**Компьютерная графика**

**1. Цветовые системы RGB и CMYK**

**Цветовая система RGB**

RGB (Red, Green, Blue) – аддитивная цветовая модель, основанная на смешении трех основных цветов: красного, зеленого и синего. Эта система используется для отображения цветов на электронных устройствах (мониторах, экранах смартфонов, телевизорах).

**Принципы работы RGB:**

• Основана на излучении света (аддитивное смешение)

• При смешении всех трех компонентов с максимальной интенсивностью получается белый цвет • При отсутствии всех компонентов получается черный цвет

• Каждый компонент обычно кодируется 8 битами (значения 0-255)

**Представление некоторых цветов в RGB:**

• Черный: (0, 0, 0)

• Белый: (255, 255, 255)

• Красный: (255, 0, 0)

• Зеленый: (0, 255, 0)

• Синий: (0, 0, 255)

• Желтый: (255, 255, 0)

• Пурпурный: (255, 0, 255)

• Голубой: (0, 255, 255)

**Цветовая система CMYK**

CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black) – субтрактивная цветовая модель, используемая преимущественно в полиграфии и других печатных технологиях.

**Принципы работы CMYK:**

Основана на поглощении света (субтрактивное смешение)

При отсутствии всех компонентов получается белый цвет (цвет бумаги)

При смешении голубого, пурпурного и желтого теоретически должен получаться черный, но на практике получается темно-коричневый, поэтому добавляется четвертый компонент – черный (K) • Компоненты выражаются в процентах от 0% до 100%

**Представление некоторых цветов в CMYK:**

• Черный: (0%, 0%, 0%, 100%)

• Белый: (0%, 0%, 0%, 0%)

• Красный: (0%, 100%, 100%, 0%)

• Зеленый: (100%, 0%, 100%, 0%)

• Синий: (100%, 100%, 0%, 0%)

• Голубой: (100%, 0%, 0%, 0%)

• Пурпурный: (0%, 100%, 0%, 0%)

• Желтый: (0%, 0%, 100%, 0%)

**2. Гистограммы тоновых изображений**

Гистограмма тонового изображения – графическое представление распределения яркостей пикселей в изображении. По горизонтальной оси откладываются уровни яркости (обычно 0-255), по вертикальной – количество пикселей с данным уровнем яркости.

**Анализ гистограммы позволяет определить:**

• Общую яркость изображения (смещение гистограммы влево – темное, вправо – светлое)

• Контрастность (узкая гистограмма – низкий контраст, широкая – высокий контраст)

• Наличие областей с потерей деталей (пики на краях гистограммы)

• Преобладающие тона (пики на гистограмме)

**Выравнивание гистограммы**

Выравнивание гистограммы (histogram equalization) – метод обработки изображений, который улучшает контраст путем "растяжения" динамического диапазона яркостей.

**Алгоритм выравнивания гистограммы:**

1. Построение гистограммы исходного изображения

2. Расчет функции кумулятивного распределения (CDF)

3. Нормализация CDF для получения новых значений яркости

4. Преобразование яркостей пикселей исходного изображения согласно новой функции

**Математически это выражается формулой:**

g(i) = round((L-1) × cdf(i))

где:

• g(i) – новое значение яркости

• L – количество уровней яркости (обычно 256)

• cdf(i) – нормализованная кумулятивная функция распределения

**Матрицы совместной встречаемости уровней серого тона**

Матрица совместной встречаемости уровней серого тона (Gray Level Co-occurrence Matrix, GLCM) – инструмент для анализа текстуры изображения, который учитывает пространственные отношения между пикселями.

**GLCM характеризует, как часто разные комбинации яркостей пикселей встречаются в изображении при** **заданном пространственном отношении.**

**Формирование GLCM:**

1. Выбор направления и расстояния между пикселями

2. Подсчет количества пар пикселей с яркостями i и j

3. Формирование матрицы, где элемент (i,j) содержит число таких пар

**На основе GLCM вычисляются различные характеристики текстуры:**

• Энергия – мера однородности изображения

• Контраст – мера локальных вариаций

• Корреляция – мера линейной зависимости

• Гомогенность – мера близости распределения к диагонали

• Энтропия – мера неупорядоченности

**3. Линейная и нелинейная фильтрации тоновых изображений**

**Линейная фильтрация**

Линейная фильтрация – процесс обработки изображения, при котором значение яркости каждого пикселя заменяется взвешенной суммой яркостей соседних пикселей. Математически это описывается операцией свертки (convolution).

**Основные типы линейных фильтров:**

1. **Сглаживающие фильтры (фильтры низких частот):**

Фильтр усреднения (box filter):

h = 1/9 × [ 1 1 1 ] [ 1 1 1 ][ 1 1 1 ]

Гауссовский фильтр:

h = 1/16 × [ 1 2 1 ] [ 2 4 2 ][ 1 2 1 ]

2. **Фильтры подчеркивания краев (фильтры высоких частот):**

|  |
| --- |
| Лапласиан: |
| h = [ 0 -1 0][-1 4 -1 ] [ 0 -1 0 ]  Операторы Собеля:  h\_x = [ -1 0 1 ] [ -2 0 2 ] [ -1 0 1 ] |

**Нелинейная фильтрация**

Нелинейная фильтрация – процесс обработки изображения, при котором значение яркости каждого пикселя заменяется результатом некоторой нелинейной функции от яркостей соседних пикселей.

**Основные типы нелинейных фильтров:**

1. **Медианный фильтр:**

◦ Заменяет значение пикселя на медиану значений в его окрестности

◦ Эффективен для удаления импульсного шума ("соль и перец")

◦ Хорошо сохраняет границы объектов

2. **Ранговые фильтры:**

◦ Минимальный фильтр (эрозия) – заменяет пиксель на минимальное значение в окрестности

◦ Максимальный фильтр (дилатация) – заменяет пиксель на максимальное значение в окрестности

3. **Билатеральный фильтр:**

◦ Учитывает как близость пикселей в пространстве, так и близость их яркостей

◦ Сглаживает изображение, сохраняя края

◦ Используется для удаления шума с сохранением деталей

**Сравнение линейной и нелинейной фильтрации:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Линейная фильтрация** | **Нелинейная фильтрация** |
| Математическая модель | Свертка | Различные нелинейные операции |
| Влияние на края | Часто размывает | Часто сохраняет |
| Удаление импульсного шума | Малоэффективно | Эффективно |
| Вычислительная сложность | Обычно ниже | Обычно выше |

**4. Использование видового и перспективного преобразований при** **построении изображений трехмерных объектов**

**Видовое преобразование**

Видовое преобразование (view transformation) – преобразование координат объектов из мировой системы координат в видовую систему координат, связанную с наблюдателем (камерой).

**Основные параметры видового преобразования:**

• Положение камеры (eye point)

• Точка, на которую направлена камера (look-at point)

• Вектор, указывающий направление "вверх" (up vector)

**Матрица видового преобразования:**

V = R × T

где:

• R – матрица поворота, выравнивающая оси координат с осями камеры

• T – матрица переноса, перемещающая начало координат в точку расположения камеры

**Перспективное преобразование**

Перспективное преобразование (perspective transformation) – проецирование трехмерных объектов на двумерную плоскость с учетом эффекта перспективы, при котором более удаленные объекты выглядят меньше.

**Основные параметры перспективного преобразования:**

• Угол обзора (field of view, FOV)

• Соотношение сторон экрана (aspect ratio)

• Расстояние до ближней плоскости отсечения (near clipping plane)

• Расстояние до дальней плоскости отсечения (far clipping plane)

**Матрица перспективного преобразования создает усеченную пирамиду видимости (frustum).**

**Полный конвейер преобразований для построения 3D-изображений:**

1. Модельное преобразование – из локальной системы координат объекта в мировую

2. Видовое преобразование – из мировой системы в систему координат камеры

3. Перспективное преобразование – проецирование на плоскость изображения

4. Переход к экранным координатам – преобразование координат проекции в координаты пикселей

**5. Алгоритмы удаления невидимых линий при построении каркасных** **моделей трехмерных объектов**

Каркасная модель (wireframe model) – представление трехмерного объекта в виде набора линий (ребер), соединяющих вершины объекта.

**Основные алгоритмы удаления невидимых линий:**

1. **Алгоритм Робертса:**

Один из первых алгоритмов удаления невидимых линий

Работает с выпуклыми многогранниками

Ребро считается видимым, если хотя бы один из инцидентных ему многоугольников обращен к наблюдателю

2. **Алгоритм художника (Painter's algorithm):**

◦ Основан на принципе рисования от дальних объектов к ближним

◦ Все многоугольники сортируются по расстоянию от наблюдателя

◦ Отрисовываются в порядке от дальних к ближним

◦ Может иметь проблемы с циклическими перекрытиями

3. **Z-буфер (буфер глубины):**

◦ Для каждого пикселя экрана хранится z-координата (глубина) ближайшей точки

◦ При обработке новой точки ее z-координата сравнивается с сохраненной

◦ Если новая точка ближе, ее координаты и цвет записываются в буферы

◦ Наиболее распространенный алгоритм в современной компьютерной графике

4. **Алгоритм плавающего горизонта:**

◦ Специализированный алгоритм для функциональных поверхностей

◦ Подходит для поверхностей вида z = f(x,y)

◦ Построчная обработка изображения с отслеживанием верхнего и нижнего "горизонтов"

5. **BSP-деревья (Binary Space Partitioning):**

◦ Разделение пространства плоскостями объектов

◦ Создание бинарного дерева для определения порядка отрисовки

◦ Обход дерева в зависимости от положения наблюдателя

◦ Эффективен для статических сцен

**6. Сегментация тоновых изображений**

Сегментация изображения – процесс разделения изображения на несколько сегментов (областей, объектов) с похожими характеристиками. Целью сегментации является упрощение и/или изменение представления изображения для облегчения его анализа.

**Основные методы сегментации:**

1. **Пороговая сегментация (Thresholding):**

◦ Разделение пикселей по уровню яркости

◦ Порог может быть глобальным или адаптивным

◦ Метод Оцу – автоматическое определение оптимального порога

◦ Простота реализации, но ограниченная эффективность

2. **Сегментация на основе обнаружения краев:**

◦ Выделение краев с помощью операторов Собеля, Канни и др.

◦ Связывание краев для формирования замкнутых контуров

◦ Чувствительность к шуму и проблемы с формированием замкнутых областей

3. **Сегментация методом разрастания областей (Region growing):**

◦ Начинается с "семян" – начальных пикселей

◦ Область расширяется, включая соседние пиксели с похожими свойствами

◦ Хорошо работает для однородных областей, но чувствительна к выбору начальных точек

4. **Сегментация методом водораздела (Watershed):**

◦ Изображение рассматривается как топографическая поверхность

◦ "Затопление" начинается с локальных минимумов

◦ Границы формируются на "водоразделах"

◦ Склонность к избыточной сегментации

5. **Сегментация методом кластеризации:**

◦ Группировка пикселей в кластеры по их характеристикам

◦ Алгоритмы K-средних, нечеткие C-средние

◦ Не требует предварительной информации о форме объектов

6. **Сегментация на основе графов:**

◦ Изображение представляется как граф, где вершины – пиксели

◦ Разрез графа минимизирует функцию энергии

◦ Глобальный подход к сегментации, но высокая вычислительная сложность

**Оценка качества сегментации:**

• Визуальная оценка

• Сравнение с эталонной сегментацией

• Количественные метрики (точность, коэффициент Дайса, IoU)

Выбор метода сегментации зависит от характеристик изображения, требуемой точности и вычислительных ресурсов.