

## **Раздел 4. Компьютерная графика.**

*При работе с данным разделом Вам предстоит:*

1. Изучить темы:

4.1. Введение в компьютерную графику.

4.1.1. Основные определения, форматы графических изображений.

4.1.2. Программные средства компьютерной графики.

4.2. Виды компьютерной графики.

4.2.1 Векторная графика.

4.2.2 Растровая графика.

4.2.3 Фрактальная графика.

4.2.4 Трехмерная графика.

4.3. Методы преобразований и визуализации в компьютерной графике.

4.4 Цветовые модели.

4.5 Модели освещения.

4.6 Методы закраски.

1. Ответить на контрольные вопросы для подготовки к тестам.

2. Ответить на вопросы рубежного теста № 4.

3. Материалы для самостоятельной подготовки указаны в файле Приложение. Источники литературы.

### **4.1 Виды компьютерной графики.**

#### **4.1.1 Основные определения**

Развитие области компьютерной графики связано с необходимостью создания, обработки, анализа, визуализации и преобразования изображения.

Опр. 4.1 Компьютерная графика (КГ) – это область информатики, занимающаяся исследованием, изучением, разработкой, применением разных методов и средств создания, хранения, обработки изображений, разработкой алгоритмов с использованием программных, аппаратных и вычислительных систем, языков программирования.

Практическое применение связано с решением разного типа задач в направлениях деловой, научной, художественной, дизайнерской, конструкторской,

рекламной, компьютерной живописи и иллюстративной графики, компьютерной анимации, веб-графики и т.д. Практически, во многих сферах жизнедеятельности применяются методы и средства компьютерной графики. Исходными данными КГ являются графические объекты.

Простыми элементами геометрических моделей (изображений) являются примитивы: точка, отрезок прямой, дуга окружность, алфавитно-цифровая литера и т.д.

Из простых примитивов можно создавать простые и сложные изображения. Для создания сложных объектов, различных визуальных эффектов и создания сцен применяют методы преобразований.

Свойство отдельного примитива называется атрибутом, который может иметь набор характеристик: цвет, яркость, вид (тип) линии и т.д.

Для того, чтобы компьютер мог обрабатывать изображения, они должны быть представлены в цифровом виде. Графические изображения, полученные разными способами и методами, сохраняются в виде файлов, в определенном формате, который представляет способ организации графических данных.

Опр. 4.2 Формат файла – структура файла, определяющая способ его хранения и отображения на экране или при печати. По расширению в названию файла можно понять тип формата изображения и в каком редакторе оно обработано.

Знание файловых форматов и их возможностей является важным при подготовке электронных публикаций, печатных и веб-документов. Основными критериями выбора формата являются совместимость программ и компактность записи.

Весь набор существующих форматов можно классифицировать по набору определенных признаков. Векторные и растровые форматы хранения и формирования компьютерных изображений наиболее востребованы.

Изображения создаются и обрабатываются в разных графических редакторах, в соответствии с предназначением которых и сохраняются в определенном формате. При работе с фотографиями нужно выбирать растровый формат, который обеспечивает точность цветопередачи. В веб-документах используются растровые форматы

изображений. При работе с логотипами, элементами дизайнерского оформления используются векторные форматы.

В таблице 4.1. представлена краткая характеристика распространенных форматов, представленных

Таблица 4.1

Наименование	Характеристика
BMP (bitmap)	Поддерживается всеми приложениями, работающими под управлением операционной системы Windows, позволяет хранить полноцветные изображения в цветовой модели RGB и индексированные изображения, не поддерживает цветовых профлей и обтравочных контуров.
JPEG (joint photographic experts group)	Сохраняет растровые изображения методом сжатия (с потерей качества), поддерживает только полутоновые и полноцветные изображения в моделях RGB и CMYK, используется в веб-приложениях, применяется для хранения высококачественных фотографий, позволяет использовать до 16 миллионов цветов.
JPEG-LS	Сохраняет растровые изображения методом сжатия, с меньшей потерей качества.
GIF (graphics interchange format)	Распространенный формат для веб-приложений, позволяющий хранить в одном файле несколько индексированных изображений, поддерживает чересстрочную развертку.
PNG (portable network graphics)	Формат программы Adobe Photoshop, применяется для создания изображений для веб-приложений.
TIFF (Tagged Image File Format)	Универсальный формат для сканированных изображений, поддерживает алгоритмы сжатия без потерь.
EPS (Encapsulated PostScript)	Описывает векторные и растровые изображения на универсальном языке PostScript.

На рисунке 4.1. представлена примерная классификация форматов графических изображений.



Рис.4.1 Форматы графических изображений

### 4.1.3. Программные средства компьютерной графики.

Для создания и обработки изображений, которые будут рассмотрены в следующей теме курса, используются специальные графические редакторы, содержащие определенный набор команд, операций для работы с графическими объектами.

Выбор того или иного редактора зависит от вида изображения, сложности обработки, желания получить определенный результат визуализации, цели создания изображения, предпочтений и т.п.

Графические редакторы бывают:

- встроенные, автономные;
- платные, бесплатные;
- растровые, векторные, фрактальные;
- создания и обработки 2d (двумерных) и/ или 3d (трехмерных) объектов;
- простые, профессиональные.

На рисунке 4.2.1,4.2.2 представлены примерные варианты классификации графических редакторов.

<p><b>1.Формата представления данных:</b> -векторный, -растровый, -фрактальный, а также по след. признаку: -создания и обработки трехмерных объектов, -САПР, моделирование, -системы имитации технических устройств, -игры.</p> <p><b>2.Числа измерений графических объектов:</b> -2 d, -3d,</p> <p><b>3.От варианта поставки редактора:</b> -простые (встроенные), -профессиональные.</p>	<p><b>4.По уровню динамизма изображений:</b> -статические, -динамические.</p> <p><b>5. По назначению:</b> -Деловая графика -Инженерная графика -Научная графика -Иллюстративная графика -Художественная и рекламная графика -Компьютерная анимация.</p> <p><b>6. По типам изображений:</b> -черно-белые, -в градациях серого, -полноцветные изображения.</p>
--	--

Рис.4.2.1 Классификация графических редакторов (вариант1)

Графические редакторы			
Встроенные	-Редактор рисунков; -Редактор формул Equation; -Редактор диаграмм Microsoft Graph; -Редактор оргдиаграмм - Microsoft Organization Chart; -Paint	Векторные	-Редактор рисунков MSOffice; -Snap Graphics. -Corel Draw.
	Самостоятельные	Растровые	-Paint; -Corel Painter; -PhotoShop.
Фрактальные		-Fractal Design Painter; -Fractal Design Expression; -Fractal Design Detailer; -Fractal Design Poser; -Art Dabblеr; -AddDepth; -Corel Bryce.	
САМР 2d,3d		-Auto Cad; -Компас.	
		3d	-3D Studio Max; -Maya; -Corel Bryce.

Рис.4.2.1 Классификация графических редакторов (вариант2)

Современные графические редакторы имеют достаточный набор команд и функций для создания простейших изображений и их обработки, а также и для создания реалистичных объектов, близких к реально существующим в живой природе (животные, люди, деревья), явления окружающего мира (дождь, снег, снежинки, горы), процессы (взрыв, огонь), которые можно представить в виде анимации.

Графических редакторы, позволяют работать с векторной, растровой, фрактальной графикой; корректировать цветовые уровни, работать со светотеневой композицией, накладывать фильтры, создавать коллажи и аппликации, обрабатывать фотографии, изменять кривые, применять маску наложения, рисовать анимации, , производить конвертацию и иным образом взаимодействовать с изображениями и фотографиями.

Проблема выбора графического редактора заключается:

- ✓ в обзоре и представлении их возможностей,
- ✓ владение навыками работы в аналогичных программах,
- ✓ большой набор функций и операций,
- ✓ высокая стоимость (можно выбрать бесплатную версию, подобрав наиболее подходящий вариант).

Поэтому, выбор графического редактора или совокупности реакторов для решения поставленной задачи по созданию, обработке, преобразованию, визуализации изображения, остается на усмотрение пользователя.

## **4.2 Виды компьютерной графики.**

В настоящее время существует много направлений развития области компьютерной графики. Основными видами КГ, зависящими от методов создания и обработки, визуализации изображений являются: векторная, растровая, фрактальная, двумерная (2d), трехмерная (3d).

Рассмотрим кратко характеристики векторных, растровых, фрактальных объектов компьютерной графики.

### **4.2.1 Особенности векторной графики.**

Все векторные объекты хранятся в компьютере в виде математических формул. Векторный формат графического изображения основан на представлении объекта в виде точек, отрезков прямых, дуг, окружностей.

Точка задаётся координатами  $x$  и  $y$ , относительно начала координат. Для задания прямой линии, представленной уравнением  $y = kx + b$  задаются два параметра  $k, b$ . Все линии, уравнения которых содержат степени не выше второй относятся к кривым, представленным в виде объектов: парабола, гипербола, эллипс, окружность. Кривые второго порядка имеют точек перегиба. С помощью кривых третьего порядка строятся векторные фигуры с изгибами.

Каждое сложное изображение в векторном формате состоит из множества частей, которые можно объединять, разбивать и редактировать независимо друг от друга. Векторные примитивы могут иметь такие свойства, как форма, толщина, цвет, тип начертания. Для каждого объекта в векторном файле хранятся его размеры, кривизна, местоположение в виде числовых коэффициентов. Благодаря этому они легко масштабируются без искажений и не зависят от разрешения. Любой объект векторной графики занимает меньше места, чем аналогичный объект растровой графики, который состоит из растров (пикселей) и задается положением и описанием цвета каждой точки.

Для создания большинства объектов векторной графики применяются сплайны.

Опр. 4.3 Сплайн – это поверхность, состоящая из прямых или кривых линий. Форма сплайна определяется типом вершин или узловых точек, через которые проходит эта линия. Объект-сплайн состоит из вершин и сегментов. Сплайны могут образовывать такие объекты, как простые линии, окружности, дуги, символы текста. Каждая вершина сплайна имеет касательные векторы, снабженные на концах управляющими точками, или маркерами. Маркеры касательных векторов управляют кривизной сегментов сплайна при входе в вершину, которой принадлежат касательные векторы, и выходе из нее. Задавать тип вершин при создании сплайнов требуется только для объектов линия. Другие разновидности готовых сплайнов, таких как например, прямоугольник, эллипс, имеют вершины, тип которых предопределен заранее. Однако, после создания таких объектов можно в любой момент изменить тип входящих в их состав вершин и выполнить настройку касательных векторов.

Знание того, какая из вершин сплайна является первой, играет очень важную роль, особенно для замкнутых кривых, когда на их основе начинается создание трехмерных объектов. Кривые делятся на замкнутые и незамкнутые. Если при создании сплайна соединить последнюю из нарисованных вершин с первой, то будет создана замкнутая форма. Замкнутые фигуры можно заполнить цветом, незамкнутые – нет. Область внутри замкнутого объекта можно залить одним цветом, смесью цветов или узором. У замкнутого объекта не может быть различных заливок или соединительных линий различной толщины и разных цветов.

В зависимости от свойств касательных векторов различают несколько типов вершин, представленных в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Тип вершин	Характеристика
С изломом	Сплайн, проходя через такую вершину, претерпевает излом, а примыкающие к вершине этого типа сегменты не имеют кривизны вблизи вершины.
Сглаженная	Кривая сплайна проводится с плавным изгибом, без излома, имея одинаковую кривизну сегментов при входе в вершину и выходе из нее.
Безье	Подобие сглаженных вершин, но позволяют управлять кривизной сегментов сплайна при входе в вершину и выходе из нее.
Безье с изломом	Касательные векторы не связаны друг с другом, маркеры можно перемещать

Владение навыками управления сплайнами позволит создавать качественные и интересные объекты в области векторной и 3d-графики.

На рисунке 4.3 представлены примеры изображений векторной графики.

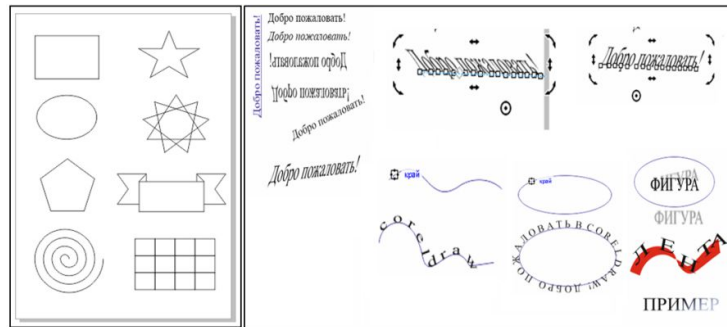


Рис.4.3 Объекты векторной графики

#### 4.2.2 Особенности растровой графики.

Растровая графика основана на создании изображения состоящего из точек. Каждая точка изображения называется пикселем. Изображение, построенное с помощью отдельных точек - пикселей, называется растровым.

Монохромное растровое изображение состоит из массива цифр (0 и 1), где значение «0» - белый цвет, значение «1» - черный цвет. В цветном изображении, каждый пиксель имеет свой цвет. Например, монитор, с разрешением 1024x768pi содержит массив из 786432 пикселей, каждый из которых, в зависимости от глубины цвета может иметь свой цвет. При хорошем качестве изображения, расстояние между пикселями человеческому взгляду незаметно, поэтому картинка воспринимается как единое целое.

Растровые изображения имеют прямоугольную форму: к любому изображению добавляется фон, превращающий рисунок в прямоугольник, как показано на рисунке 4.4. (б). Не зная размера пикселя, нельзя построить изображение на основе закодированных данных. На практике используют не размер пикселя, а задают ширину и высоту (в пикселях, в сантиметрах или в других единицах) рисунка и его разрешение.



Каждому пикселю соответствуют один или несколько байтов видеопамяти, задающих атрибуты пикселя: цвет, яркость. Следовательно, изображение на экране - это массив в видеопамяти, каждый элемент которого содержит значения атрибутов для одного пикселя.

Разрешением экрана является плотность размещения пикселей. Единицей измерения разрешения является количество точек на дюйм – dpi (dot per inch).

Устройства, которые формируют изображения из отдельных точек, называются растровыми. Видеомонитор, матричный и лазерный принтеры являются растровыми устройствами.

Недостатки растровых изображений:

- потеря качества при масштабировании.
- большой размер файла.

Существует несколько вариантов по использованию возможностей компьютерной графики:

- ✓ применение пользователем программных и аппаратных средств для решения своих задач,
- ✓ разработка методов, алгоритмов создания, преобразования, анализа, визуализации изображений,
- ✓ применение возможностей двух перечисленных вариантов для создания качественных интерфейсов программных и аппаратных средств, что требует дополнительных знаний в разных областях.

На рисунке 4.4 представлено одно и то же растровое изображения в двух видах.



а) обычное

б) увеличенное

Рис.4.4 Растровое изображение

### 4.2.3 Особенности фрактальной графики.

Фрактальная графика основана на математических вычислениях. Базовым элементом фрактальной графики является сама математическая формула. Изображениями этого вида графики могут быть как простые модели объектов, 3d модели, а так же и сложные, представляющие ландшафты и природные явления.

В отличие от векторной графики, в памяти компьютера не хранится информация об объекте, изображение строится только по уравнениям.

Фрактальный подход нашел широкое распространение во многих областях компьютерной графики, искусства и науки. Так, появилась теория фрактальных трещин, фрактальная механика древесно-полимерных композитов и другие отрасли науки. С точки зрения машинной графики фрактальная геометрия незаменима при генерации искусственных облаков, гор, поверхности моря. Фактически благодаря фрактальной графике найден способ эффективной реализации сложных неевклидовых объектов, образы которых весьма похожи на природные.

Геометрические фракталы на экране компьютера— это узоры, построенные самим компьютером по заданной программе. Они очень красивы, необычны и интересны. Многие художники на Западе (например, Мелисса Бинде) рассматривают фракталы как вид компьютерного искусства. Помимо фрактальной живописи существуют фрактальная анимация и фрактальная музыка.

Фрактальная графика также позволяет изменять и объекты растровой графики.

Например, программа FractalWorld позволяет строить изображения фракталов, описываемых системой двух уравнений второго порядка:

$$x[k+1]=a1*x[k]^2+a2*y[k]^2+a3*x[k]*y[k]+a4*x[k]+a5*y[k]+a6;$$

$$y[k+1]=b1*x[k]^2+b2*y[k]^2+b3*x[k]*y[k]+b4*x[k]+b5*y[k]+b6;$$

Редактируя коэффициенты  $a$  и  $b$ , можно создавать непохожие изображения.

Одним из основных свойств фракталов является самоподобие. Объект называют самоподобным, когда увеличенные части объекта похожи на сам объект и друг на друга. На рисунке 4.5 представлены фрактальные изображения.

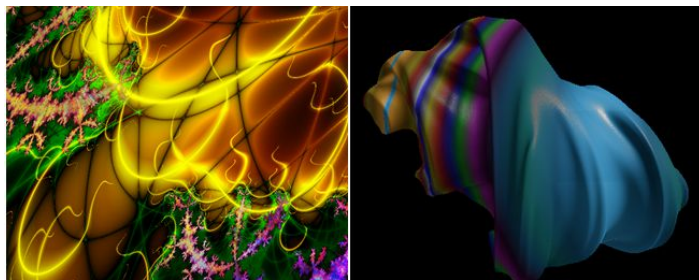


Рис. 4.5 Примеры фрактальных изображений

С помощью нескольких математических коэффициентов можно задать линии и поверхности очень сложной формы.

#### 4.2. 4 Трехмерная графика.

Трехмерная графика - область компьютерной графики, направленная на исследование и разработку методов пространственного моделирования графических объектов.

В 3d графике используются примитивы:

1. Сплайновые примитивы:

- ✓ линия,
- ✓ полилиния,
- ✓ окружность,
- ✓ дуга,
- ✓ многоугольник,
- ✓ текст,
- ✓ прямоугольник,
- ✓ эллипс,

- ✓ кольцо,
- ✓ спираль.

## 2. Простые геометрические тела:

- ✓ кубы,
- ✓ конусы,
- ✓ сферы,
- ✓ цилиндры.

## 3. Фрагменты поверхностей:

- ✓ полигональные сетки - совокупность связанных между собой плоских многоугольников,
- ✓ параметрические бикубические куски - описывают координаты точек на искривленной поверхности с помощью трех уравнений.

Для создания разных 3d графических объектов применяются методы :

- ✓ **Моделирование на основе сплайнов** - подходит для создания объектов, форма и сечение которых воспроизводятся методами выдавливания, вращения ( телефонная трубка, посуда).
- ✓ **Моделирование на основе сеток или многоугольников** - подходит для создания объектов, состоящих из плоских поверхностей (здания, простые фигурки людей, космические станции, развязки дорог).
- ✓ **Параметрическое моделирование**- предполагает использование объектов, имеющие параметры или к к-ым применяются модификаторы.
- ✓ **Моделирование на основе кусков поверхностей Безье**- подходит для создания объектов живой природы(человеческое лицо, тело, животные);
- ✓ **Моделирование на основе неоднородных рациональных В-сплайнов(NURBS)**- имитируют поверхности объектов живой природы или объектов с сильно искривленными поверхностями.

На рисунке 4.6 представлены трехмерные объекты, созданные в программе 3Ds Max, на основе сплайнов, методом вращения.

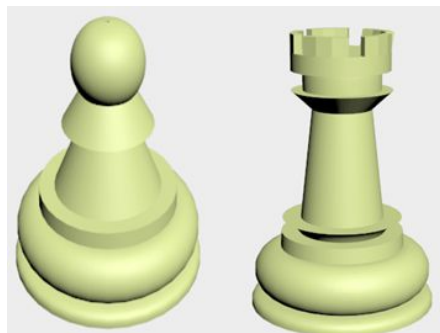


Рис. 4.6 Трехмерные объекты шахматных фигур

### 4.3. Методы преобразований в компьютерной графике.

В основе компьютерной графики заложены методы аналитической геометрии. Математическое обеспечение включает в себя методы описания, построения, преобразования, обработки и синтеза геометрических моделей объектов(изображений). Методы преобразования реализуются с помощью алгоритмов синтеза, сжатия изображений, удаления невидимых линий и поверхностей.

Для создания реалистичных изображений и их визуализации используются методы и алгоритмы описания физических явлений, которые будут рассмотрены в следующих темах.

Также важны и другие аспекты КГ, такие как:

- ✓ эргономический (требования к характеристикам изображений - геометрическим, энергетическим, временным);
- ✓ информационный (описания изображений и визуальные базы данных);
- ✓ технический (технические средства ввода, синтеза, регистрации, индикации, обработки изображений);
- ✓ программный (процедуры графики, графические программные пакеты);
- ✓ языковой (графические языки, т.е. языки описания изображений и операций над ними).

С помощью перечисленных компонентов на графических экранах формируются изображения объектов, имеющих заданную форму, реалистичный внешний вид, естественное поведение. Под естественным поведением объекта понимается соответствие фаз его «экранной жизни» законам реального мира. Например, в трехмерном пространстве объект обладает шестью степенями свободы, а его видимые размеры определяются удалением от наблюдателя. В компьютерной

графике такое поведение обеспечивается корректным применением геометрических преобразований. С их помощью отображаются перемещения и повороты объекта, а также его перспективный вид на картинной плоскости (на экране). Геометрические преобразования имеют свой аппарат описания и поддерживаются популярными графическими библиотеками OpenGL и DirectX. Без понимания существующих методов преобразований невозможно создавать реалистическое отображение динамических сцен.

Необходимо уметь управлять изображением на экране, вносить изменения в его положение, форму, ориентацию, размер.

Для разных видов преобразований, в современной компьютерной графике используют координатный метод, основанный на теориях Р.Декарта и П.Ферма, 2-мерные и 3-мерные системы координат (рис.4.7.а). Для создания различных зрительных эффектов в компьютерной графике используется центральное проецирование графических объектов на плоскости проекций (рис. 4.7. б)

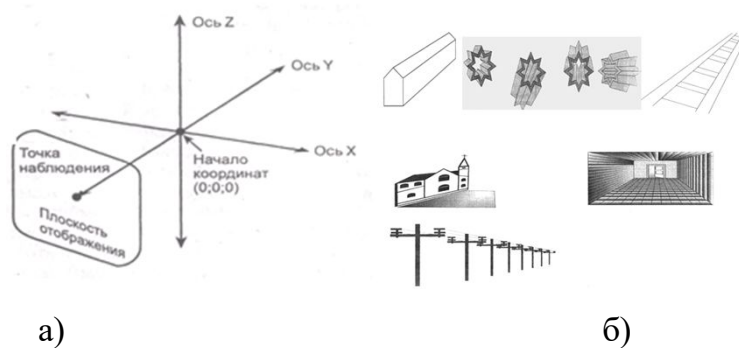


Рис. 4.7 а) Система координат б) Центральное проецирование

Алгоритмы преобразований геометрических объектов состоят из операций: масштабирование изображения (сжатие или расширение), поворот, сдвиг, мультиплицирование, зеркальное отображение, мультиплицирование и т.д.

Элементарными геометрическими преобразованиями являются: перенос (рис.4.8.а), поворот (рис.4.8.б) масштабирование (рис.4.8.в).. Под сложными геометрическими преобразованиями подразумевается одновременное выполнение

нескольких простых операций, например: поворот и перенос, поворот и масштабирование.

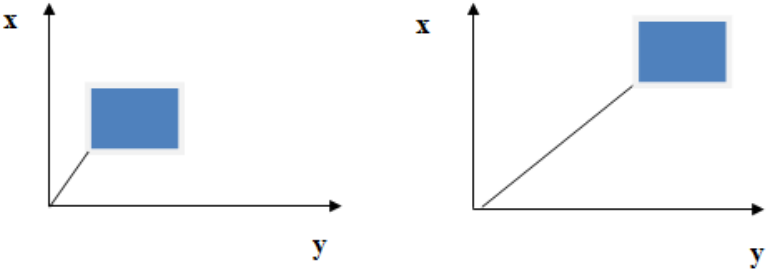


Рис.4.8 а) Перенос

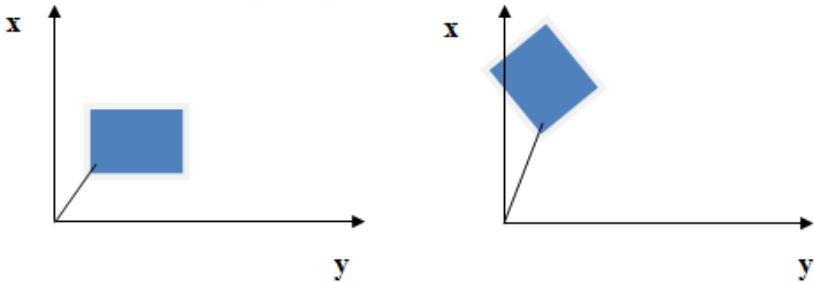


Рис.4.8 б) Поворот

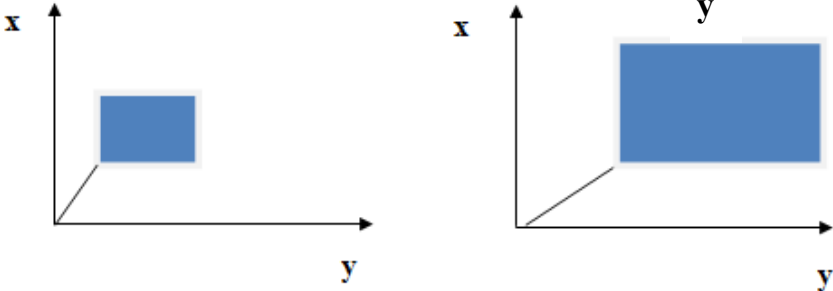


Рис.4.8 в) Масштабирование

Также, существуют другие операции преобразования объектов, например: сложение, вычитание, пересечение (рис.4.9).

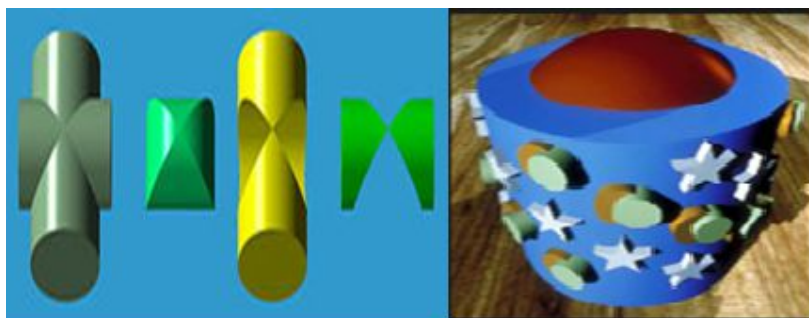


Рис.4.9 Логические операции преобразований

Можно также преобразовать 2d-изображение в 3d-изображение, применяя операции выдавливания, вращения и другие операции, реализованные в разных программных продуктах.

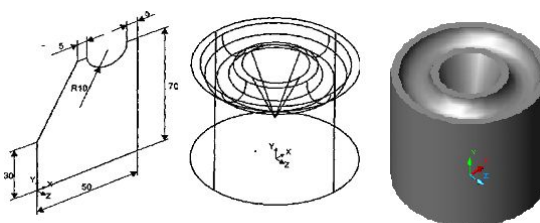


Рис.4.10 Преобразование 2d-объекта методом вращения в 3d

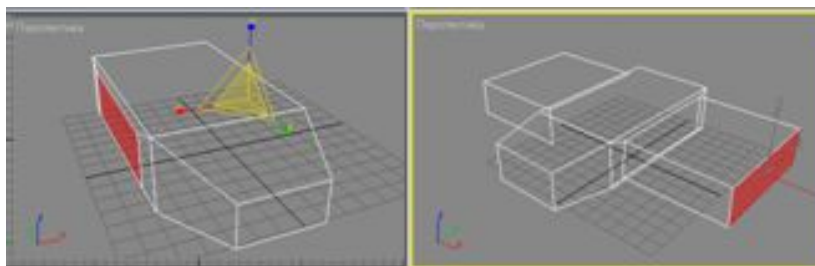


Рис.4.11 Преобразование 2d-объекта методом выдавливания в 3d

Многие методы создания реалистичных объектов, сцен в области компьютерной графики основаны на законах физики и реализованы в прикладных



графических редакторах. Также, эти законы используются при разработке алгоритмов с помощью языков программирования.

#### **4.4 Цветовые модели.**

##### **4.4.1 Соответствие цветов и управление цветом.**

Для обеспечения одинакового воспроизведения одного и того же цвета разными программными и аппаратными устройствами, например, видеомониторами, принтерами, сканерами, разработаны специальные средства, такие как: системы соответствия цветов, цветовые режимы, цветовые модели.

При работе с цветом надо иметь представление о диапазоне цветов, которые могут восприниматься или воспроизводиться наблюдателем или приёмным устройством. В совокупности цветовой и динамический диапазоны определяют область воспринимаемых цветов (цветовое пространство), в которых работают устройства ввода, вывода и обработки изображений.

Опр. 4.3 Цветовой охват - диапазон цветов, различаемый человеком и воспроизводимый устройством.

Опр. 4.4 Динамический диапазон – шкала измерения, содержащая оттенки светлых и темных элементов в изображении или поле зрения. Он имеет ограничения в связи с невозможностью получения всех цветов видимого спектра аддитивным синтезом.

Человек воспринимает больше цветов из динамического диапазона и различает градации миллионных долей яркости, в отличие от технических устройств, которые тоже имеют свой диапазон охвата.

Современные графические редакторы содержат библиотеки цветовых моделей и цветовых палитр, которые делятся на плашечные и основные. Существует проблема отличия цветовых охватов в разных моделях. Преобразование цветовых охватов выполняет система управления цветом. Системы цветосинхронизации применяют для сведения к минимуму искажений в цепочке обработки, визуализации и печати.

#### 4.4.2 Модели воспроизведения цвета

Рассмотрим некоторые модели воспроизведения цвета.

##### Цветовая модель RGB (аддитивные основные цвета).

В основе RGB-модели лежит воспроизведение любого цвета путем сложения трех основных первичных цветов: красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue). При попарном смешивании первичных цветов образуются вторичные цвета: голубой (Cyan), пурпурный (Magenta) и желтый (Yellow). Первичные и вторичные цвета относятся к базовым цветам. Цветовая модель RGB представлена на рисунке 4.12.

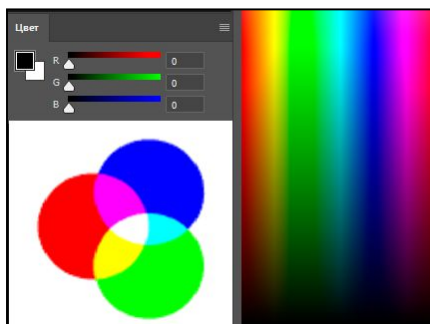


Рисунок 4.12 Модель RGB

##### Цветовые модели CMY и CMYK (субтрактивные цвета).

В основе CMY-модели лежит воспроизведение любого цвета путем вычитания. Модель использует три основных цвета: Cyan (голубой), Magenta (пурпурный, или малиновый) и Yellow (желтый). Эти цвета описывают отраженный от белой бумаги свет трёх основных цветов RGB модели. Например, если на поверхность бумаги голубого цвета будет падать красный свет, то он будет полностью поглощён. Таким образом, голубой носитель вычитает красный свет из падающего белого.

CMYK-модель образовалась добавлением black (черного) к базовым трем цветам CMY-модели.

CMYK-модель, представленная на рисунке 4.13, более точно описывает цвета при выводе изображения на печать.

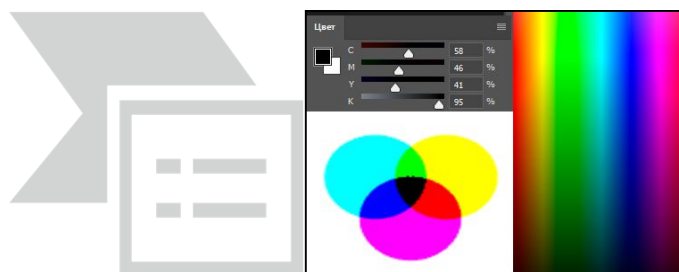


Рисунок 4.13 Субтрактивная цветовая модель CMYK

### **Цветовая модель HSB (перцепционная цветовая модель)**

Для дизайнеров, художников и фотографов основным инструментом индикации и воспроизведения цвета служит глаз. Этот естественный «инструмент» обладает цветовым охватом, намного превышающим возможности любого технического устройства.

Цветовые модели RGB и CMYK, используемые для описания технических устройств, являются аппаратно-зависимыми, то есть, зависят от характеристик устройства вывода.

Для устранения аппаратной зависимости был разработан ряд перцепционных (интуитивных) цветовых моделей. В их основу лежит принцип отдельного определения яркости и цветности. Такой подход обеспечивает ряд преимуществ:

- позволяет обращаться с цветом на интуитивно понятном уровне;
- значительно упрощает проблему согласования цветов.

HSB-модель.

HSB-модель – использует концепцию разделения яркости и цветности (цветового тона и насыщенности), более точно соответствует способу восприятия цветов зрением, позволяет описывать цвета интуитивно-ясным способом, используется во многих графических редакторах, аппаратно-зависима. В этой модели все цвета определяются с помощью комбинации трех базовых параметров, представленных на рисунке 4.14.

- цветовой тон (Hue);
- насыщенность (Saturation);
- яркость (Brightness).

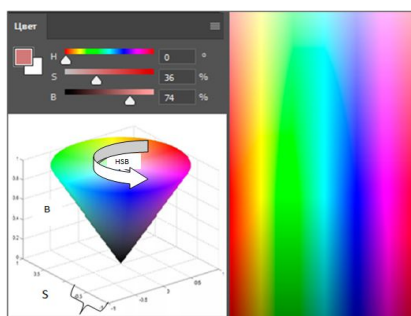


Рисунок 4.14 Модель HSB

H – частота света, принимает значение от 0 до 360 градусов.

S – насыщенность цвета, значение определяется радиусом конуса.

B – яркость, определяет уровень (высота конуса) белого света, принимает значения от 0 до 100%.

### Lab-модель (перцепционная цветовая модель)

Lab-модель описывает цвета так, как они воспринимаются человеком, является аппаратно-независимой. Цветовая модель Lab, используемая в компьютерной графике (см.рис.4.15), является производной от цветовой модели XYZ. Название она получила от своих базовых компонентов L, a и b.

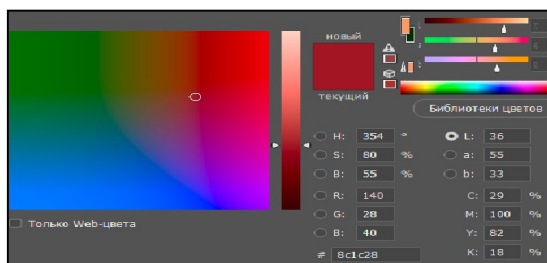


Рисунок 4.15. Модель Lab

L – яркость изображения.

a и b – цвета изображения (т. е. a и b - хроматические компоненты).

Компонент a изменяется от зеленого до красного, а b - от синего до желтого. Яркость в этой модели отделена от цвета, что удобно для регулирования контраста, резкости.

Все цветовые модели являются математическими, легко конвертируются одна в другую по простым формулам. Такие конверторы встроены во все профессиональные графические программы.

## 4.4. Модели освещения.

### 4.4.1 Модели освещения.

Человек воспринимает информацию окружающего нас мира с помощью разных органов чувств. Это зрение, слух, обоняние, тактильные ощущения. Большую часть информации мы получаем через зрение. Объект можно увидеть, если он пропускает или отражает свет. Количество (интенсивность) поглощенной, отраженной или пропущенной энергии зависит от длины волны. Чем больше длина волны, тем лучше отражение. Если объект поглощает весь свет, то он невидим и называется абсолютно черным телом.

Световая энергия, падающая на поверхность, может быть:

- ✓ поглощена (превращена в тепло),
- ✓ отражена,
- ✓ пропущена.

Свойства отраженного света зависят:

- ✓ От вида источника света,
- ✓ От ориентации,
- ✓ Свойств поверхности.

Вид источника света:

- ✓ распределенный источник (группа ламп дневного света),
- ✓ точечный источник (Солнце, лампа накаливания),

Наиболее прост для моделирования рассеянный естественный свет, т.к. он обеспечивает постоянное освещение поверхностей независимо от их ориентации. Но изображение нечеткое.

Более сложным (с точки зрения моделирования), но зато более реальным источником света является точечный источник, при использовании которого освещенность поверхности зависит от ее ориентации: если лучи направлены

перпендикулярно к поверхности, она освещена ярко. Чем меньше угол падения лучей, тем меньше освещенность. Такое изменение освещенности позволяет эффективно распознавать трехмерную структуру объекта.

Повышение реалистичности изображения может быть достигнуто путем воспроизведения теней, которые отбрасывает объект, освещенный точечным источником света. Тени повышают реалистичность и являются дополнительным средством распознавания глубины.

Так как, определяющее влияние на характер распределения света оказывает структура поверхности, то, следующий путь повышения реалистичности — воспроизведение свойств, структуры поверхности.

Одни поверхности являются матовыми и рассеивают отраженный свет по разным направлениям; другие - обладают блеском и отражают свет только в некоторых направлениях. Поверхности могут также получиться прозрачными, т.е. пропускать (и преломлять) часть света и одновременно отражать другую часть.

Другим свойством поверхности является их фактура: очень редко поверхности бывают совершенно гладкими, однако именно такими их моделируют с помощью многоугольников и бикубических параметрических поверхностей.

Существуют 4 типа структуры поверхностей:

- ✓ Ортотропные(диффузные),
- ✓ Зеркальные,
- ✓ Обратно-отражающие,
- ✓ Поверхности со смешанным отражением.

Разнообразие моделей освещения, применяемых в процессе формирования изображений компьютером - это попытка увеличить количество информации, которую мозг может извлечь. Этот вопрос был рассмотрен в главе 3. Эргономика и дизайн.

Большая часть данных, поступающих через зрение, не обладает большой ценностью. Мозг отвергает лишнее, позволяя сконцентрироваться на главном, и добавляет недостающие сведения.

Конечная сцена может быть упрощена еще больше, если сцена находится в движении.

Цель разработчика фотореалистичной графики – попытаться смоделировать взаимодействие света с объектами сцены настолько аккуратно, чтобы оно могло выдержать тщательную проверку человеческим мозгом.

Кроме того, необходимо учитывать 2-е особенности глаза:

- Глаз приспособляется к средней яркости сцены, поэтому область с постоянной яркостью на темном фоне кажется ярче или светлее, чем на светлом.
- Границы областей постоянной яркости кажутся более яркими.  
Данный эффект является причиной слишком резкого перепада яркости на граничных ребрах, где происходит изменение яркости между соседними плоскостями. Это явление называется эффектом полос Маха.

В графических редакторах есть функции, отвечающие за настройку параметров, относящихся к освещению. В алгоритмах реализованы разные модели, отвечающие за эффекты освещения. На рисунке 4.16., показан пример настройки параметров в редакторе Corel PHOTO-PAINT.

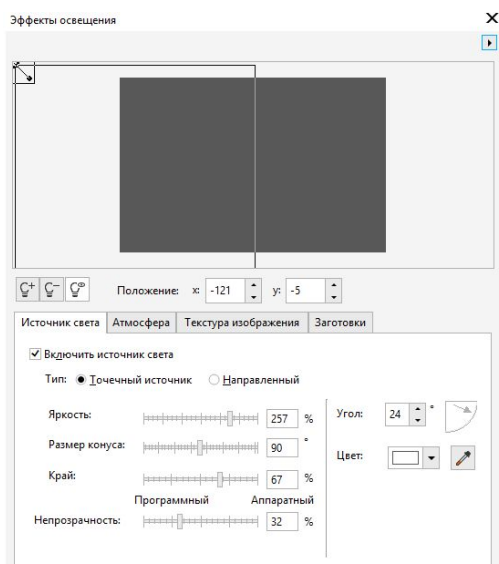


Рисунок 4.16. Эффекты освещения

Также, в графических редакторах имеются команды настройки яркости, контрастности, интенсивности.

#### 4.5 Методы закраски

Существуют три основных метода закраски объектов, заданных полигональными сетками. В порядке возрастания сложности ими являются:

- однотонная закраска,
- закраска, основанная на интерполяции значений интенсивности,
- закраска, построенная на основе интерполяции векторов нормали.

В каждом из этих случаев может быть использована любая из моделей закраски. При цветной закраске графического объекта требуется рассматривать три метода.

**Однотонная закраска.** При однотонной закраске вычисляется один уровень интенсивности, который используется для закраски всего многоугольника объекта (рис. 4.17).



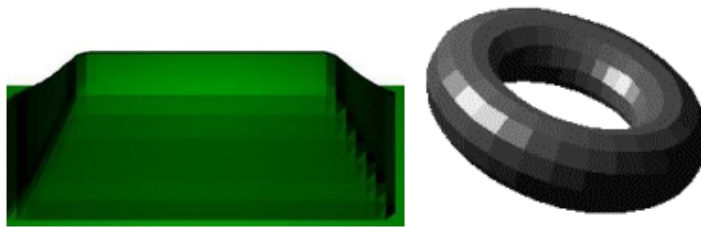


Рисунок 4.17 Однотонная закраска

Метод относительно прост, но низкое качество реалистичности.

**Метод Гуро.** Метод закраски, который основан на интерполяции интенсивности света.

Этот метод предназначен для создания иллюзии гладкой криволинейной поверхности, описанной в виде многогранников или полигональной сетки с плоскими гранями. Если каждая плоская грань имеет один постоянный цвет, определенный с учетом отражения, то различные цвета соседних граней очень заметны, и поверхность выглядит именно как многогранник. Казалось бы, этот дефект можно замаскировать за счет увеличения количества граней при аппроксимации поверхности. Но зрение человека имеет способность подчеркивать перепады яркости на границах смежных граней — такой эффект называется эффектом полос Маха. Поэтому для создания иллюзии гладкости нужно намного увеличить количество граней, что приводит к существенному замедлению визуализации - чем больше граней, тем меньше скорость рисования объектов.

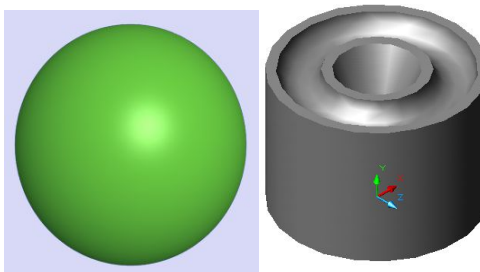


Рисунок 4.18 Метод Гуро

**Метод Фонга.** Аналогичен методу Гуро, но при использовании метода Фонга для определения цвета в каждой точке интерполируются не интенсивности отраженного света, а векторы нормалей (рис.4.19).

Метод Фонга сложнее, чем метод Гуро. Для каждой точки (пиксела) поверхности необходимо выполнять намного больше вычислительных операций. Тем не менее, он дает значительно лучшие результаты, в особенности при имитации зеркальных поверхностей.

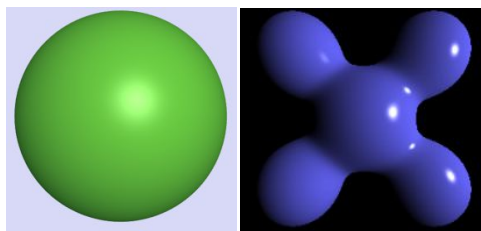


Рисунок 4.19 Метод Фонга

Все перечисленные аспекты важны в создании методов и алгоритмов обработки и визуализации изображений в области компьютерной графики, а также для однозначности передачи и восприятия цвета.

На восприятие цвета наблюдателем также оказывает влияние температура объекта, которая зависит от источников света. Точное определение характеристик источника света является важной частью описания цвета во многих приложениях.

Стандарты CIE создают универсальную систему предопределенных спектральных данных для нескольких широко применяемых типов источников света. ГОСТ Р ИСО 11476-2010 [<http://docs.cntd.ru/document/1200087719>].

Цветовые температурные стандарты CIE разных источников света CIE впервые были учреждены в 1931 году и были обозначены буквами А, В и С.

Источник цвета типа А представляет собой лампу накаливания с цветовой температурой примерно 2856 К. Источник цвета типа В – это прямой солнечный свет с цветовой температурой примерно 4874 К. Источник цвета типа С – это не прямой солнечный свет с цветовой температурой примерно 6774 К.

Впоследствии CIE добавил к этому набору типы D, E, F. Типу D соответствуют различные условия дневного освещения с определенной цветовой температурой.

## **Контрольные вопросы по теме «Компьютерная графика»**

1. Направления и задачи компьютерной графики.
2. Физические основы компьютерной графики.
3. Графические форматы изображений.
4. Что понимается под термином атрибут?
5. Виды преобразований в компьютерной графике.
6. Системы координат в компьютерной графике.
7. Дать определение примитиву, привести примеры.
8. Разновидности графических объектов.
9. Какие операции позволяют преобразовать 2d объект в 3d объект?
10. Как связаны между собой аналитическая геометрия и компьютерная графика?
11. Как описываются объекты векторной графики?
12. Как описываются объекты растровой графики?
13. Какие цветовые модели вы знаете?
14. Каковы особенности формата gif?
15. Как связаны размер и объем изображения?
16. Перечислите достоинства и недостатки растровой графики.
17. Перечислите достоинства и недостатки векторной графики.
18. Как хранится описание векторных изображений?
19. Почему векторная графика не позволяет получать изображения фотографического качества?
20. Для решения каких задач обработки изображений используются растровые программы?
21. Для решения каких задач обработки изображений используются векторные программы?
22. Какие программы (растровые или векторные) предоставляют возможность улучшать резкость изображения, осветлять или затемнять отдельные его фрагменты?
23. По какому принципу действия строятся субтрактивные цветовые модели?

24. На чём базируются перцепционные цветовые модели?