

Сибирская государственная геодезическая академия
(СГГА)

ЛЕКЦИИ

по дисциплине

«Компьютерная геометрия и графика»

Содержание

Лекция №1 (Вводная часть).....	3
Обзор машинной графики	3
Лекция №2 (Базовая графика)	6
Растровая и векторная графика	6
Графические объекты	7
Лекция №3 (Подготовка и вывод графических изображений)	9
Представление графических изображений.....	9
Подготовка изображения к воспроизведению.....	10
Воспроизведение заранее подготовленных изображений.....	10
Лекция №4 (Средства машинной графики)	12
Типы графических устройств.....	12
Графические дисплеи на запоминающей трубке	12
Векторные графические дисплеи с регенерацией изображения.....	12
Растровые графические дисплеи с регенерацией изображения.....	13
Лекция №5 (продолжение "Средства машинной графики")	15
Устройство электронно-лучевой трубки	15
Диалоговые графические устройства.....	16
Локаторы.....	16
Валюаторы	17
Кнопки	17
Лекция №6 (продолжение "Типы графических устройств").....	18
Диалоговые графические устройства (продолжение).....	18
Селекторы	18
Клавиатуры	18
Модели в машинной графике. Задачи, решаемые геометрическим моделированием.....	19
Графические языки. Метафайлы.....	24
Применение интерактивной графики в информационных системах.....	27

Лекция №1 (Вводная часть)

Обзор машинной графики

Машинная графика – сложная и разнообразная дисциплина. Для изучения ее прежде всего необходимо разбить на обозримые части, приняв во внимание, что конечным продуктом машинной графики является изображение. Это изображение может, разумеется, использоваться для разнообразных целей. Например, оно может быть техническим чертежом, иллюстрацией с изображением деталей в разобранном виде в руководстве по эксплуатации, деловой диаграммой, архитектурным видом предлагаемой конструкции или проектируемого здания, рекламной иллюстрацией или кадром из мультфильма.

Чертежи и схемы — только частный вид графической информации. В технике, научных исследованиях, в области связи активно используются фотоснимки и другие полутоновые изображения. Если такие изображения перевести в числовую, математическую форму, открываются возможности различной их трансформации, контроля качества и исправления изъянов методами вычислительной математики, высококачественной передачи изображения по каналам связи.

Основными задачами машинной графики являются ввод в ЭВМ (считывание) графической информации и вывод ее из ЭВМ (формирование изображений), а также определенного рода переработка информации в компьютере. Основными задачами машинной геометрии или, как говорят, автоматизированного геометрического моделирования и конструирования — синтез в ЭВМ и анализ геометрических объектов, решение задач геометрического характера (рис.2).

Обработку графической информации обычно принято разделять на три направления: **машинную графику, обработку изображений и распознавание изображений**. Машинная живопись и машинный синтез мультипликационных фильмов представляют собой две сферы приложения машинной графики, требующие не только технической квалификации, но и таланта. Сейчас именно в этих сферах наблюдается наиболее быстрое развитие. Термин **интерактивная машинная графика** относится к устройствам и системам, в которых пользователь вводит исходные данные, сформулированные в терминах порождаемого визуального отображения (например, требуется провести на экране прямую между двумя точками, указанными пользователем).

Интерактивная графика — такая организация работы конструктора, при которой он имеет возможность оперативно вносить изменения в изображение непосредственно во время его воспроизведения.

Обработка изображений связана с решением таких задач, в которых входные, и выходные данные являются изображениями. Одним из примеров служат системы передачи изображений — их разработчики сталкиваются с проблемами устранения шума и сжатия данных. Снимки, полученные с передержкой или недодержкой, как и размытые снимки, могут быть улучшены с помощью методов повышения контраста.

Задачей **распознавания изображений** является применение методов, позволяющих либо получить некоторое описание изображения, поданного на вход системы, либо отнести это изображение к некоторому определенному классу. Распознавание зрительных образов представляет собой, в некотором смысле, обратную задачу машинной графики.

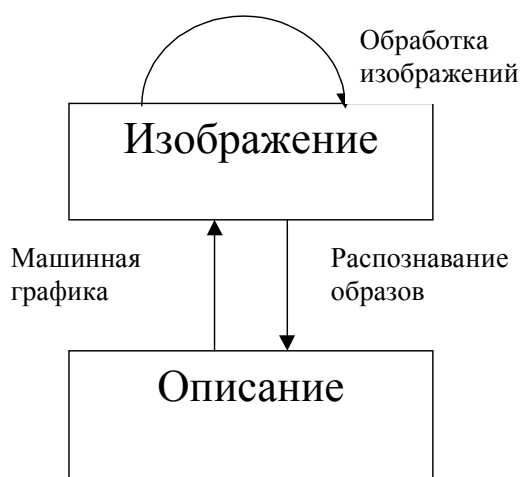


Рис. 1 Схема, иллюстрирующая взаимосвязь машинной графики, обработки изображений и распознавания образов

На рис.1 сведены воедино три направления обработки информации, представленной в виде изображений.

Машинная графика и геометрия базируются на таких дисциплинах, как различные разделы геометрии (аналитическая, начертательная, дифференциальная, проективная, прикладная), программирования для ЭВМ, элементы вычислительной математики, понятия о формальных языках, применяемых в общении человека и машины.

В машинной графике фундаментальным связующим звеном является изображение; следовательно, мы должны рассмотреть, как

Изображения представляются в машинной графике;

Изображения готовятся для визуализации;

Предварительно подготовленные изображения рисуются;

Осуществляется взаимодействие с изображением.

Хотя во многих алгоритмах в качестве геометрических данных, описывающих изображения, выступают многоугольники и ребра, каждый многоугольник или ребро в свою очередь может быть представлен своими вершинами. Таким образом, точки являются фундаментальными строительными блоками для представления геометрических данных.

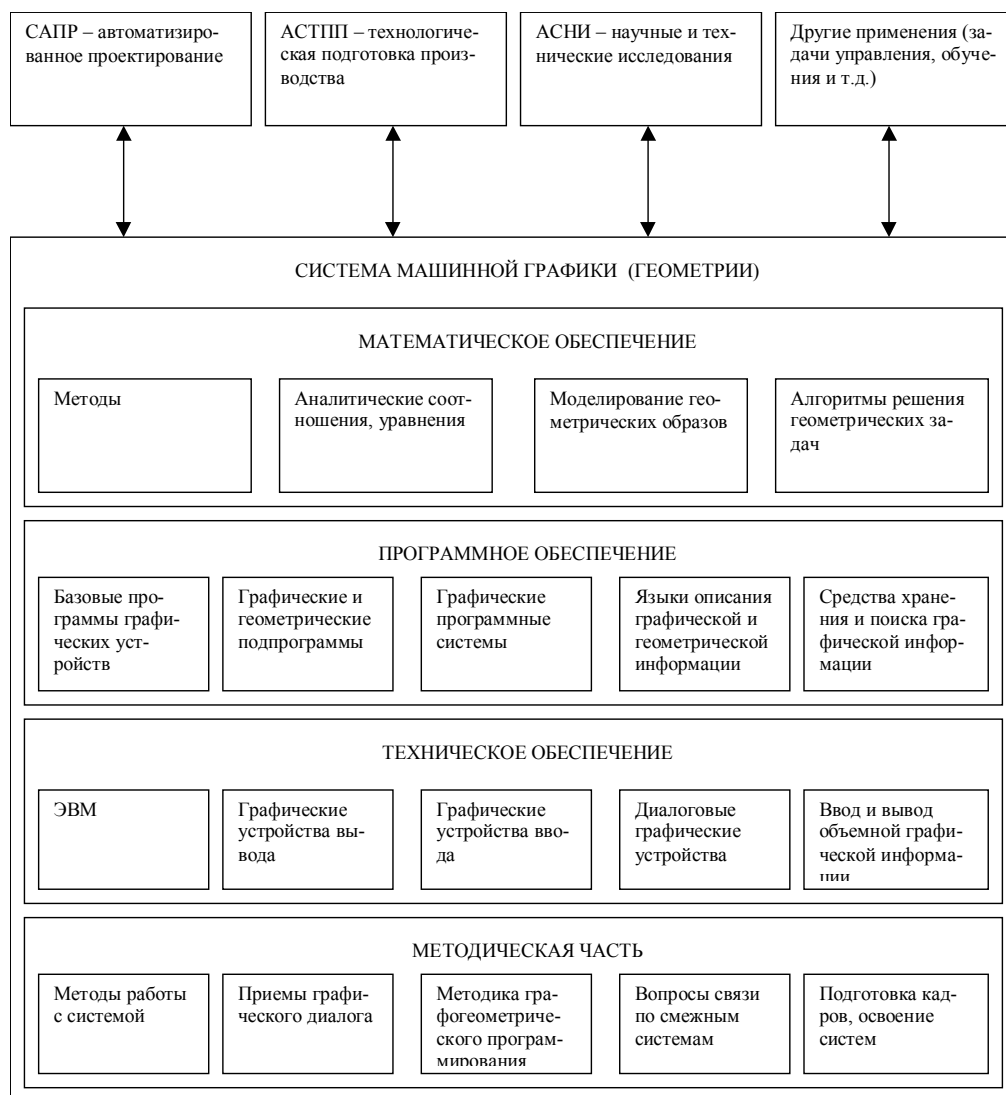


Рис. 2 Разделы и составные части системы машинной графики

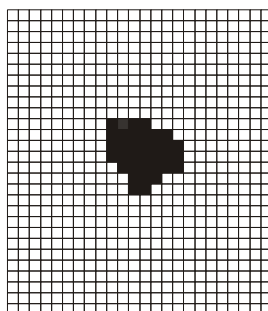
Основные строительные блоки (точки) в зависимости от размерности пространства можно представить либо как пары, либо как тройки чисел. Таким образом (x_1, y_1) или (x_1, y_1, z_1) представили бы точку в двух- или трехмерном пространстве. Две точки представили бы отрезок, или ребро, а совокупность из трех или более точек — многоугольник. Эти точки, ребра, многоугольники накапливаются, или хранятся, в базе данных.

Лекция №2 (Базовая графика)

Растровая и векторная графика

Растр — 1) семейство горизонтальных параллельных линий, образующих изображение на электронно-лучевой трубке монитора или кинескопа телевизионного устройства; 2) средство цифрового представления изображений в виде прямоугольной матрицы элементов изображения - пикселей, образующих основу *растрового представления* изображений.

Формат представления растровых изображений.



Каждый пиксел растра имеет внутренние координаты состоящие из номера столбца и номера строки, кроме того, пиксел имеет дополнительный атрибут — цвет. Цвет задается глубиной пиксела 1, 4, 8 или 24 *бита*. Обеспечивает передачу 2, 16, 256 или 16 млн цветов. Например:

Строка	Столбец	Цвет
15	20	0

Атрибут (*син. реквизит*) — свойство, качественный или количественный признак, характеризующий объект (но не связанный с его местоуказанием) и ассоциированный с его уникальным номером.

Операции, выполняемые с растровыми изображениями:

- ☞ Редактирование (попиксельно).
- ☞ Масштабирование.
- ☞ Выделение части изображения на основе цвета.

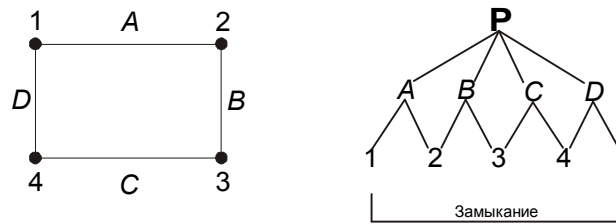
Преимущества: развитые алгоритмы редактирования растровых изображений, простота и доступность использования, поддержка большинством программных средств, быстрое получение полноцветного изображения с использованием современной сканерной техники.

Недостатки: необходимость попиксельного редактирования, большой объем изображения, сложность манипуляций с отдельными частями изображения без нарушения его целостности.

Векторное представление цифровое представление точечных, линейных и полигональных пространственных объектов в виде набора координатных пар, с описанием только геометрии объектов.

Векторное изображение представляет собой набор векторов, соединяющих пары координат в указанном порядке. Кроме того, каждый вектор имеет дополнительные атрибуты, описывающие его толщину, цвет, стиль отображения.

Векторное изображение имеет сложную структуру. Например, прямоугольник будет иметь следующее описание:



Операции, выполняемые с векторным изображением:

- ☞ Редактирование изображения, как единого целого, так и отдельных объектов.
- ☞ Масштабирование.
- ☞ Работа с группой объектов и т.д.

Преимущества: редактирование, как всего изображения, так и отдельных объектов, независимость качества изображения от его масштаба, малый объем занимаемой памяти при хранении.

Недостатки: сложные алгоритмы обработки векторной информации, невозможность быстрого получения векторного изображения с его "бумажного" оригинала.

Графические объекты

Графические объекты (**примитивы**), используемые в компьютерной графике можно разделить на несколько видов.

Растровое изображение:

- ☞ Пиксел.
- ☞ Воксел (*для 3D*).

Векторное изображение:

- ☞ Точка.
- ☞ Линия.
- ☞ Многоугольник.
- ☞ Поверхность (*для 3D*).

Примитив — минимальная часть изображения, которой оперирует графическая система (программа) и имеющий оптимизированные алгоритмы для его обработки.

Пиксел (pixel) — *син.* пиксель — сокращение от англ. "picture element" ("элемент изображения") — элемент изображения, наименьшая из его составляющих, получаемая в результате дискретизации изображения (разбиения на далее неделимые элементы — ячейки или точки *растра*); характеризуется прямоугольной формой и размерами, определяющими пространственное *разрешение* изображения.

Для представления тел или многослойных комбинаций изображений (цифровых трехмерных изображений) используется его трехмерный аналог - "кубическая" ячейка **воксел** (voxel, от *англ.* "volume element" или "volume pixel").

Точка (point) — *син.* точечный объект — 0-мерный объект, характеризуемый координатами.

Линия (line) — *син.* линейный объект — одномерный объект, образованный последовательностью не менее 2-х точек с известными координатами.

Многоугольник — 2-мерный (площадной) объект, внутренняя область, образованная замкнутой последовательностью линий.

Поверхность (surface) - 3-мерный объект, определяемый не только 2-мерными координатами X и Y , но и третьей координатой Z , т.е. тройкой координат; оболочка тела.

Лекция №3 (Подготовка и вывод графических изображений)

Основные этапы воспроизведения и обработки графических изображений. Подготовка изображения к воспроизведению. Воспроизведение подготовленных изображений.

Предметная область машинной графики исключительно сложна. Она включает проблемы создания электронных и механических устройств машинной графики, подготовку и воспроизведение графического изображения.

Процесс воспроизведения и обработки изображения средствами интерактивной графики можно разделить на следующие этапы: представление графических изображений; подготовка изображений к воспроизведению; взаимодействие оператора с изображением в форме диалога в реальном времени.

Здесь под графическим изображением понимается любая комбинация прямых, точек, текстов и т.д., которые воспроизводятся на графических устройствах. Графическое изображение может быть простым (отрезок прямой или кривая) или сложным (диаграмма со словесными пояснениями).

Представление графических изображений.

В основном изображения, представляемые с помощью средств машинной графики, можно рассматривать как комбинацию прямых, точек и символьного текста. Отрезок прямой может быть задан координатами его начала и конца; точка определяется тремя координатами, а текст – путем комбинации отрезков или точек.

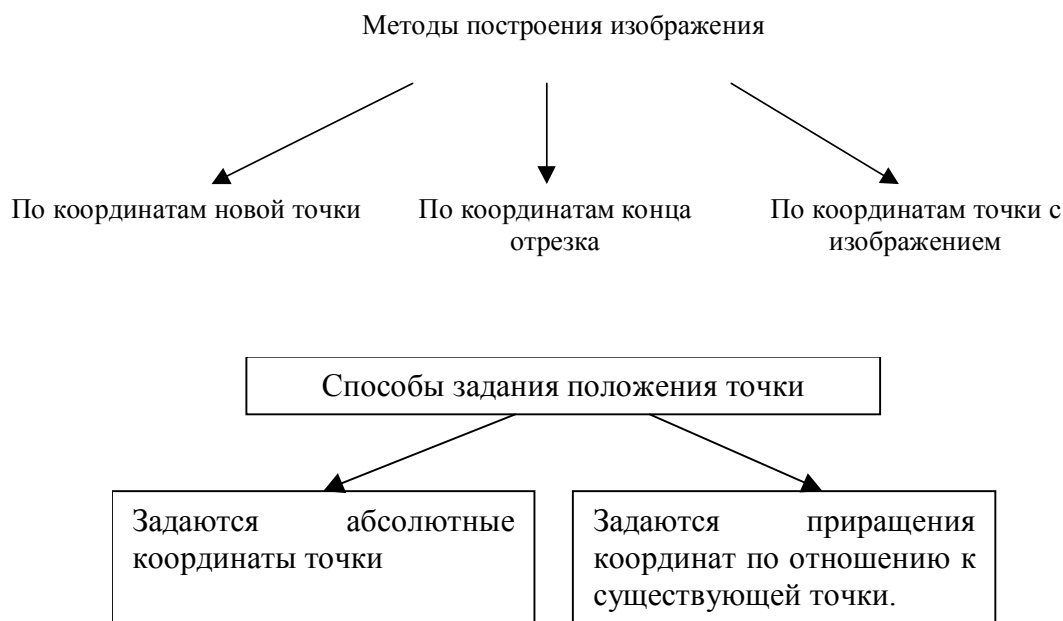
Представление символьного текста является, несомненно, самым сложным процессом, требующим во многих случаях воспроизведения кривых линий или формирования матриц с координатами точек. Однако, если пользователь не занимается разработкой устройств воспроизведения графической информации и не применяет символы, отличные от обычного алфавита, то ему нет необходимости заниматься программированием символов алфавита, так как почти все графические устройства имеют аппаратно или программно реализованные генераторы символов. Кривые линии обычно воспроизводятся путем аппроксимации их короткими отрезками прямых. В некоторых же типах устройств используются аппаратно реализованные генераторы кривых.

Подготовка изображения к воспроизведению

Любое графическое изображение состоит из точек, координаты которых заранее занесены в файл. Такой файл называют базой данных. Для воспроизведения сложных изображений нужны базы данных, доступ к которым реализуется весьма сложными программами.

Точки — это элементарные блоки, из которых строятся графические базы данных. Построить изображение с помощью таких элементарных блоков можно тремя методами. Первый — заключается в указании координаты той точки на экране дисплея или рабочем поле графопостроителя, в которую требуется переместить луч или перо. Второй метод состоит в том, что задаются координаты конца проектируемого отрезка (начало отрезка в этом случае задается текущим положением пера, курсора). Третий — заключается в непосредственном указании координаты точки на экране дисплея или рабочем поле графопостроителя, в которой требуется дать изображение.

В основном применяют два способа задания положения точки. Первый способ заключается в том, что задаются абсолютные координаты точки, а при втором способе задаются приращения координат проектируемой точки, построенной на предыдущем шаге.

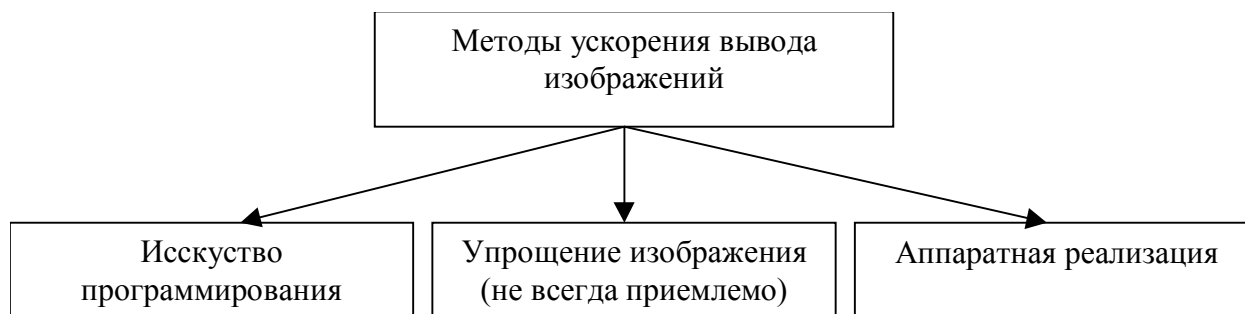


Воспроизведение заранее подготовленных изображений.

Данные, из которых получают рисунок, редко совпадают с данными, служащими непосредственно для рисования. Данные, используемые для вывода изображения, часто называют **дисплейным файлом**. В нем содержится некоторая часть, вид или сцена изображения,

представленного в общей базе данных. Выводимое изображение обычно формируется с помощью операций поворота, переноса, масштабирования и вычисления различных проекций данных. Как правило, эти основные видовые преобразования выполняются с помощью матричных (4×4) операций над данными, представленными в однородных координатах. Эти операции часто реализуются аппаратно. Прежде чем рисовать окончательный результат, можно добавить удаление невидимых линий или поверхностей, произвести закраску, учесть влияние прозрачности, нанести текстуру и воспроизвести цветовые эффекты. Если не надо рисовать изображение, представленное во всей базе данных, то следует выбрать соответствующую его часть. Данный процесс называется **отсечением**. В некоторых случаях отсекающее окно или объем могут быть с дырами или иметь нерегулярную форму. Отсечение относительно стандартных областей часто реализуется аппаратно.

Почти все изображения содержат текстовую информацию. Литеры могут генерироваться либо аппаратным, либо программным образом, в последнем случае с ними можно обращаться как с любой другой частью изображения. При аппаратной генерации литеры сохраняются в виде кодов до момента непосредственного вывода. Для преобразования литер обычно предоставляются только ограниченные возможности, например некий набор углов поворота и коэффициентов масштабирования. Как правило, отсечение аппаратно генерируемых литер невозможно: либо изображается вся литера, либо она не изображается вообще.



Лекция №4 (Средства машинной графики)

Типы графических устройств

Существует много разнообразных устройств для вывода изображений, построенных с помощью машинной графики. В качестве типовых назовем перьевые графопостроители, точечно-матричные, электростатические и лазерные печатающие устройства, фильмирующие устройства, дисплеи на запоминающей трубке, векторные дисплеи с регенерацией изображения и растровые дисплеи на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ).

Графические дисплеи на запоминающей трубке

Из всех дисплеев на ЭЛТ наиболее просто устроен дисплей на запоминающей ЭЛТ. Его можно рассматривать как ЭЛТ, покрытую люминофором с длительным временем послесвечения. Линия или литера остаются на ней видимыми в течении длительно времени (до одного часа), прежде чем станут окончательно неразличимыми. Чтобы нарисовать отрезок на дисплее, интенсивность электронного луча увеличивают до такой величины, которая вызывает запоминание следа луча на люминофоре. Для стирания изображения на всю трубку подают специальное напряжение, снимающее свечение люминофора и стираются все отрезки и литеры. Таким образом, стереть отдельные линии и литеры нельзя, и изображение динамического движения или анимация невозможны.

Дисплей на запоминающей трубке — это векторный дисплей, или дисплей с произвольным сканированием. Это означает, что отрезок (вектор) может быть нарисован непосредственно из одной адресуемой точки в любую другую.

Векторные графические дисплеи с регенерацией изображения

В данном типе дисплеев на базе ЭЛТ используется люминофор с очень коротким временем послесвечения. Такие дисплеи часто называют дисплеями с произвольным сканированием. Из-за того что время послесвечения люминофора мало, изображение на ЭЛТ за секунду должно многократно перерисовываться или регенерироваться.

Для векторного дисплея с регенерацией требуется кроме ЭЛТ еще два элемента: дисплейный буфер и дисплейный контроллер. **Дисплейный буфер** — это непрерывный участок памяти, содержащий всю информацию, необходимую для вывода изображения на ЭЛТ. **Функция дисплейного контроллера заключается** в том, чтобы циклически обрабатывать эту информацию со скоростью регенерации.

Еще одним ограничением является скорость обработки геометрической информации, например скорость выполнения таких операций, как преобразование и отсечение, генерация текстовой информации.

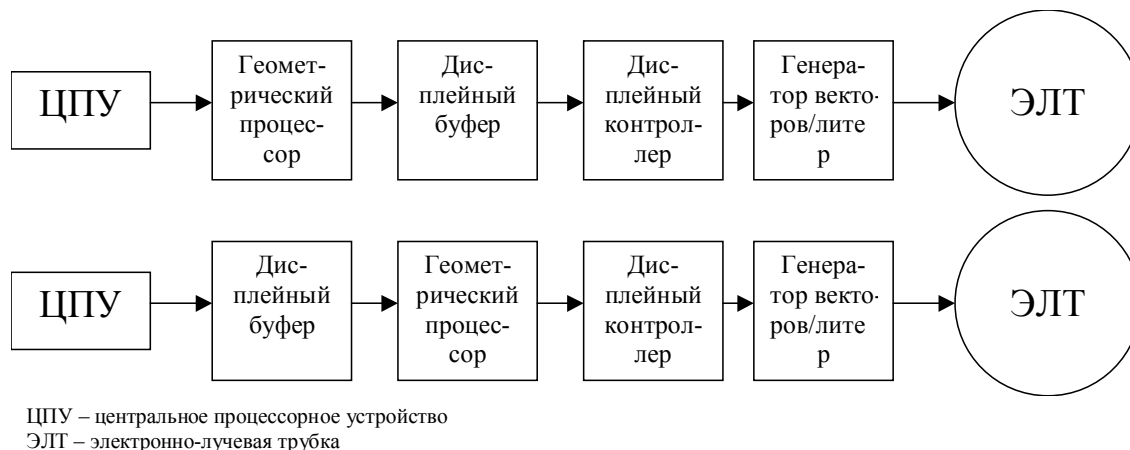


Рис. 3 Концептуальная блок-схема векторного дисплея с регенерацией

На рис.3 представлены блок-схемы двух высокопроизводительных векторных дисплеев. Во втором случае необходимо, чтобы геометрический процессор работал быстрее, чем необходимо для регенерации сложных изображений (от 4000 до 5000 векторов), тогда как в первом случае, геометрический процессор может работать медленнее, чем необходимо для регенерации.

Растровые графические дисплеи с регенерацией изображения

Как дисплеи на запоминающих ЭЛТ, так и дисплеи с произвольным сканированием являются устройствами рисования отрезков, т.е. отрезок прямой может быть нарисован непосредственно из любой адресуемой точки в любую другую. Графическое устройство на растровой ЭЛТ работает по другому. Растровое устройство можно рассматривать как матрицу дискретных ячеек (точек), каждая из которых может быть подсвечена. Таким образом, оно является точечно-рисующим устройством. Невозможно, за исключением специальных случаев, непосредственно нарисовать отрезок прямой из одной адресуемой точки или пиксела в матрице в другую адресуемую точку или пиксел. Отрезок можно лишь аппроксимировать последовательностями точек (пикселов), близко лежащих к идеальной траектории отрезка. Отрезок прямой из точек (пикселов) получится только в случае горизонтальных, вертикальных или расположенных под углом 45° отрезков. Все другие отрезки будут выглядеть как последовательность ступенек. Это явление называют **лестничным эффектом**, или **«зазубренность»** (см. рис.4).

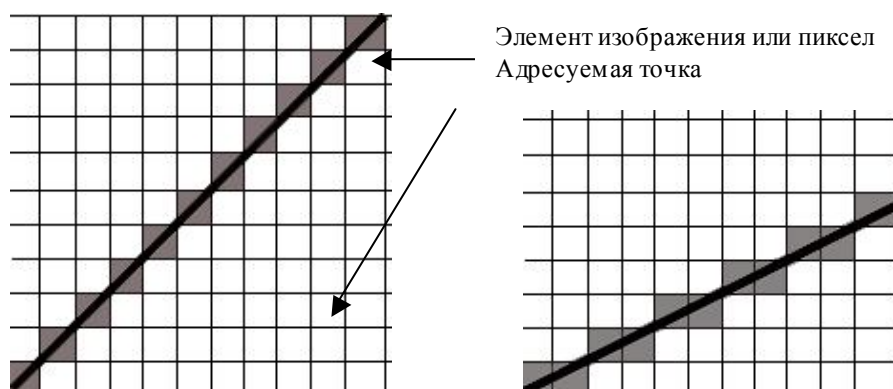


Рис. 4 Растровая развертка отрезка

Хотя производительности, необходимой для работы в реальном масштабе времени с приемлемыми скоростями регенерации, на растровых устройствах достичь труднее, чем на векторных дисплеях с регенерацией, на них легче изображать сплошные фигуры с плавными переходами цветов.

Лекция №5 (продолжение "Средства машинной графики")

Устройство электронно-лучевой трубки

Буфер кадра сам по себе не является устройством вывода, он просто применяется для хранения рисунка. Наиболее часто в качестве устройства отображения, используемого с буфером кадра, выступает видеомонитор.

На рис.5 схематично показана ЭЛТ, используемая в видеомониторах. Катод (отрицательно заряженный) нагревают до тех пор, пока возбужденные электроны не создадут расширяющегося облака. Эти электроны притягиваются к сильно заряженному положительному аноду. На внутреннюю сторону расширенного конца ЭЛТ нанесен люминофор. Если бы электронам нечего не препятствовало, то в результате их воздействия на люминофор весь экран ЭЛТ засветился бы ярким светом. Однако облако электронов с помощью электронных линз фокусируется в узкий, строго параллельный пучок. Теперь сфокусированный электронный луч дает одно яркое пятно в центре ЭЛТ. Луч отклоняется или позиционируется влево или вправо от центра и (или) выше или ниже центра с помощью усилителей горизонтального и вертикального отклонения.

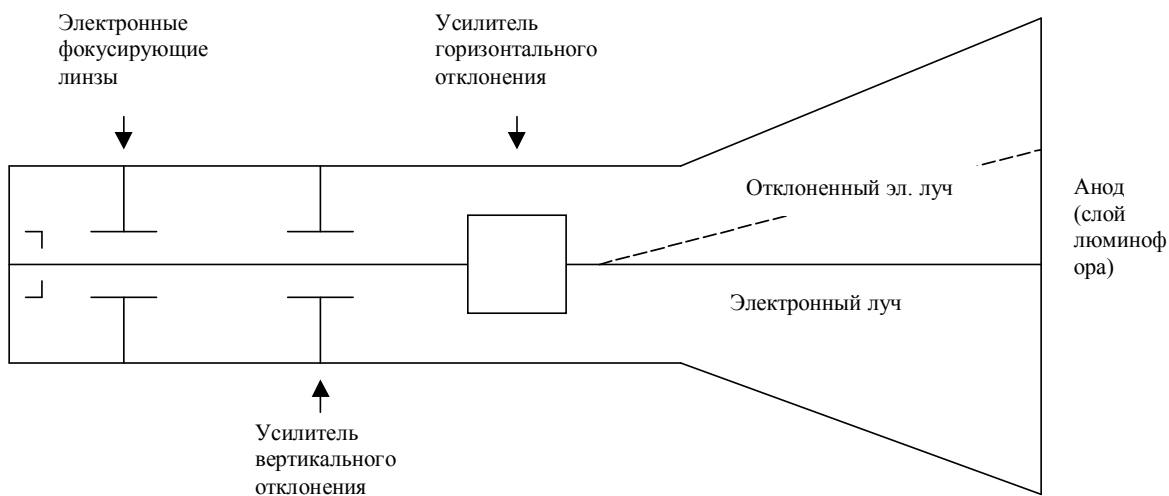


Рис. 5 Электронно-лучевая трубка

Именно в данный момент проявляется отличие векторных дисплеев — как с запоминанием, так и регенерацией — от растровых. В векторном дисплее электронный луч может быть отклонен непосредственно из любой произвольной позиции в любую другую произвольную позицию на экране ЭЛТ (анод). Поскольку люминофорное покрытие нанесено на экран ЭЛТ сплошным слоем, в результате получается почти идеальная прямая. в отличие от этого в растровом дисплее луч может отклоняться только в строго определенные позиции на экране, образуя своеобразную мозаику. Эта мозаика составляет видеоизображение.

Диалоговые графические устройства

После того как изображение построено на экране, необходимо как-то взаимодействовать с ним или модифицировать его. Для удовлетворения этой потребности был разработан ряд диалоговых устройств. Среди них можно назвать планшет, световое перо, рычаг, мышь, ручки для ввода скалярных величин, функциональные переключатели или кнопки и, разумеется, обычную алфавитно-цифровую клавиатуру. Обычно насчитывают пять таких классов. Логическими диалоговыми устройствами являются **локатор**, **валюатор**, **селектор** и **кнопка**. Из-за широкой распространенности алфавитно-цифровой клавиатуры ее часто выделяют в пятый класс, называемый **клавиатурой**.

Локаторы

Функцией локатора является выдача координатной информации в двух или трех измерениях. Обычно выдаваемые значения координат находятся в пространстве устройства (концептуальном пространстве) и могут быть как относительными, так и абсолютными.

Наиболее общим устройством класса локаторов является планшет. Планшеты можно использовать либо отдельно, либо в комбинации с графическим дисплеем на ЭЛТ. В первом случае их часто называют оцифровывателями. Сам по себе планшет состоит из плоской поверхности и специального карандаша, который служит для указания точки на поверхности планшета. Часто существует возможность узнать некоторую информацию о расстоянии между карандашом и планшетом: близко или далеко от поверхности находится карандаш. При использовании вместе с дисплеем на ЭЛТ обратная связь на экране обеспечивается с помощью небольшого символа (курсора), отслеживающего перемещение карандаша по поверхности планшета. При использовании отдельного оцифровывателя обратная связь обеспечивается с помощью цифровых отсчетов. Планшеты выдают координатную информацию в двух или трех измерениях (см.рис.5).

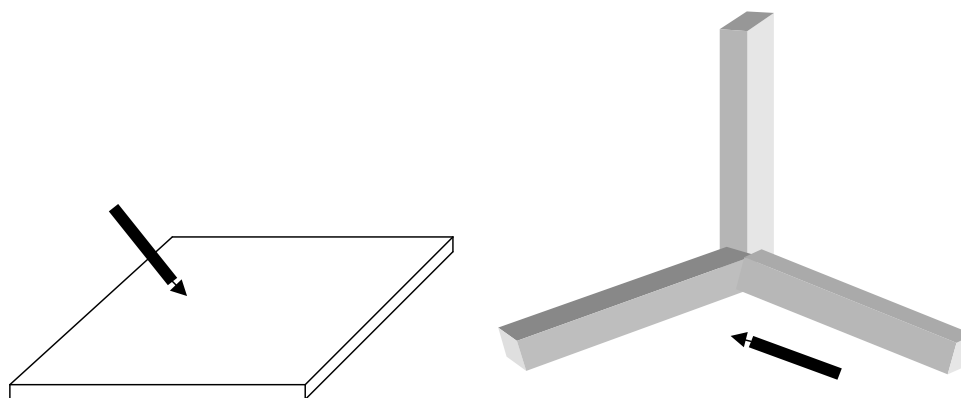


Рис. 6 Устройства класса локаторов (двухмерный и трехмерный планшеты)

Значения выдаваемые планшетом, представлены в координатах устройства. Оно программно преобразуются в пользовательские координаты. Обычное разрешение и точность составляют от 0,025 до 0,0025см.

Валюаторы

Валюатор применяется для ввода одиночной величины. Обычно это вещественное число между нулем и некоторым вещественным максимумом. Устройством класса валюаторов являются ручки для ввода скалярных величин (см.рис.6). Они особенно хорошо подходят для задания начальных значений для функций поворота, переноса, масштабирования или трансфокации. Точность этих устройств зависит от качества потенциометра и обычно колеблется от 0,1 до 10% всего диапазона измерения. Другими устройствами класса валюаторов являются рычаг, шар и мышь, в которых в качестве делителя напряжения используются чувствительные переменные резисторы или потенциометры.

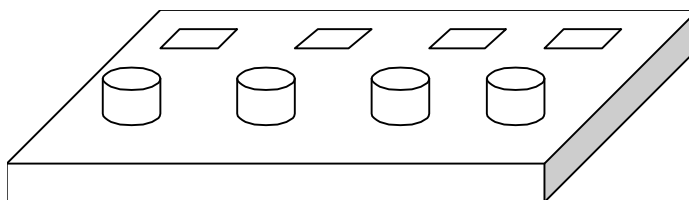


Рис. 7 Набор ручек для ввода скалярных величин

Кнопки

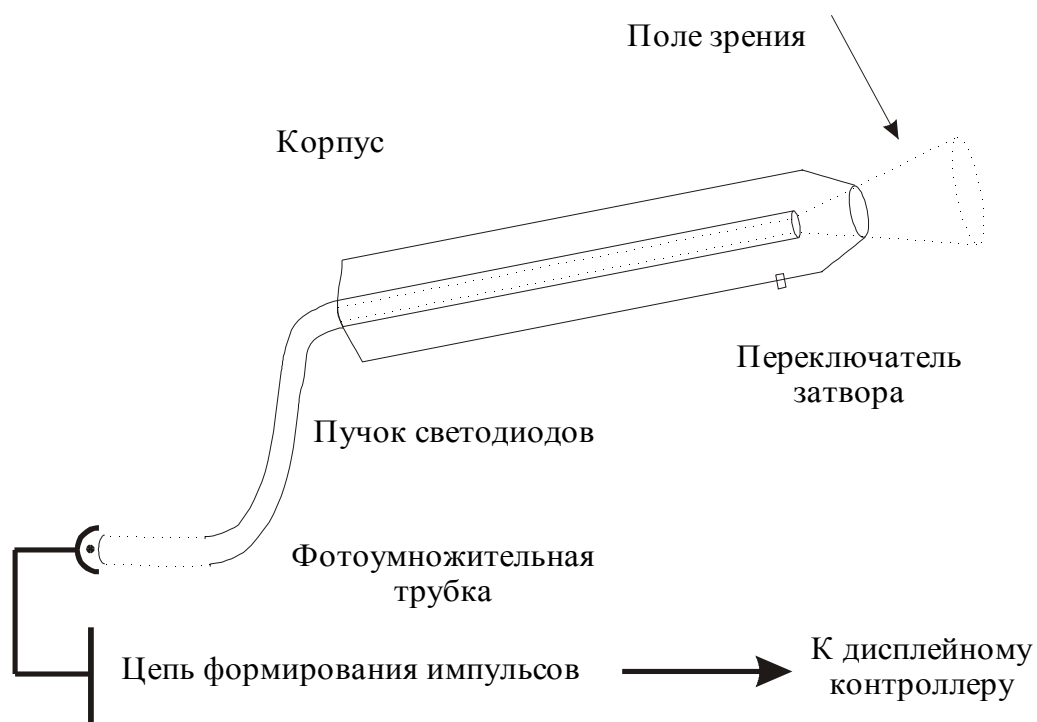
Кнопка используется для выбора и активирования событий или процедур, управляющих ходом диалога. Кнопка обычно представляет двоичную («включено» или «выключено») цифровую информацию. Кнопки или функциональные переключатели являются переключателями рычажного или нажимного типа. Они могут быть постоянно нажаты, постоянно отжаты, либо иметь кратковременный контакт. Обычно имеется возможность программно управлять световыми индикаторами, указывающими, какие переключатели или кнопки в данный момент активны. Часто кнопки и переключатели включают в другие устройства. Например, на тонком конце карандаша планшета обычно располагается переключатель, срабатывающий при нажатии карандаша. На мыши тоже находятся несколько кнопок.

Лекция №6 (продолжение "Типы графических устройств")

Диалоговые графические устройства (продолжение)

Селекторы

В функцию селектора входит идентификация или выбор объектов или подкартинок в выведенном изображении. Единственным подлинным устройством указания (селектор) является световое перо. Перо, содержит чувствительный фотоэлемент и соответствующую электрическую цепь. В тот момент, когда активированное световое перо оказывается над той областью ЭЛТ



дисплея, в которой происходит рисование, дисплейному контроллеру посылается сигнал. Он позволяет определить конкретную команду в дисплейном буфере, выполняемую в этот момент времени. Прослеживание команд назад с помощью дисплейного контроллера позволяет определить отрезок, объект или подкартину, которые были указаны.

Клавиатуры

Логическая клавиатура обрабатывает текстовую информацию.

Модели в машинной графике. Задачи, решаемые геометрическим моделированием.

Системы машинной графики отображают отработанную информацию о процессах или объектах в виде синтезированного изображения на экране дисплея. В отличие от фотографических, телевизионных, оптико-электронных и других аналогичных систем для систем машинной графики источником входной информации являются не сами физические процессы или объекты, а их математические модели. Эти модели в общем случае представляют упорядоченную совокупность данных, числовых характеристик, параметров, математических и логических зависимостей, отображающих структуру, свойства, взаимосвязи и отношения между элементами объекта, а также между объектом и его окружением. Математические модели обычно являются обобщенными и предназначаются для описания определенного класса объектов. При вводе конкретных значений параметров система машинной графики на основе общей модели синтезирует изображение и визуализирует его.

Специфика моделей и обрабатывающих программ в трехмерной машинной графике обусловлена необходимостью передавать ощущение глубины пространства, пространственной формы и структуры объектов. Весьма существенное влияние на построение математической модели оказывает требуемый уровень соответствия (подобия) синтезируемого изображения визуально наблюдаемой картине или изображению (оригиналу), которое формируется съемочной системой. При оценке степени соответствия синтезированного изображения оригиналу целесообразно использовать, как в кинематографии и телевидении, три уровня подобия: физическое, психофизическое (физиологическое) и психологическое (см. рис.8).

В применении к машинной графике физическое подобие означает, что синтезированное изображение по основным физическим характеристикам повторяет оригинал. Физическое подобие устанавливается на уровне трех групп характеристик: геометрических (пространственных), яркостных (энергетических) и временных. При физически точном подобиі определенные характеристики синтезированного изображения должны полностью соответствовать характеристикам оригинала либо быть пропорциональными им.

При психофизическом (физиологическом) подобиі соответствие устанавливается на уровне зрительных ощущений. В силу ограниченных возможностей зрительного аппарата наблюдатель при некотором уровне искажений не может ощущать разницы между синтезированным изображением и оригиналом, так как зрительные ощущения идентичны, хотя яркость, форма и цвет одноименных участков неодинаковы.

Психологическое подобие предполагает, что по общему восприятию синтезированное изображение и оригинал являются схожими. Вследствие этого синтезированное изображение

обеспечивает формирование у наблюдателя вполне определенного суждения о реальном объекте или сюжете, хотя синтезированное изображение и оригинал значительно различаются по физическим характеристикам.

Синтез изображений на уровне психологического подобия широко используется в машинной графике. Приемы передачи объемности и глубины пространства во многих элементах подобны используемым в изобразительном искусстве. К таким приемам относятся формирование очертаний предмета и характерных линий, передающих его объемность, загораживание одних предметов другими, и как следствие, наложение изображений переднего плана на изображения предметов в глубине, передача перспективы.

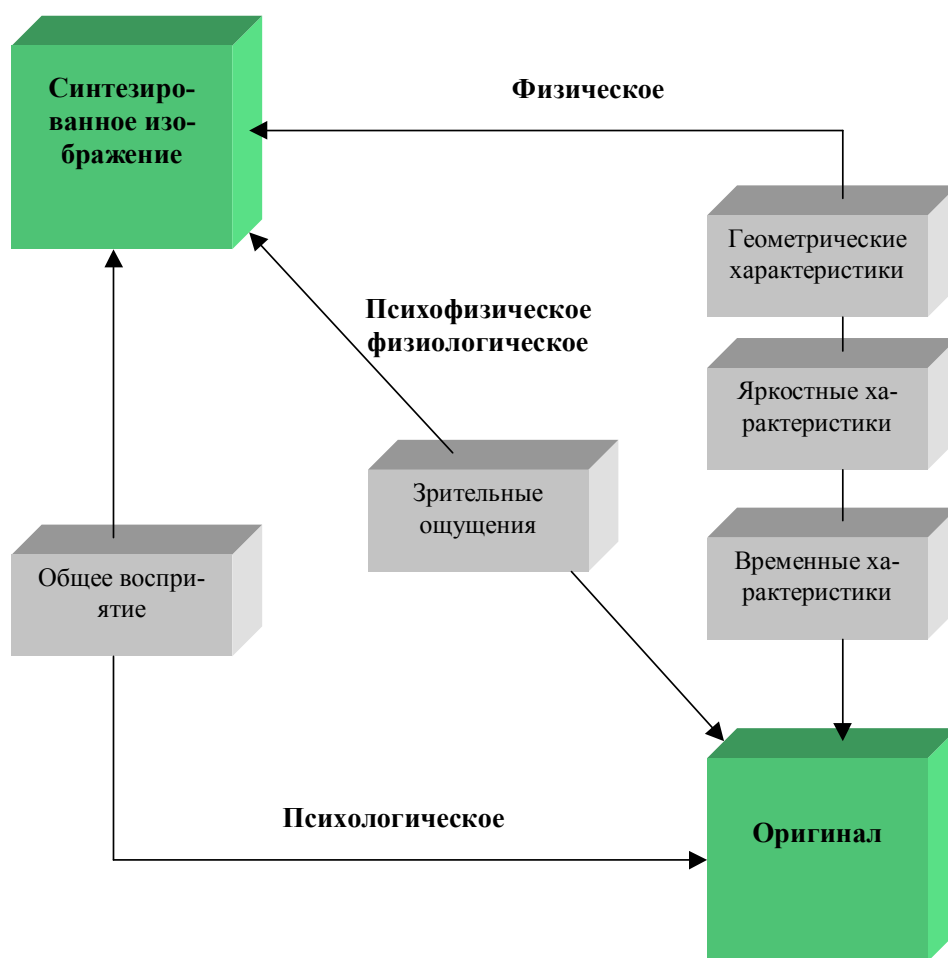


Рис. 8 Уровни подобия синтезированного изображения оригиналу

Синтез изображений на уровне психологического подобия широко используется в машинной графике. Приемы передачи объемности и глубины пространства во многих элементах подобны используемым в изобразительном искусстве. К таким приемам относятся формирование очертаний предмета и характерных линий, передающих его объемность, загораживание одних предметов другими, и как следствие, наложение изображений переднего плана на изображения предметов в глубине, передача перспективы. Эти приемы находят в машинной графике свое

математическое выражение: это алгоритмы формирования определенных сечений объемной фигуры, удаления невидимых линий изображения, формирования перспективной проекции. К числу приемов передачи объемности и глубины пространства относятся также яркостное или цветное выделение некоторых элементов изображения, моделирование теней.

К числу задач синтеза, решаемого на уровне психологического подобия, можно отнести формирование трехмерных контурных изображений (чертежей). Такие изображения используются в машиностроительном проектировании и позволяют конструктору представить вид проектируемых изделий.

В развитии трехмерной машинной графики значительное место занимают вопросы синтеза изображений на уровне физического и психофизического подобия. Необходимость синтеза таких изображений возникает при решении ряда практических задач, в частности при имитации визуально наблюдаемой обстановки в видеотренажерах, создании банков эталонных изображений для автоматических распознающих систем, оценке внешнего вида и эстетических свойств проектируемых изделий или объектов и т.п.

При физическом подобии синтезированное изображение и оригинал должны быть идентичны друг другу:

$$G_{\text{си}} \Leftrightarrow G_{\text{ор}}$$

Это означает, что в синтезированном изображении и оригинале должны быть одинаковыми (или пропорциональными) ракурсы наблюдения, яркостные (или цветовые) соотношения, тени, текстура наблюдаемых поверхностей, масштабы и другие характеристики.

Условия физического подобия при синтезе принципиально могут быть выполнены, если оригинал получен съемочной аппаратурой. Для фотографической, телевизионной, оптико-электронной аппаратуры разработаны достаточно точные математические модели. Для выполнения синтеза необходимо сформировать модель объекта (сцены), в которой должны быть отображены источники освещения, трехмерная геометрическая форма и взаимное положение объектов, характеристики отраженного и собственного излучений. Кроме того, должно быть задано положение съемочной аппаратуры. При разработке модели сцены обычно учитывается процесс преобразования информации в съемочной аппаратуре. Если аппаратура не воспроизводит какие-либо особенности наблюдаемых объектов (мелкие детали, текстура, цвет), то учет их в модели является избыточным.

Если синтезируется изображение аналогично визуально наблюдаемому, то условия физического подобия практически не могут быть реализованы в полной мере. Системы машинной графики синтезируют двухмерное изображение, в котором теряется информация,

определяемая бинокулярным зрением. Если объект представляет собой объемное тело, то у наблюдателя образуются два сетчаточных образа в правом и левом глазу. Оптическая система каждого глаза строит на сетчатке изображение. Центром проекции является центр зрачка глаза. Вследствие пространственного разноса глаз их оптические оси сходятся на объекте под некоторым углом, называемым углом конвергенции. Поэтому сетчаточные изображения в правом и левом глазу не тождественны. Совместное действие этих сетчаточных изображений формирует у наблюдателя зрительное восприятие объема и пространства (см. рис.9).

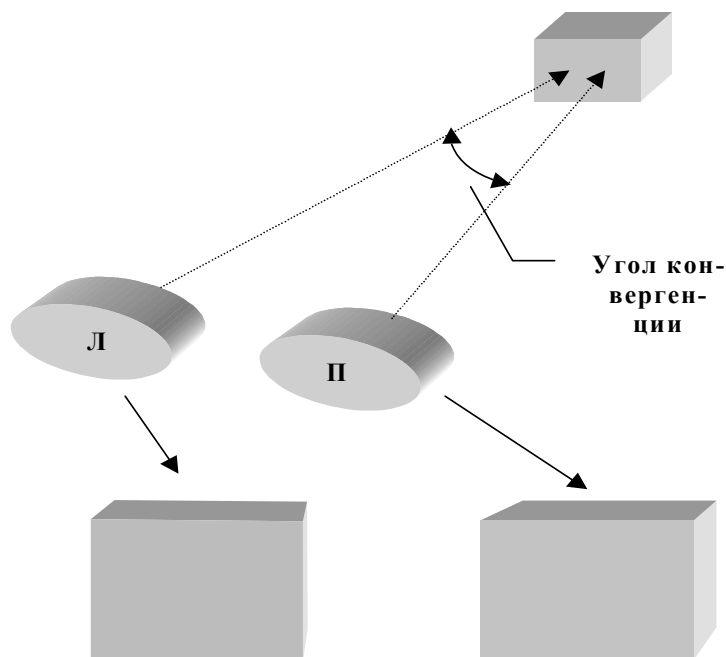


Рис. 9 Схема бинокулярного построения изображения

Система машиной графики может синтезировать изображение, соответствующее только одному сетчаточному изображению, т.е. система способна воспроизвести лишь условия монокулярного наблюдения. Объемность изображения, их пространственное положение при этом воспринимаются на синтезированном изображении благодаря линейной перспективе, загромождению одних объектов другими, характеру теней и изменению тона (или цветовых оттенков) по полю изображения. Существенное значение для восприятия объема и пространства имеет предшествующий опыт наблюдения, благодаря которому наблюдатель непроизвольно «достраивает» объемную структуру наблюдаемой сцены.

Таким образом, синтезированное изображение может соответствовать оригиналу при визуальном наблюдении только на психофизическом уровне.

Максимальное приближение к оригиналу при этом, как и в случае аппаратной съемки, можно обеспечить, если математическая модель сцены и обрабатывающая программа точно передают условия освещения, геометрическую форму объектов, их взаимное положение, обеспечивают

условия энергетического подбоя, передают размер и положение теней, и другие особенности реальной сцены.

Лекция №7 (Прикладное использование трехмерной машинной графики)

Архитектурное проектирование

В архитектурном проектировании существует задача анализа внешнего вида архитектурного сооружения до строительства в целях выбора облика здания, его согласования с ландшафтом и исторической застройкой. Таким образом, архитектурное проектирование представляет собой комплексную проблему в области художественного трехмерного моделирования. Традиционное решение обычно связано с физическим макетированием здания из пенопласта, пластилина, гипса и других подходящих материалов. Основной недостаток такого подхода, трудоемкость изготовления и физической переделкой модели при любом изменении конструкции. Еще одним недостатком является то, что физические модели наблюдают "с высоты птичьего полета", что не эквивалентно реальным условиям наблюдения, например, эффективно смотрящееся здание в плане при физическом наблюдении человеком с поверхности Земли представляется негармоничным или ординарным.

Реальной альтернативой традиционному подходу является использование трехмерной машинной графики в качестве инструмента моделирования. Сущность метода вполне ясна: вместо физического макета создают математическую модель и затем отображают ее с помощью компьютера. Применение машинной графики позволяет спрогнозировать облик и для наземного наблюдателя, и для обзора с крыши, из окна, с самолета, с соседних зданий.

Машинная графика является незаменимым средством архитектурного проектирования новых зданий в местах исторической застройки, где внешний вид здания должен не только разрушать специфический стиль района, но и гармонизировать с ним.

Распознавание видеообразов

Распознавание видеообразов уже долгое время остается популярной областью, привлекающей возможности самых разных областей математики, средств вычислительной техники и методов программирования. Наиболее распространенными методами распознавания изображений являются экстремально-корреляционные, статистические, структурно-лингвистические и геометрических инвариантов.

Идея **экстремально-корреляционного** решения сводится к вычислению корреляционной функции исходного изображения и изображения эталона. Если в исходном изображении найдется фрагмент, идентичный эталону, то в этом месте исходного изображения возникает локальный экстремум и таким образом устанавливается соответствие изображений.

Недостатками экстремально-корреляционного метода являются высокая чувствительность к несовпадению масштаба, ориентации, яркости и значительный объем вычислений.

Статистические методы основываются на идее сходства некоторых статистических характеристик (математического ожидания, дисперсии, гистограмм) изображения эталона и их проявлений на анализируемом изображении. Такой подход пригоден для решения задачи распознавания после того, как объект обнаружен, что само по себе остается проблемой.

Сущность **структурных методов** заключается в выделении на распознаваемом и эталонном изображении некоторых признаков и их связей, кодирование признаков и связей на формальном языке и решения задачи идентичности семантических образов эталона и анализируемого изображения. В качестве признаков, например, могут использоваться фрагменты контурной линии изображения объекта, такие как прямые и дуги определенных направлений.

Метод геометрических инвариантов оперирует такими признаками изображения, как площадь фигуры, длина периметра, величины углов смежных контурных линий, и их соотношениями в различных сочетаниях.

Все перечисленные методы объединяет общая идея сравнения эталонного и анализируемого изображений непосредственно или через вторичные признаки. Вне зависимости от метода качество сравнения в сильной степени зависит от идентичности условий освещения и наблюдения анализируемого и эталонного изображений.

Автоматизированное проектирование в машиностроении

Машиностроительное проектирование стало одной из основных прикладных областей, использующих возможности машинной графики. Практически все трудоемкие ручные операции проектировщика: создание основных видов детали, сборочного чертежа, изометрии, сечений – выполняются с высокой эффективностью автоматизированными компьютерными системами.

При использовании систем автоматизированного проектирования (САПР), конструктор работает в одной, двух или трех произвольно выбранных проекциях, используя язык, максимально приближенный к лексике данной предметной области. В результате конструирования в памяти компьютера создается модель изделия, необходимая для всех остальных процессов, связанных с доведением этого изделия до производства. В случае необходимости выпуска чертежей система позволяет передавать полученные данные в подсистему документирования, обеспечивающую оформление чертежно-конструкторской документации в соответствии с различными стандартами.

Восстановление формы скрытых объектов в медицинских исследованиях

В практике медицинских исследований и диагностике существует задача визуального наблюдения органов, закрытых мягкими тканями. Единственным инструментом получения информации об исследуемом объекте являются рентгеновские лучи и иногда ультразвуковые волны. С помощью методов томографии удастся восстановить послойную форму "среза" объекта. Информация о серии срезов достаточна для синтеза на компьютере изображения скрытого объекта в любом ракурсе. Сущность способа заключается в следующем. При получении томограмм, достаточно часто и равномерно пересекают объект от его начала до конца в выбранном направлении. Трехмерную форму объекта представляют в виде стопки поставленных друг на друга обобщенных вертикальных цилиндров. Эта стопка после специальной обработки служит математической моделью объекта, закрытого от непосредственного наблюдения. После получения модели производят ее визуализацию методами машинной графики.

Реклама и мультипликация

Визуальная привлекательность синтезированных изображений с первых шагов развития машинной графики была использована в интересах рекламы. С эстетической точки зрения машинная графика выделяется цветовыми эффектами, объединением фотографичности изображения и необычности движения предметов, возможностями отображения динамики деформации объекта. Успехи вычислительной техники позволяют произвести и полностью синтетические мультфильмы, где героями являются трехмерные компьютерные изображения насекомых, роботов и даже людей.

В трехмерной машинной графике оживление моделируется двумя основными способами: по опорным кадрам и алгебраически. Суть оживления по опорным кадрам заключается в автоматической генерации промежуточных кадров, которые словно заключены в интервале между опорными кадрами. Такой подход имеет прямую аналогию в математике интерполяция по опорным точкам. В алгебраическом оживлении движение частей описывается математическими моделями, которые отражают физические законы перемещения человеческой фигуры.

Видеотренажеры

С развитием алгоритмов моделирующих различные объекты реального мира и усложнения обучения управлению современной техникой, большое развитие получили видеотренажеры моделирующие управление техникой в реальном времени.

Графические языки. Метафайлы.

Применение интерактивной графики в информационных системах.

18 недель

19 часов — лекции

38 часов — лабораторные занятия

1. Компьютерная графика.
2. Геометрическое моделирование и решаемые им задачи.
3. Графические объекты, примитивы и их атрибуты.
4. Представление видеоинформации и ее машинная генерация.
5. Графические языки.
6. Метафайлы.
7. Архитектура графических терминалов и графических рабочих станций.
8. Реализация аппаратно-программных модулей графической системы.
9. Базовая графика.
10. Современные стандарты компьютерной графики.
11. Графические диалоговые системы.
12. Применение интерактивной графики в информационных системах.