

# Машинная графика Computer Graphics

Лекция 1.

# План лекции

- Предмет «Машинная графика» и его связь с обработкой изображений и распознаванием образов
- Курс «Машинная графика»
- Растровое и векторное представления изображений
- Векторные и растровые дисплеи
- Связность.
- Основные типы растровых изображений
- Области применения МГ
- Интерактивная МГ

# Типичное «определение» КГ

«Компьютерная графика (CG, КГ) — область применения компьютеров, в которой они используются как для синтеза изображений, так и для интеграции визуальной или объемной информации, полученной из реального мира.

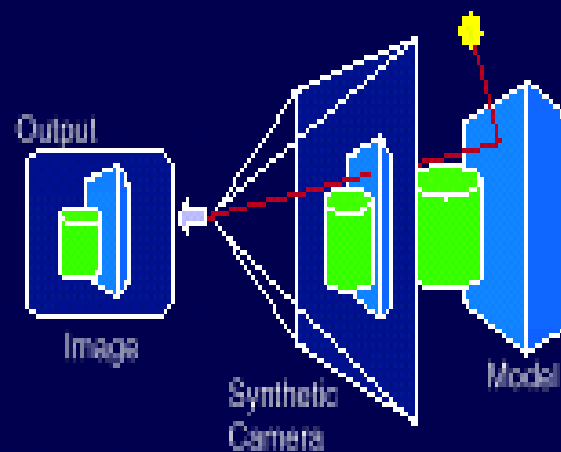
- Компьютерную графику можно разделить на несколько разделов:
- 3D-визуализация в реальном времени, используется, например, в видеоиграх;
- компьютерная анимация;
- захват и создание видео;
- создание специальных эффектов (часто применяется в кино и телевидении);
- редактирование изображений;
- моделирование (часто используется в инженерных и медицинских целях).»

IP -> CV -> CG

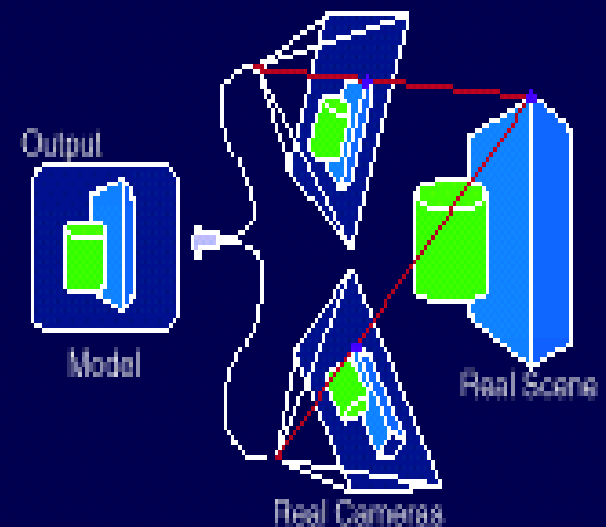


# Компьютерная графика & Компьютерное зрение

## Computer Graphics



## Computer Vision



# Изображение

Изображение **оптическое** – картина, получаемая в результате прохождения через оптическую систему лучей, распространяющихся от объекта, и воспроизводящая его контуры и детали.

*Физический энциклопедический словарь.*

Компьютерное представление изображения:

Функция интенсивности (яркости) канала

$$I = g(x, y), \{x \in [x_0, x_1], y \in [y_0, y_1]\}$$

Используется дискретное представление

$$I = g(i, j), \{i = \overline{1, n}, j \in \overline{1, m}\}$$

# Обработка изображений

Семейство методов и задач, где входной и выходной информацией являются изображения. Примеры :

- Устранение шума в изображениях
- Улучшение качества изображения
- Усиления полезной и подавления нежелательной (в контексте конкретной задачи) информации

*Step One: Get the frame from the videotape digitized with a frame-grabber*

---





*Step Two: Crop out the stuff that appears to be uninteresting (outside the plate edges)*

---



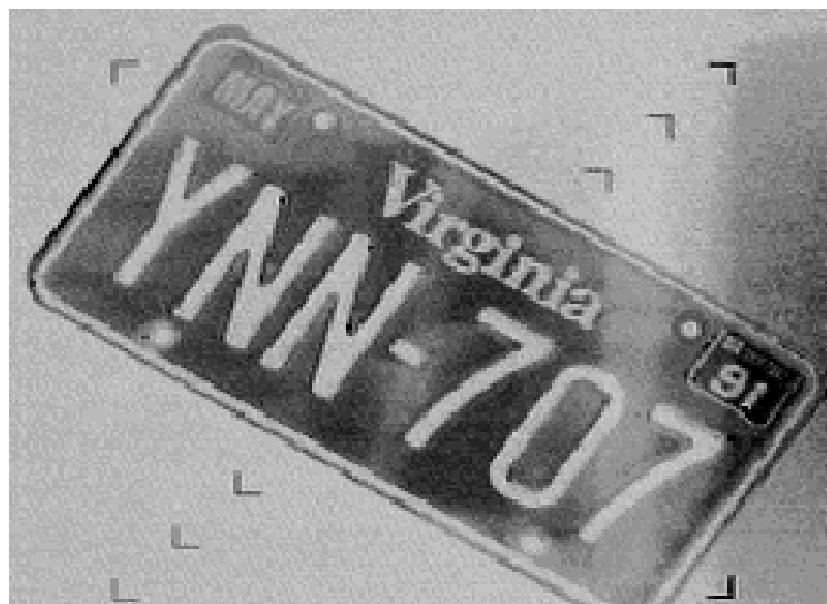
*Step Three: Use an edge-sharpening filter to add contrast to the plate number*

---



*Step Four: Remap the colors to enhance the contrast between the numbers and the plate itself*

---



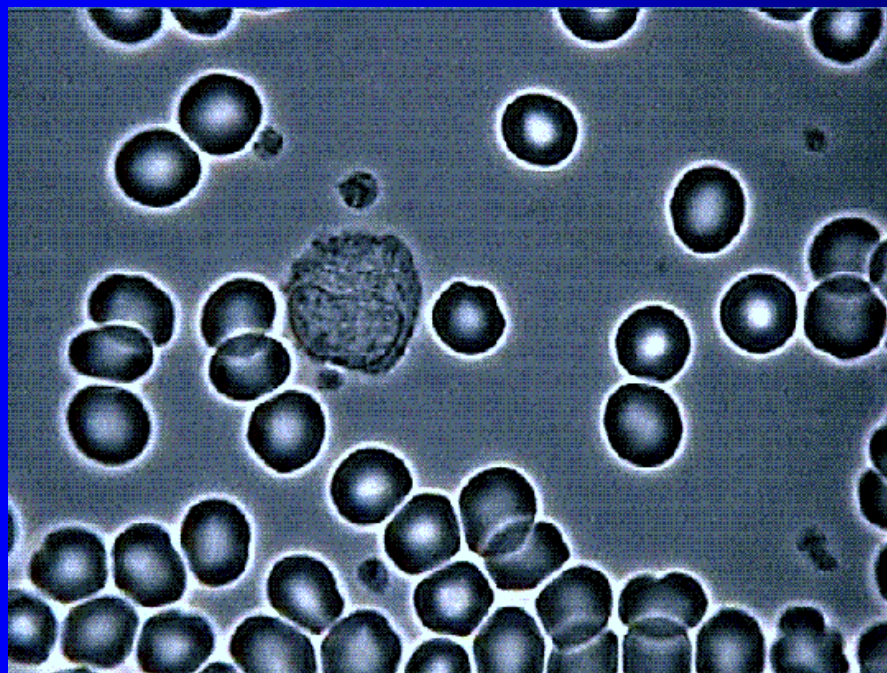
# Распознавание образов

Практически все приложения CV решают одну из (или обе) задачи:

- поиск определенных объектов на изображении
  - измерение параметров объектов на изображении
- 
- Медицинские приложения;
  - Дефектоскопия;
  - Анализ движущихся объектов в видеопотоке;
  - Поиск специальных объектов (маркеров);
  - Обнаружение естественных объектов;
  - Анализ спутниковых снимков;

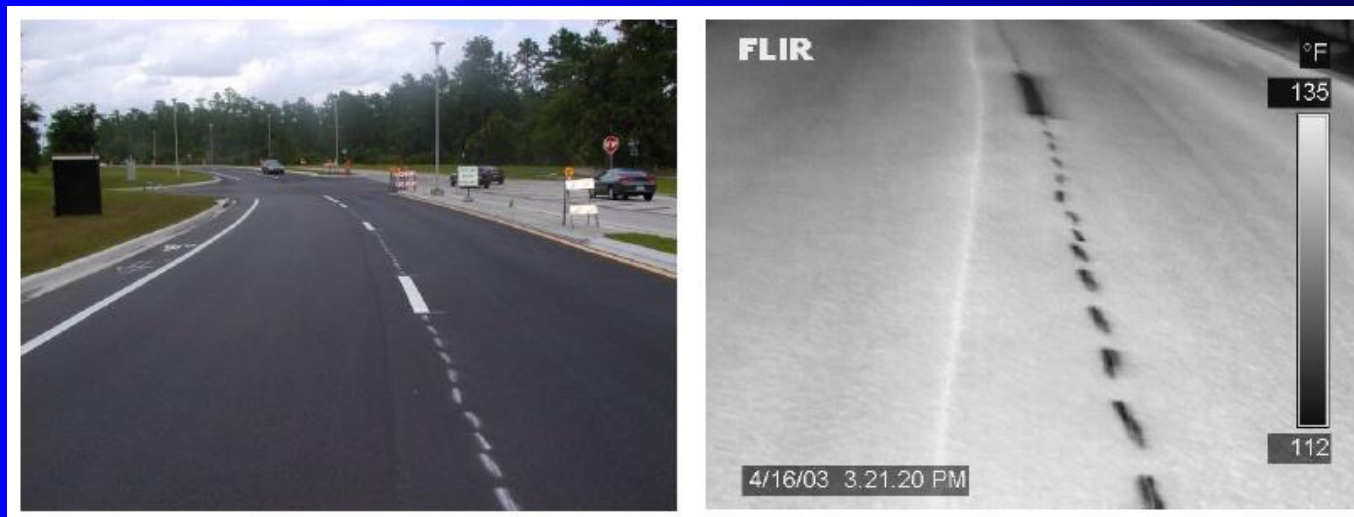
## Медицинские приложения

Пример – анализ концентрации клеток определенного типа в крови



# Неразрушающая диагностика

- Поиск и анализ дефектов без разрушения объекта исследования
- Автоматизированный поиск дефектов по изображениям



Пример – автоматический поиск трещин в асфальте по ИК изображениям

## Анализ движущихся объектов в видео

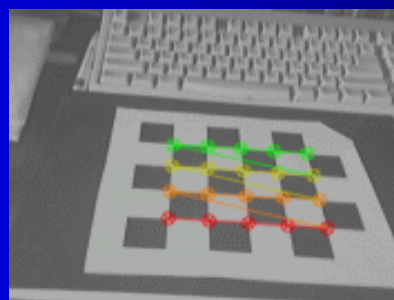
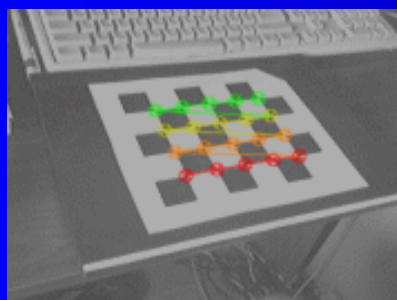


Обнаружение изменяющихся областей видео,  
анализ их формы и динамики изменения  
(обычно для систем безопасности)

## Поиск специальных объектов (маркеров)

Для решения ряда задач требуется обнаружение специальных маркеров на изображении:

- дорожные знаки, дорожная разметка
- объект для калибровки камеры





# Обнаружение естественных объектов

Примеры:

- Обнаружение лиц
- Обнаружение красных глаз на фото (для коррекции)
- Обнаружение антропометрических точек лица



# Обнаружение естественных объектов

Примеры:

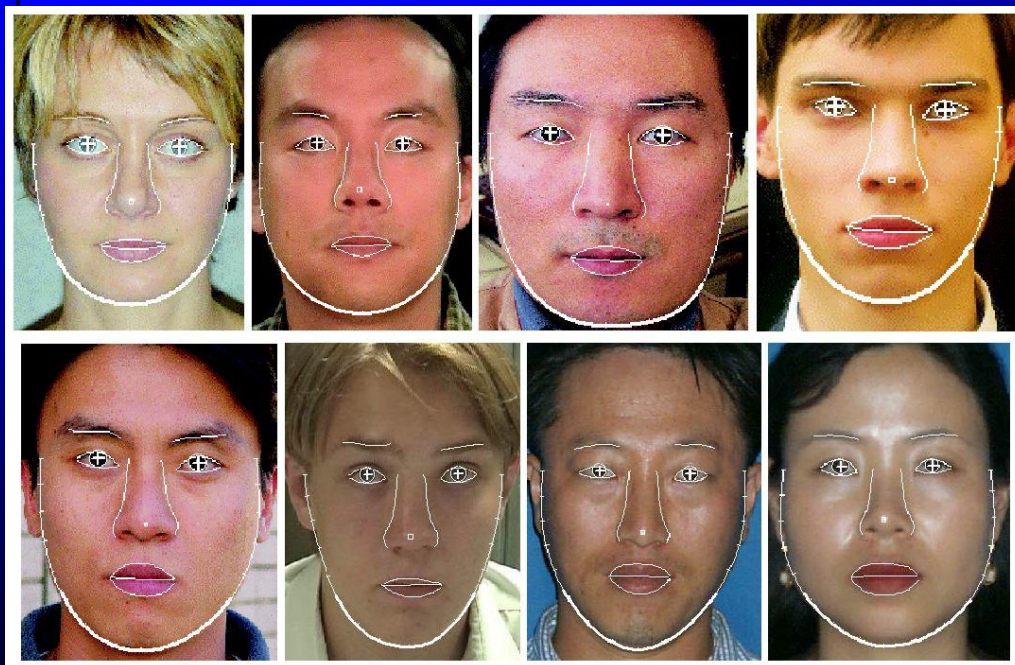
- Обнаружение лиц
- Обнаружение красных глаз на фото (для коррекции)
- Обнаружение антропометрических точек лица



# Обнаружение естественных объектов

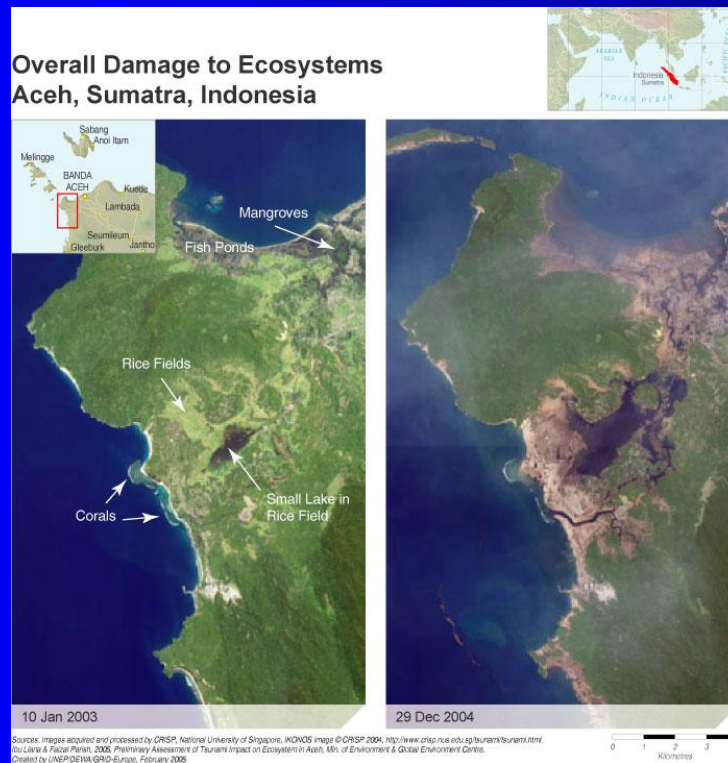
Примеры:

- Обнаружение лиц
- Обнаружение красных глаз на фото (для коррекции)
- Обнаружение антропометрических точек лица



# Анализ спутниковых снимков

- Погода
- Геологические процессы (напр. таяние ледников)
- Экология



# Курс лекций «Машинная графика»

- Растровая МГ на плоскости
  - алгоритмы построения отрезка и окружности, заливка
- Векторная МГ на плоскости и в пространстве
  - геометрические преобразования точек и отрезков
  - алгоритмы отсечения на плоскости и в пространстве
  - проекции
  - аппроксимация кривых на плоскости и в пространстве
  - аппроксимация поверхностей
- Формирование реалистичных изображений
  - удаление невидимых линий и поверхностей
  - цвет в машинной графике

## Основная литература

- Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики.- М: Мир, 1989.
- Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики.- М.: Машиностроение, 1980.
- -//- -//- -//- -//- -//- -//- -//- -//- -//- 2-е издание - М:Мир, 2000.
- Фоли Дж., вэн Дэм А. Основы интерактивной машинной графики.- М.:Мир, 1985, т.1-2.
- Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений, М.:Радио и связь, 1990.
- Корриган Дж. Компьютерная графика: секреты и решения.- М.: Диалог-МИФИ, 1995.
- Херн Д., Бейкер М. Микрокомпьютерная графика и стандарт OpenGL.- М.: "Вильямс", 2005.
- Аммерал Л. Машинная графика на персональных компьютерах.— М.:Сол Систем, 1992. В 4-х книгах.



# Краткая история МГ

- 1951 - проект WHIRLWIND, первая ЭВМ с дисплеем. "Было ясно, что дисплеи привлекают внимание потенциальных пользователей, а машинное кодирование - нет".
- 1961-63 - диссертация Ивана Сазерленда (Ivan Sutherland), описывающая принципы построения интерактивной системы эскизного рисования Sketchpad, MIT.
- 1964 - General Motors представила свою DAC-1 - систему автоматизированного проектирования, разработанную совместно с IBM.
- 1968 - первые запоминающие электронно-лучевые трубки
- 1970-е. Системы "под ключ" и растровые системы
- 1977 - первые персональные компьютеры: Apple-II, Commodore PET. ПК стимулировали развитие ПУ: недорогих графопостроителей и графических планшетов.

# Краткая история МГ

- 1980-е. уменьшение соотношения цена/производительность
- 1984 - **Apple Macintosh** с граф. интерфейсом пользователя
- 1985 - ANSI и ISO одобрили первый граф. стандарт GKS, который регламентировал состав базовых возможностей аппаратно-независимых программных приложений.
- 1986 - Autodesk выпускает свой первый Autocad
- 1988 - принят расширенный стандарт GKS-3D и стандарт PHIGS. Появление: PostScript от Adobe, OpenGL от Silicon Graphics и X Window System от консорциума во главе с МТИ.
- 1990-е стираются отличия между МГ и обработкой изображений
- 1991 и 1993 - фильмы «Терминатор-2» и «Парк Юрского периода» как новые стандарты фотореализма в графике
- 1995 - первый полнометражный векторный мультфильм “**История игрушек**” ...



# Основные направления развития МГ

1. «Виртуальная реальность» & игромания
2. Анимация = кинематография
3. CAD системы для автоматизированного проектирования,  
Интерактивная МГ

# История видеоадаптеров

**Видеоадаптер** (или видеоплата, видеокарта)- устройство для преобразования полученной от центрального процессора информации и команд в формат, который воспринимается электроникой монитора, для создания изображения на экране.

**MDA** (Monochrome Display Adapter - монохромный адаптер дисплея) - простейший видеоадаптер, применявшийся в первых IBM PC. Работает в **текстовом** режиме с разрешением **80x25** (**720x350**, матрица символа - 9x14), поддерживает пять атрибутов текста: обычный, яркий, инверсный, подчеркнутый и мигающий. Частота строчной развертки - **15 КГц**. Интерфейс с монитором - цифровой: сигналы синхронизации, основной видеосигнал, дополнительный сигнал яркости.

**HGC** (Hercules Graphics Card - графическая карта Hercules) - расширение MDA с графическим режимом **720x348** (монохромный), разработанное фирмой **Hercules**.

# История видеоадаптеров

**CGA** (Color Graphics Adapter - цветной графический адаптер) - первый адаптер с графическими возможностями. Работает либо в **текстовом** режиме с разрешениями **40x25** и **80x25** (матрица символа - 8x8), либо в **графическом** с разрешениями **320x200** или **640x200**. В **текстовых** режимах доступно **256** атрибутов символа - 16 цветов символа и 16 цветов фона (либо 8 цветов фона и атрибут мигания), в **графических** режимах доступно четыре палитры по четыре цвета каждая в режиме **320x200**, режим **640x200** - монохромный. Вывод информации на экран требовал синхронизации с разверткой, в противном случае возникали конфликты по видеопамяти, проявляющиеся в виде "снега" на экране. Частота строчной развертки - **15 КГц**. Интерфейс с монитором - цифровой: сигналы синхронизации, основной видеосигнал (три канала - красный, зеленый, синий), дополнительный сигнал яркости.

# История видеоадаптеров

**EGA** (Enhanced Graphics Adapter - улучшенный графический адаптер) - дальнейшее развитие CGA, примененное в первых PC AT. Добавлено разрешение **640x350**, что в текстовых режимах дает формат **80x25** при матрице символа 8x14 и **80x43** - при матрице 8x8. Количество одновременно отображаемых цветов - по-прежнему **16**, однако палитра расширена до **64** цветов (по два разряда яркости на каждый цвет). Введен **промежуточный буфер** для передаваемого на монитор потока данных, благодаря чему отпала необходимость в синхронизации при выводе в текстовых режимах. Видеопамять основана на **битовых плоскостях** - "слоях", каждый из которых в графическом режиме содержит биты только своего цвета, а в текстовых режимах по плоскостям разделяются собственно текст и данные знакогенератора. Совместим с MDA и CGA. Частоты строчной развертки - **15 и 18 КГц**. Интерфейс с монитором - цифровой: сигналы синхронизации, видеосигнал (по две линии на каждый из основных цветов).

# История видеоадаптеров

**MCGA** (Multicolor Graphics Adapter - многоцветный графический адаптер) - введен фирмой IBM в ранних моделях PS/2. Добавлено разрешение **640x400** (текст), что дает формат 80x25 при символе 8x16 и **80x50** - при 8x8. Количество воспроизводимых цветов увеличено до **262144** (по 64 уровня на каждый из основных цветов). Помимо палитры, введено понятие таблицы цветов, через которую выполняется преобразование 64-цветного пространства цветов EGA в пространство цветов MCGA. Введен **видеорежим 320x200x256**, в котором вместо битовых плоскостей используется представление экрана непрерывной областью памяти объемом 64000 байт, где каждый байт описывает цвет соответствующей ему точки экрана. Совместим с CGA полностью, а с EGA - по текстовым, за исключением размера матрицы символа. Частота строчной развертки - **31 КГц**. Интерфейс с монитором - **аналогово-цифровой**: цифровые сигналы синхронизации, аналоговые сигналы основных цветов.

# История видеоадаптеров

**VGA** (Video Graphics Array - множество, или массив, визуальной графики) - расширение MCGA, совместимое с EGA, введен фирмой IBM в средних моделях PS/2. Фактический стандарт видеоадаптера с конца 80-х годов. Добавлен текстовый режим **720x400** для эмуляции MDA и графический режим **640x480** с доступом через битовые плоскости. В режиме **640x480** используется так называемая **квадратная точка** (соотношение количества точек по горизонтали и вертикали совпадает со стандартным соотношением сторон экрана - 4:3). Совместим с MDA, CGA и EGA, интерфейс с монитором идентичен MCGA.

**IBM 8514/a** - специализированный адаптер для работы с высокими разрешениями (**640x480x256** и **1024x768x256**), с элементами графического ускорителя. Не поддерживает видеорежимы VGA. интерфейс с монитором аналогичен VGA/MCGA.

# История видеоадаптеров

**IBM XGA** - следующий специализированный адаптер IBM. расширено цветовое пространство (режим **640x480x64k**), добавлен текстовый режим **132x25 (1056x400)**. Интерфейс с монитором аналогичен VGA/MCGA.

**SVGA** (Super VGA - "сверх" VGA) - расширение VGA с добавлением более высоких разрешений и дополнительного сервиса. Видеорежимы добавляются из ряда **800x600, 1024x768, 1152x864, 1280x1024, 1600x1200** - все с соотношением 4:3. Цветовое пространство расширено до **65536** (High Color) или **16.7 млн.** (True Color). Также добавляются расширенные **текстовые** режимы формата **132x25, 132x43, 132x50**. Из дополнительного сервиса добавлена поддержка VBE. Фактический стандарт видеоадаптера примерно с 1992 г.

# История мониторов

**Векторные мониторы** (произвольное сканирование луча). При перемещении луча по экрану в точке, на которую попал луч, возбуждается свечение люминофора экрана. Это свечение достаточно быстро прекращается при перемещении луча в другую позицию (обычное время послесвечения менее 0.1 с). Поэтому, для того чтобы изображение было постоянно видимым, приходится его перерисовывать (регенерировать изображение).

Необходимость регенерации изображения требует сохранения его описания в специально выделенной памяти, называемой памятью регенерации. Само описание изображения называется дисплейным файлом. Понятно, что такой дисплей требует достаточно быстрого процессора для обработки дисплейного файла и управления перемещением луча по экрану. В то же время легко стирать любой элемент изображения – достаточно просто удалить стираемый элемент из дисплейного файла.



# История мониторов

Первые **серийные** векторные дисплеи за рубежом появились в конце 60-х годов. В 1963 г. Был разработан прототип дисплейной станции IBM 2250 (до осени 1964 г. работы были засекречены). Отличительной чертой векторных дисплеев являлась возможность непосредственного графического диалога, заключающаяся в простом указании с помощью светового пера объектов на экране (линий, символов и т.д.).

**Векторные мониторы с памятью.** В конце 60-х годов появились ЭЛТ, способные достаточно длительное время (до часа) прямо на экране хранить построенное изображение. Следовательно, не обязательна память регенерации и не нужен быстрый процессор для выполнения регенерации изображения. Сложность изображения практически не ограничена. Разрешение, достигнутое на дисплеях на запоминающей трубке, такое же как и на векторных или выше до **4096** точек.

# История мониторов

## Недостатки векторных мониторов

Обычно серийные векторные дисплеи успевали 50 раз в секунду строить только около 3000-4000 отрезков. При большем числе отрезков изображение начинает мерцать, так как отрезки, построенные в начале очередного цикла, полностью погасают к тому моменту, когда будут строиться последние.

Другим недостатком векторных дисплеев является малое число градаций по яркости (обычно 2-4). Были разработаны, но не нашли широкого применения двух-трехцветные ЭЛТ, также обеспечивавшие несколько градаций яркости.

# История мониторов

**Растровое сканирование луча.** Прогресс в технологии микроэлектроники привел к тому, с середины 70-х годов подавляющее распространение получили дисплеи с растровым сканированием луча.

**Плазменная панель.** В 1966 г. была изобретена плазменная панель, которую упрощенно можно представить как матрицу из маленьких разноцветных неоновых лампочек, каждая из которых включается независимо и может светиться с регулируемой яркостью. В определенном смысле эти дисплеи объединяют в себе многие полезные свойства векторных и растровых устройств. К недостаткам следует отнести большую стоимость, недостаточно высокое разрешение и большое напряжение питания.

# История мониторов

**Жидкокристаллические индикаторы.** Дисплеи на ЖКИ работают аналогично индикаторам в электронных часах, но изображение состоит не из нескольких сегментов, а из большого числа отдельно управляемых точек. Имеют наименьшие габариты и энергопотребление и заметно большую цену, чем растровые дисплеи на ЭЛТ.

**Электролюминисцентные индикаторы.** Принцип работы основан на свечении люминофора под воздействием относительно высокого переменного напряжения, прикладываемого к взаимно перпендикулярным наборам электродов, между которыми находится люминофор.

**Дисплеи с эмиссией полем** - развитие мониторов на электронно-лучевых трубках. Являются плоскими дисплеями с эмиссией электронов полем с холодных катодов (заостренных микроигл).

# Векторная и растровая МГ

Евклид: «Линия – **непрерывное** связное **бесконечное** множество точек на плоскости»

Дискретная геометрия: «Линия – **дискретное** связное **конечное** множество точек»

Евклидова геометрия: «Через любые две точки можно провести **только** одну прямую»

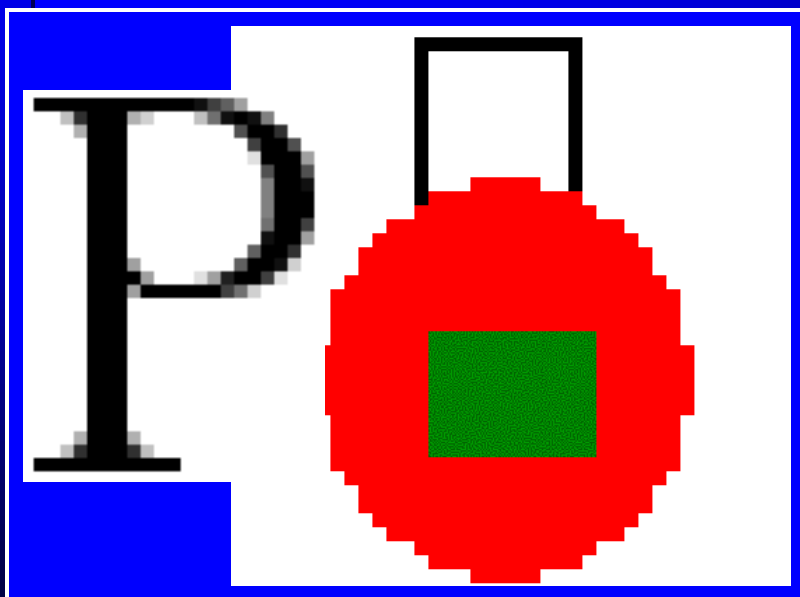
Дискретная геометрия: «Через любые две дискретные точки можно провести более одной дискретной прямой»

**Пиксель** – минимальная часть цифрового изображения (picture cell или picture element), характеризуется цветом или яркостью.

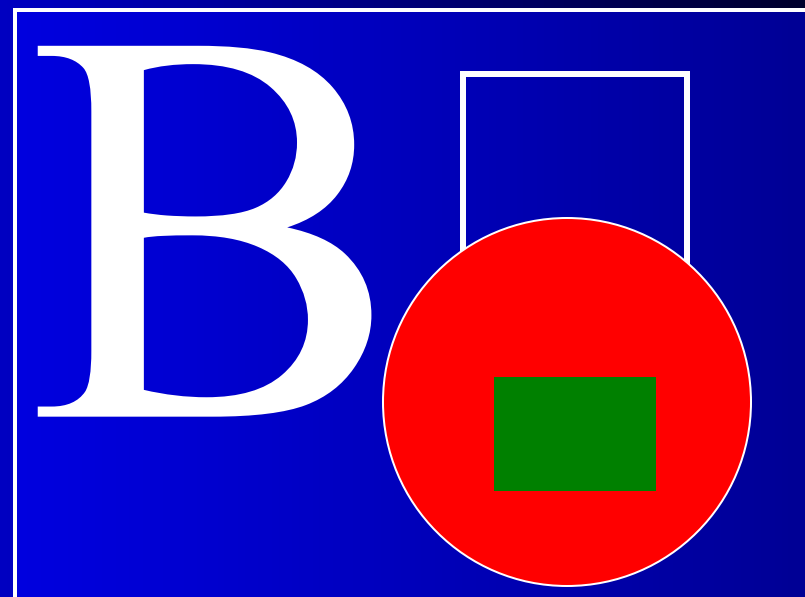
# Типы изображений

## Изображения

←  
Растровые



→  
Векторные



# СВЯЗНОСТЬ

Определение связной области:

Множество пикселей, у каждого пикселя которого есть хотя бы один сосед, принадлежащий данному множеству.

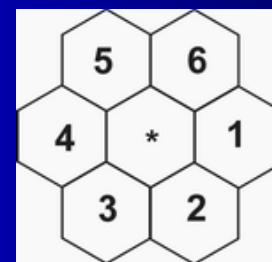
Соседи пикселей:



4-связность



8-связность



6-связность



# Типы изображений

- Векторные
- Растровые
  - Палитровые
  - Безпалитровые
    - В системе цветопредставления RGB, CMYK, ...
    - В градациях серого