтерами и т.д.)

Параметры CMS

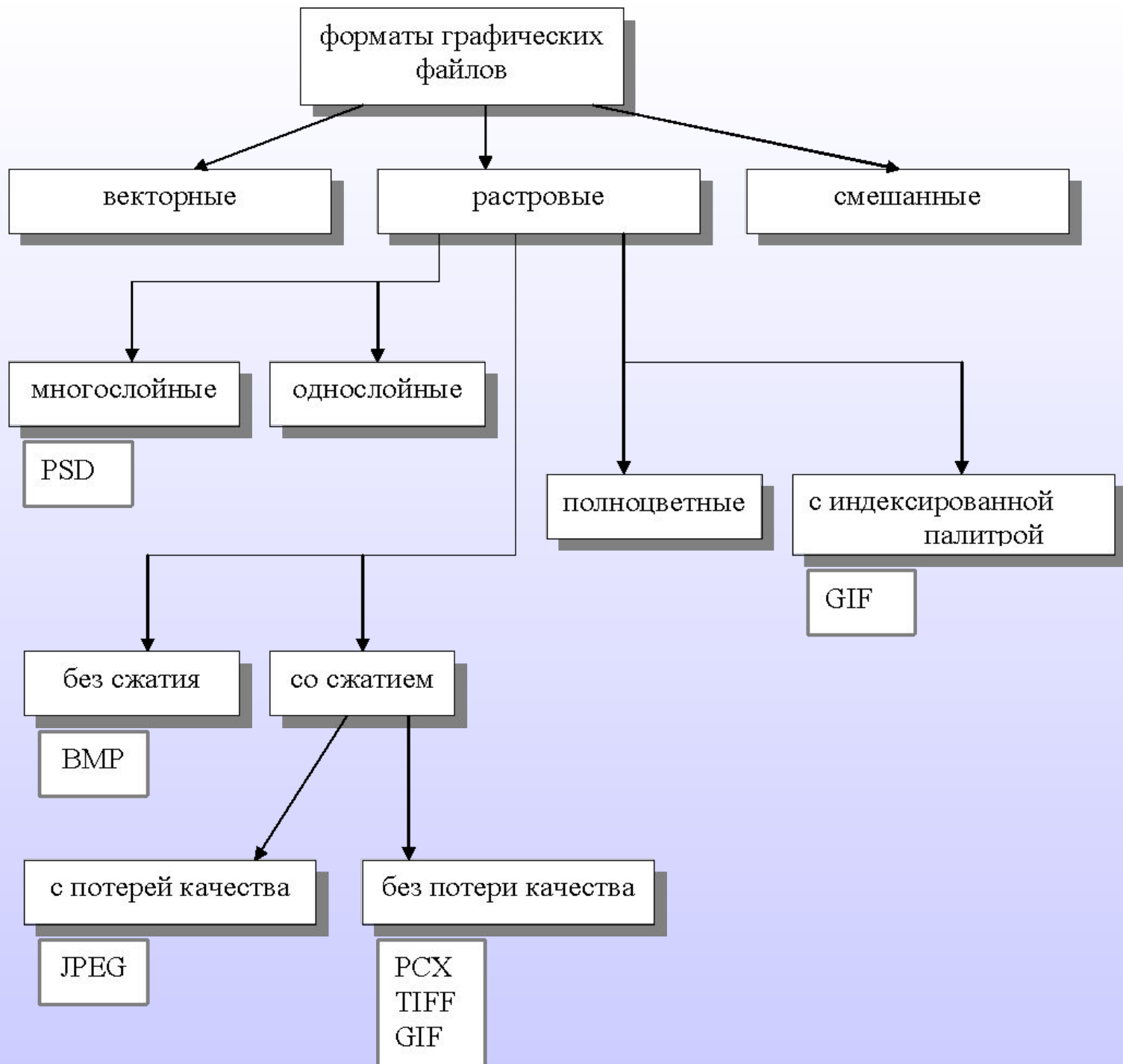
- **Цветовая охват устройства**
- **Профиль (Color Profile)** - это подробное описание цветовоспроизводящих свойств данного устройства. **Профиль** описывает различие в представлении цвета между устройством и определенной цветовой моделью.
- **Калибровка** – средства настройки конкретного экземпляра в соответствии с требованиями профиля ICC.

www.color.org Сайт ICC (International Color Consortium)

Принципы работы CMS

- любой цвет имеет координату в цветовой координатной системе;
- профайл устройства несет информацию о цветовоспроизводящих свойствах данного устройства;
- визуализация цифровых изображений всегда строится на принципе пересчета аппаратных данных источника (чаще устройства оцифровки) в цифровые координаты, а из них в аппаратные данные того устройства, на котором предполагается окончательная визуализация (тиражирование).





Форматы растровых графических файлов:

BMP - используется для работы с продуктами фирмы Microsoft.

TIFF - используется при сохранении отсканированного изображения, при подготовке к печати.

JPEG - используется для сохранения изображений, предназначенных только для просмотра на экране, представления фотографий на Web-страницах.

GIF - используется для представления на Web-страницах простых картинок и анимации.

BMP (Bitmap Picture)

Глубина цвета: 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 48 бит

Максимальные размеры изображения: 65535 x 65535

Поддержка алгоритма RLE (алгоритм кодирования повторов)

Поддерживаемые расширения: .bmp, .dib и .rle

Поддержка полноцветных и индексированных изображений

Поддерживается RLE сжатие

RLE (Run Length encoding)

Кодирование длин серий — алгоритм сжатия данных, который оперирует сериями данных, то есть последовательностями, в которых один и тот же символ встречается несколько раз подряд. При кодировании строка одинаковых символов, составляющих серию, заменяется строкой, которая содержит сам повторяющийся символ и количество его повторов.

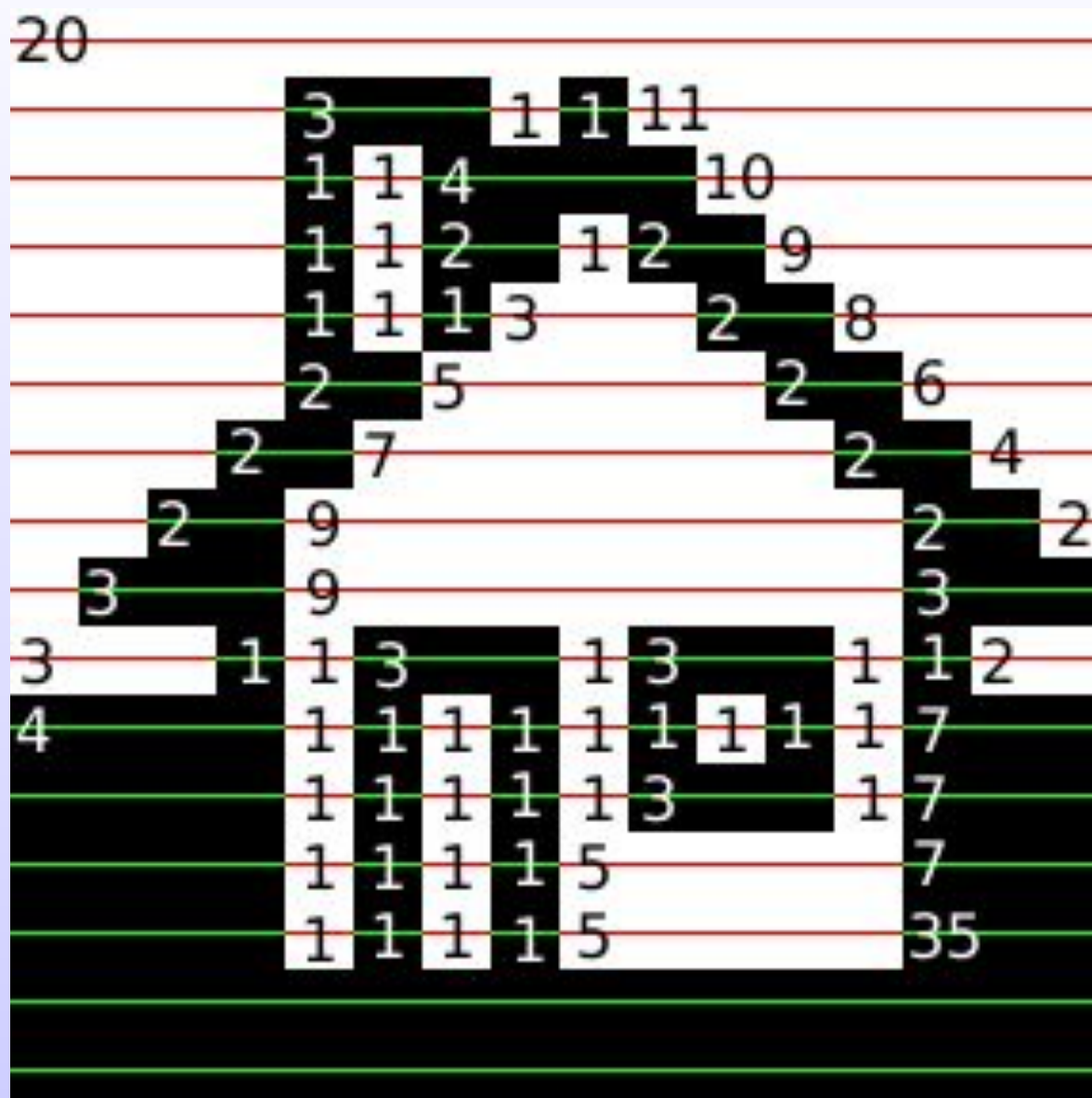
Исходная строка:

WWWWBWWWWBWWWWBWWWW

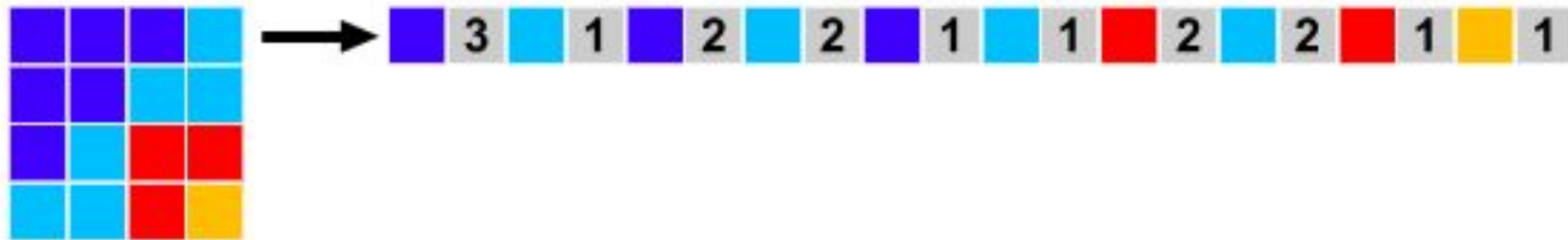
Результат:

4W1B4W3B4W1B4W

Пример RLE кодирования

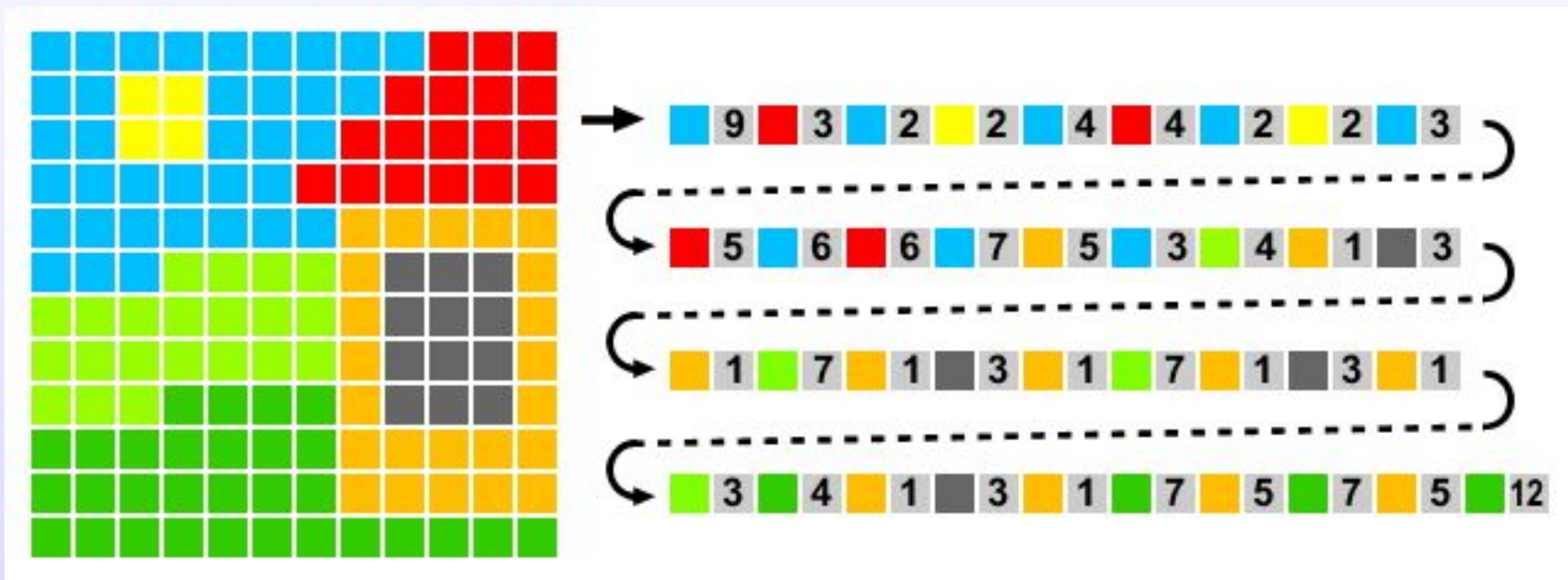


Увеличение размера на 25% при RLE



Исходное изображение – 16 байт, при использовании RLE кодирования получаем 20 байт. Коэф. сжатия - 125%

Уменьшения размера в 2 раза при RLE



Исходное изображение – 144 байта, при использовании RLE кодирования получаем 74 байта. Коэф. сжатия - 51%

TIFF (Tagged Image File Format)

Глубина цвета: 8, 16, 32, 64 бит при целочисленном кодировании
32, 64 бита при использовании чисел с плавающей точкой

Алгоритмы сжатия: **LZW, RLE, ZIP, LZ77, JBIG, Jpeg-LS**

Цветовые модели: **RGB, CMYK, YCbCr, CIE Lab**

Поддержка полноцветных и индексированных изображений

Алгоритм Лемпеля — Зива — Велча (Lempel-Ziv-Welch, LZW) — это универсальный алгоритм сжатия данных без потерь данных.

LZW-сжатие заменяет строки символов некоторыми кодами. Это делается без какого-либо анализа входного текста. Вместо этого при добавлении каждой новой строки символов просматривается уже существующая таблица строк. Сжатие происходит, когда код заменяет строку символов.

Пример LZW кодирования

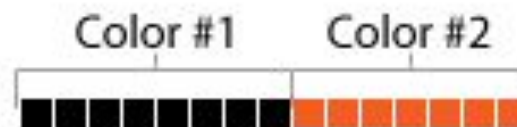
**Without LZW
compression**

- Color #1
is 0,0,0 (black)
- Color #2
is 243,92,35 (orange)

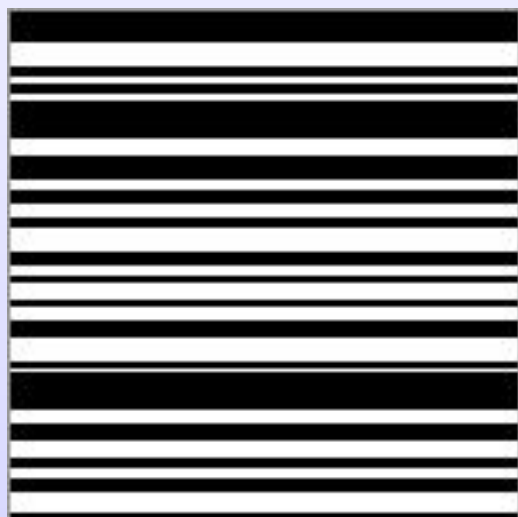


**With LZW
compression**

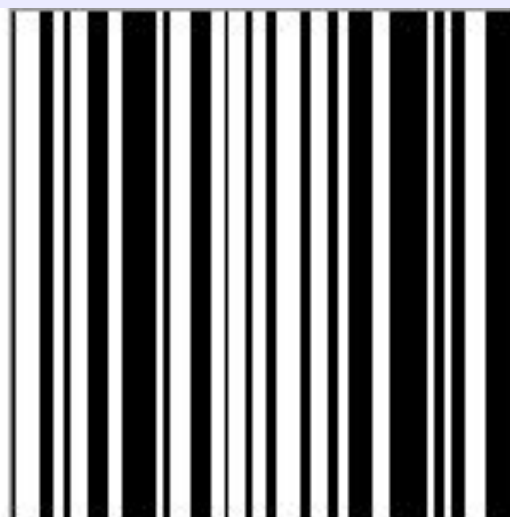
- Color #1
is 0,0,0 (black)
- Color #2
is 243,92,35 (orange)



LZW для горизонтальных и вертикальных последовательностей



150 x150px
345 bytes



150 x150px
2,096 bytes

GIF (Graphics Interchange Format)

Поддержка индексированных изображений

Палитра ограничена 256 цветами

Алгоритмы сжатия: **LZW**

Поддержка анимации, чересстрочных изображений (interlaced)

Индексированная палитра

Палитра — ограниченный набор цветов, который позволяет отобразить графическая система компьютера.

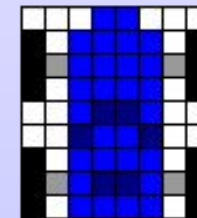
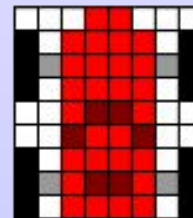
Принцип действия:

Из широкого цветового пространства выбираются любые N цветов, и их координаты (обычно: R , G и B) хранятся в специальной таблице — **палитре**. Данные растровой графики, использующие палитру, представляют собой массив, где хранятся номера (индексы) цветов в палитре.

0	0	0	1	1	0	0	0
3	0	1	1	1	1	0	3
3	4	1	1	1	1	4	3
3	0	1	1	1	1	0	3
0	0	1	2	2	1	0	0
0	0	2	1	1	2	0	0
3	0	1	1	1	1	0	3
3	4	1	2	2	1	4	3
3	0	1	1	1	1	0	3

0	white
1	red
2	dark red
3	black
4	gray

0	white
1	blue
2	dark blue
3	black
4	gray



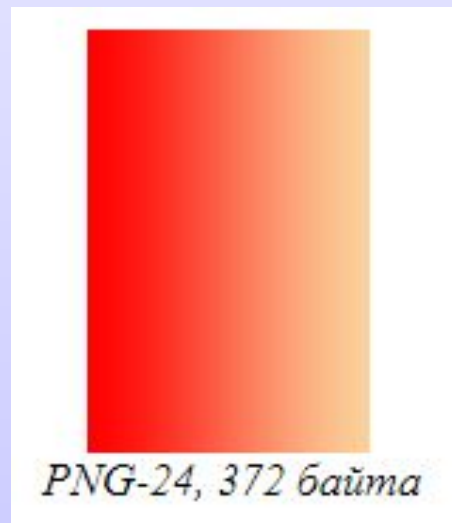
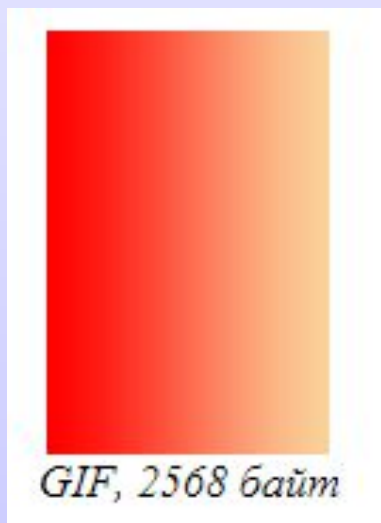
PNG (portable network graphics)

- Полутоновое изображение (16 бит);
- Цветное индексированное изображение (палитра 8 бит для цвета глубиной 24 бит);
- Полноцветное изображение (48 бит).

Алгоритм сжатия: *Deflate* (в отличие от LZW хорошо сжимает не только одноцветные горизонтальные области)

Поддержка *альфа-канала* (частичная прозрачность)

[*http://www.w3.org/TR/PNG/](http://www.w3.org/TR/PNG/)



JPEG (Joint Photographic Experts Group)

Разработан для сжатия полноцветных 24-битовых изображений

Этапы сжатия:

1. Преобразование изображения из RGB в модель YUV, основанной на характеристиках яркости и цветности
2. Изображение разделяется на квадратные участки размером 8x8 пикселей. После этого над каждым участком производится дискретное косинус-преобразование
3. Изображение представляется строками чисел, которые сжимаются по алгоритму Хаффмана

Можно сказать, что JPEG хранит скорость изменения цвета от пикселя к пикселю. Лишнюю с его точки зрения цветовую информацию он отбрасывает, усредняя некоторые значения. Чем выше уровень компрессии, тем больше данных отбрасывается и тем ниже качество

Пример потери качества в JPEG



Кодирование по Хаффману

Идея алгоритма состоит в следующем: зная вероятности символов в сообщении, можно описать процедуру построения кодов переменной длины, состоящих из целого количества битов.

Символам с большей вероятностью (которые встречаются чаще) ставятся в соответствие более короткие коды.

Коды Хаффмана обладают свойством префиксности (т.е. ни одно кодовое слово не является префиксом другого), что позволяет однозначно их декодировать.

Пример кодирования по Хаффману



Цвет	Частота	Код Хаффмана
	8	0
	4	10
	3	110
	1	111

0 0 110 0 0 1	10 0 10 10 0	0 110 0 10 1	0 111 ...
Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4

Полученный файл размером 28 бит = 3,5 байта. Сжатие до 21,8% от исходного.

Raw форматы

RAW— формат данных, содержащий необработанные (или обработанные в минимальной степени) данные, что позволяет избежать потерь информации.

RAW-файл не предназначен для непосредственной визуализации (без предварительной конвертации).

Достоинства:

- Гораздо больше полутонов за счёт большего числа бит в цифровом представлении
- Цветовой охват RAW включает все воспринимаемые камерой цвета
- Возможность некоторой коррекции экспозиции после съёмки.
- Возможность коррекции баланса белого, контраста, насыщенности, яркости и уровня, как если бы соответствующие настройки были установлены при фотографировании.
- Возможность коррекции недостатков объектива

Недостатки:

- Формат представлен множеством несовместимых видов
- Большой объем файлов
- Использовать RAW-файл напрямую для печати, как правило, невозможно

Расширения файлов RAW-изображений

.dng — Adobe

.arw,.srf,.sr2 — Sony

.bay — Casio

.crw,.cr2 — Canon

.dcr,.kdc — Kodak

.erf — Epson

.mrw — Minolta

.nef,.nrw — Nikon

.orf — Olympus

.raf — Fujifilm

.raw .rw1 .dng — Leica

.raw,rw2 — Panasonic

.ptx,.pef — Pentax

.srw — Samsung

ПО компьютерной графики

Растровые графические редакторы:

- Adobe Photoshop
- Corel PhotoPaint
- GIMP

Векторные графические редакторы:

- Corel Draw
- Adobe Illustrator
- Macromedia Freehand
- Inkscape

ПО компьютерной графики

- Настольные издательские системы (Desktop publishers (DTP)) - Adobe PageMaker, QuarkXPress
- Смешанные системы и имитаторы рисования – Corel Xara, Fractal Design Painter
- Векторизаторы – Adobe StreamLine
- Средства 3D графики – 3D Max Studio
- Средства САПР – AutoCAD, CompassGraphic
- Графические библиотеки и стандарты – OpenGL, DirectX
- Графические расширения и встроенные средства редактирования
- ПО для создания анимации – MscromediaFlash, MS GIF Constructor
- Средства Web-дизайнера
- Средства редактирования видео