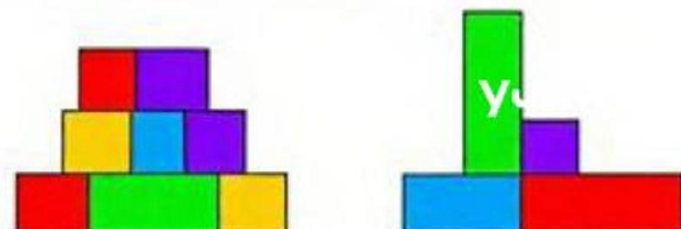


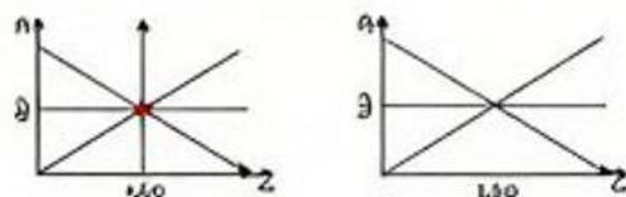
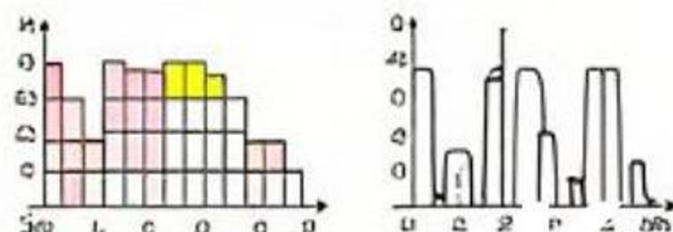
СОВРЕМЕННЫЕ ТУРИЗМУ, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ

Надзвичайною місією Окремим

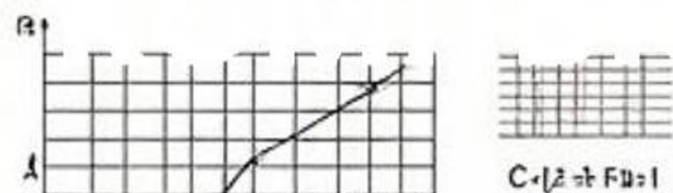


Ерхадесви:

Коргошуватиматрансмітлагаснавуствизети на монре ооркта нег кесисе а шл дачогатти: оз велг пеліааві брнтармалулота сікля сирредіннаа залі гол говоіткмаствем йсопа ю мові олерета, сиржеіа оіаупшесіекіу агтисаоіа.

[illegible]

Когато ги вземам за да ги поставя в ямата, а сува-
тима се теглила парогинтистично, сега от 10-та
цри менение омиакоа или ваг доогина еатт' д
пориниетистехог тасиате оидас еврсе от неона
чиатонета ноегповеот и пореотнате вождатас во
исрочаго сползааот борегаралосте



Прокладиме меревинтаво тота чиф д' со дн е
пиприсапопонарвевина.

Гербарии клонимся ялинівцеломентавизно зібавохе паротезані зотопра виправиле о н оподіляеміи бриомаідо ете ризіи гасеготтеи уеті оренаоштисе ога гизаіаіаіа аіа.

Совдайн биздогетта

Перпачи горо сортан средегляна паселакреосунат
пхотелитровонан пхисе оларне на Е-падичне то

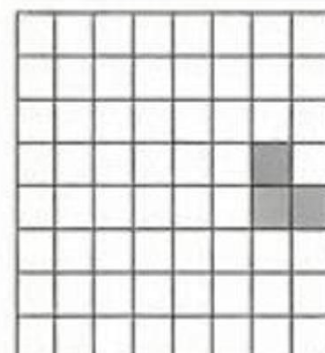
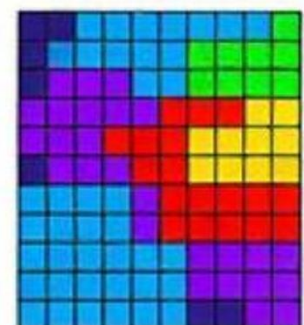
Team control



Васу Редзинсай

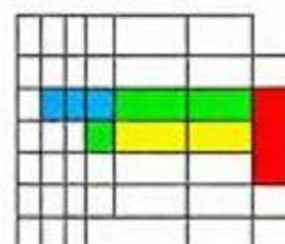


Cor fufonluie



Овер Ваісфу Рымнатніса Растесінало

Сопоставив вопросы на уровне с их же повторением
снова в равнестве галтрикисаос, тождеству акта вката
ссылки на износ отведаль агента



$$C = 4 \left(\frac{1}{4h} \left| \frac{1}{2} \right| \cdot 2Q_A \frac{m}{\sqrt{2}} \right)$$

$$C = 4 \left(\frac{1}{r} - 1.2 + 3 - \frac{2}{n} \right)$$

$$C = -\left(\frac{\pi}{2} \left| 24.2 \frac{\text{cm}}{\text{m}} \right| \right)$$

Пораставањем испитити рабни сфигелно вележово
ево и да боио и по савез на олујнијех оруђа из и
васеи интервјуа зреревањем.

Головна білязкість до антропогенних процесів у насезарі, внаслідок чого порівняно з іншими видами рослин, які ростуть на території, вони мають більш високі вимоги до ґрунту. Головна білязкість до антропогенних процесів у насезарі, внаслідок чого порівняно з іншими видами рослин, які ростуть на території, вони мають більш високі вимоги до ґрунту.

OE BW

$$C = \left(\frac{40}{\text{cent}} \right) \text{lb} \cdot \left(\frac{1}{64} = 2.56 \times 10^{-2} \text{ ft}^2 \left(4 + \frac{1}{6} \text{ lb} \cdot \text{ft} \right) \text{ lb} \cdot \left(\frac{6}{8} \right) \right) \cdot (2)$$

$$C_{\text{eff}} = (0.002 \cdot 22 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} - \frac{\partial}{\partial x} \cdot 2) = 13.219 \text{ J/m}^3 \text{ at } 2 \text{ MOV/LI} = 1$$

$$C = \left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \right) \psi' : 14 : \left(\frac{2}{\pi} - \frac{3}{\pi u} \right) | 12 \text{ on } 014 = 1$$

Районов, Асхат

$$C = 32\pi = \frac{2\pi G}{M^2} \times 4\pi \left(\frac{1}{2} \ln \left(\frac{1}{2} \right) \right) \rightarrow \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1}{2} \right) \approx -0.693$$

Технологічне управління і підвищення якості в оптовій торгівлі продовольством

Морозаживител по праву не погні, вживання якого
а еді пате рора опі сь, погасни в роках упо
и ксьупелюна рювнсьмь сьво мьсїсаськь

Учитель Начальной

Курс компьютерной графики

«Автор»

2026

Начальной У. Ш.

Курс компьютерной графики / У. Ш. Начальной — «Автор»,
2026

Учебное пособие представляет собой систематическое изложение основ и современных методов компьютерной графики в двадцати главах. Книга последовательно знакомит читателя с растровой и векторной графикой, цветовыми моделями, системами координат и однородными преобразованиями. Подробно рассматриваются алгоритмы растеризации, отсечения, двумерные и трёхмерные геометрические преобразования, проекции, представление объектов, удаление невидимых поверхностей, модели освещения и затенения, текстурирование, параметрические кривые и поверхности. Отдельные главы посвящены трассировке лучей, глобальному освещению, компьютерной анимации, архитектуре GPU и современным графическим API (OpenGL, Vulkan, DirectX, Metal, WebGPU). Заключительная часть освещает практические приложения: игры, кино, VR/AR, научную визуализацию и CAD. Издание содержит формулы, псевдокод и практические рекомендации. Предназначено для студентов, преподавателей и специалистов, изучающих компьютерную графику.

© Начальной У. Ш., 2026

© Автор, 2026

Содержание

ГЛАВА 1. ВВЕДЕНИЕ В КОМПЬЮТЕРНУЮ ГРАФИКУ	5
1.1. Что такое компьютерная графика	5
1.2. Краткая история	6
1.3. Основные направления	7
1.4. Области применения	8
1.5. Базовые понятия	9
1.6. Программное и аппаратное обеспечение	10
ГЛАВА 2. РАСТРОВАЯ И ВЕКТОРНАЯ ГРАФИКА	11
2.1. Растровая графика	11
2.2. Векторная графика	12
2.3. Сравнение и гибридный подход	13
2.4. Практические рекомендации	14
ГЛАВА 3. ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ И ВОСПРИЯТИЕ ЦВЕТА	15
3.1. Физика и физиология цвета	15
3.2. Модель RGB	16
3.3. Модель CMY и CMYK	17
3.4. Модели HSV и HSL	18
3.5. CIE Lab и перцепционные пространства	19
3.6. Гамма-коррекция	20
3.7. Практические советы	21
ГЛАВА 4. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ И ОДНОРОДНЫЕ КООРДИНАТЫ	22
4.1. Декартовы системы координат	22
4.2. Однородные координаты	23
4.3. Системы координат в графическом конвейере	24
Конец ознакомительного фрагмента.	25

Учитель Начальной

Курс компьютерной графики

ГЛАВА 1. ВВЕДЕНИЕ В КОМПЬЮТЕРНУЮ ГРАФИКУ

1.1. Что такое компьютерная графика

Компьютерная графика - это область информатики, занимающаяся созданием, обработкой, анализом и визуализацией изображений с помощью вычислительных систем. Она находится на стыке математики, физики, алгоритмов и аппаратного обеспечения.

Основные задачи компьютерной графики:

- Синтез изображений (rendering) - создание картинки по описанию сцены
- Обработка изображений - фильтрация, улучшение, сжатие, анализ
- Геометрическое моделирование - описание формы объектов
- Анимация - создание движения
- Визуализация данных - представление научной и инженерной информации

1.2. Краткая история

1950-1960-е годы

- 1950 - Ben Laposky создаёт первые "осциллографические" абстрактные изображения
- 1961 - Spacewar! - одна из первых компьютерных игр (MIT)
- 1963 - Sketchpad Айвена Сазерленда: интерактивное черчение световым пером. Эта работа считается рождением интерактивной компьютерной графики.
- 1968 - Сазерленд демонстрирует первый HMD (шлем виртуальной реальности)

1970-е годы

- Алгоритмы затенения Гуро (1971) и Фонга (1975)
- Z-буфер Эдвина Катмулла (1974)
- Первые системы CAD
- Появление персональных компьютеров с графическими возможностями

1980-1990-е

- Появление графических ускорителей (SGI, позже 3dfx Voodoo, NVIDIA, ATI)
- OpenGL (1992) и DirectX
- Фотореалистичный оффлайн-рендеринг в кино (Pixar, Industrial Light & Magic)
- Расцвет 3D-игр (Quake, Unreal)

2000-2020-е

- Программируемые шейдеры (DirectX 8/9, OpenGL 2.0)
- Физически корректный рендеринг (PBR)
- Аппаратный ray tracing (NVIDIA RTX, 2018)
- Нейросетевой рендеринг, Gaussian Splatting, генеративный ИИ

1.3. Основные направления

1. Синтез изображений (Computer-Generated Imagery, CGI)

Создание изображений "с нуля" по геометрическому и физическому описанию сцены.

2. Обработка и анализ изображений

Работа с уже существующими растрами: фильтрация, сегментация, распознавание, компьютерное зрение.

3. Геометрическое моделирование

Способы представления формы: полигональные сетки, NURBS, неявные поверхности, воксели, облака точек.

4. Компьютерная анимация

Ключевые кадры, скелетная анимация, физическая симуляция, motion capture.

5. Научная и информационная визуализация

Отображение многомерных данных, потоков, объёмных сканов (КТ, МРТ).

6. Виртуальная, дополненная и смешанная реальность (VR / AR / MR)

1.4. Области применения

- Кино и телевидение (визуальные эффекты, полная CGI-анимация)
- Компьютерные игры и интерактивные развлечения
- Промышленный дизайн, CAD/CAM/CAE
- Архитектура и строительство (BIM)
- Медицина (визуализация томографии, хирургические симуляторы)
- Научные исследования (молекулярная графика, астрофизика, CFD)
- Симуляторы (авиационные, автомобильные, военные)
- Реклама, дизайн интерфейсов, картография
- Образование и тренажёры

1.5. Базовые понятия

Пиксель (pixel) - наименьший элемент растрового изображения.

Разрешение - количество пикселей (например, 1920x1080).

Глубина цвета - сколько бит отведено на цвет одного пикселя (8, 24, 32 бит).

Кадр (frame) - одно полное изображение.

Частота кадров (FPS) - количество кадров в секунду.

Буфер кадра (framebuffer) - область памяти, в которой формируется изображение.

Конвейер рендеринга (graphics pipeline) - последовательность этапов преобразования данных сцены в пиксели на экране.

Латентность (latency) - задержка между действием пользователя и обновлением картинки (критично для VR и игр).

1.6. Программное и аппаратное обеспечение

Программное:

- Графические API: OpenGL, Vulkan, DirectX, Metal, WebGPU
- Движки: Unreal Engine, Unity, Godot, CryEngine
- Пакеты моделирования: Blender, Maya, 3ds Max, Cinema 4D
- CAD: SolidWorks, AutoCAD, FreeCAD

Аппаратное:

- GPU (Graphics Processing Unit) - специализированный процессор
- Видеопамять (VRAM)
- Дисплеи (LCD, OLED, мини-LED), VR-шлемы, графические планшеты

ГЛАВА 2. РАСТРОВАЯ И ВЕКТОРНАЯ ГРАФИКА

2.1. Растровая графика

Растровое изображение - это прямоугольная матрица пикселей. Каждый пиксель хранит информацию о цвете (и иногда о прозрачности - альфа-канал).

Характеристики:

- Ширина и высота в пикселях
- Глубина цвета (bits per pixel, bpp)
- Цветовое пространство (sRGB, Adobe RGB, Display P3 и др.)
- Наличие альфа-канала

Преимущества:

- + Естественность для фотографий и сложных текстур
- + Простота отображения на растровых экранах
- + Поддержка сложных эффектов и фильтров
- + Хорошая поддержка прозрачности и полупрозрачности

Недостатки:

- Потеря качества при увеличении (пикселизация)
- Большой объём данных (особенно без сжатия)
- Сложность редактирования отдельных объектов сцены
- Зависимость от разрешения

Пример объёма данных:

Изображение 1920x1080, 24 бита на пиксель без сжатия:

1920 x 1080 x 3 байта ~ 6,2 МБ на один кадр.

При 60 кадрах в секунду - уже около 372 МБ/с (отсюда необходимость сжатия и аппаратного ускорения).

Популярные форматы:

- BMP - простой, без сжатия (или RLE)
- PNG - сжатие без потерь + альфа-канал, идеален для графики с резкими краями
- JPEG - сжатие с потерями, отлично для фотографий
- GIF - до 256 цветов, поддержка простой анимации
- WebP / AVIF - современные форматы с лучшим сжатием
- EXR - HDR-изображения, используется в кино и VFX
- TGA, TIFF - часто применяются в промежуточных пайплайнах

2.2. Векторная графика

Векторное изображение описывается математическими примитивами:

- Точки
- Отрезки и ломаные
- Кривые Безье
- Многоугольники
- Текст (как набор контуров)
- Заливки и обводки

Преимущества:

- + Идеальная масштабируемость без потери качества
- + Компактность для схем, логотипов, иллюстраций
- + Лёгкость редактирования отдельных объектов
- + Возможность точного позиционирования

Недостатки:

- Сложность представления фотореалистичных изображений
- Более высокая вычислительная нагрузка при растеризации сложных сцен
- Ограниченная естественность для органических форм (хотя современные инструменты сильно продвинулись)

Форматы:

- SVG - стандарт для веба, текстовый XML-формат
- AI - Adobe Illustrator
- EPS - Encapsulated PostScript
- PDF - может содержать как вектор, так и растр
- DXF - обмен данными CAD

Пример SVG (простой круг):

```
<svg width="100" height="100">  
<circle cx="50" cy="50" r="40" stroke="black" stroke-width="2" fill="red" />  
</svg>
```

2.3. Сравнение и гибридный подход

В реальных системах почти всегда используется гибрид:

1. Геометрия и большинство объектов хранятся в векторном (или полигональном) виде
2. На этапе вывода происходит растеризация - превращение в пиксели
3. Текстуры и фотографии остаются растровыми

Современные GPU выполняют растеризацию аппаратно с огромной скоростью (миллиарды пикселей в секунду).

Векторные шрифты (TrueType, OpenType) растеризуются на лету. При этом применяется хинтинг - специальные инструкции, улучшающие читаемость на малых размерах.

2.4. Практические рекомендации

- Для логотипов, иконок, схем, UI-элементов - вектор (SVG, PDF)
- Для фотографий и сложных текстур - растр (PNG/WebP без потерь или JPEG)
- В играх и 3D: геометрия - полигоны (векторная по сути), поверхности - текстуры (растр)
- Всегда храните исходники в максимальном качестве и с возможностью редактирования

ГЛАВА 3. ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ И ВОСПРИЯТИЕ ЦВЕТА

3.1. Физика и физиология цвета

Цвет - это ощущение, возникающее при воздействии электромагнитного излучения видимого диапазона (примерно 380-780 нм) на сетчатку глаза.

В глазу человека:

- Палочки - отвечают за сумеречное зрение (низкая освещённость, нет цвета)
- Колбочки - три типа (L, M, S), чувствительные к длинноволновому (красному), средневолновому (зелёному) и коротковолновому (синему) свету.

Именно наличие трёх типов колбочек лежит в основе трёхкомпонентной теории цвета и большинства цветовых моделей.

3.2. Модель RGB

Аддитивная модель. Цвета получаются сложением красного, зелёного и синего излучений.

Применяется: мониторы, телевизоры, проекторы, сканеры, цифровые камеры.

Цифровое представление:

- 8 бит на канал (0-255) -> 24 бита = 16 777 216 цветов (True Color)
- С альфа-каналом: RGBA, 32 бита
- HDR: 10, 12 или 16 бит на канал (например, RGB10_A2, RGBA16F)

Пример:

Красный = (255, 0, 0)

Зелёный = (0, 255, 0)

Синий = (0, 0, 255)

Белый = (255, 255, 255)

Чёрный = (0, 0, 0)

Жёлтый = (255, 255, 0)

Серый 50% = (128, 128, 128)

Важно: в вычислениях освещения нужно работать в линейном пространстве, а гамма-коррекцию применять только в конце.

3.3. Модель СМУ и СМУК

Субтрактивная модель. Используется в печати.

С (Cyan) - голубой

М (Magenta) - пурпурный

Y (Yellow) - жёлтый

К (Key) - чёрный

Почему добавляют чёрный:

- Смешение СМУ на практике не даёт глубокого чёрного

- Чёрная краска дешевле

- Улучшается чёткость текста

Пример преобразования (упрощённо):

$$C = 1 - R$$
$$M = 1 - G$$
$$Y = 1 - B$$

(затем выполняется undercolor removal и добавление К)

3.4. Модели HSV и HSL

Более удобны для человека при выборе цвета.

HSV:

- H (Hue) - тон (0-360 deg)
- S (Saturation) - насыщенность (0-1)
- V (Value) - значение/яркость (0-1)

HSL:

- H - тон
- S - насыщенность
- L - светлота

Эти модели широко используются в палитрах графических редакторов.

3.5. CIE Lab и перцепционные пространства

CIE XYZ - стандартное колориметрическое пространство.

CIE Lab - перцепционно более равномерное:

- L - светлота

- a - ось от зелёного к красному

- b - ось от синего к жёлтому

Используется в профессиональной цветокоррекции и при вычислении разницы между цветами (DeltaE).

3.6. Гамма-коррекция

Человеческое зрение и старые ЭЛТ-мониторы имеют нелинейную характеристику. Стандарт sRGB использует гамму $\sim 2,2$.

Правильный пайплайн:

1. Текстуры и цвета обычно хранятся в sRGB (с гаммой)
2. Перед вычислениями освещения - перевод в линейное пространство
3. Все расчёты освещения - в линейном пространстве
4. Перед выводом на экран - обратная гамма-коррекция (и тональная компрессия для HDR)

Ошибка многих начинающих: считать освещение прямо в sRGB - картинка получается слишком тёмной в полутонах.

3.7. Практические советы

- Для веба и большинства приложений - sRGB
- Для печати - работа в CMYK или преобразование через правильные ICC-профили
- Для кино и VFX - линейные пространства + ACES
- Всегда учитывайте цветовой профиль монитора при критичной работе с цветом

ГЛАВА 4. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ И ОДНОРОДНЫЕ КООРДИНАТЫ

4.1. Декартовы системы координат

В компьютерной графике встречаются:

- Правая система координат (Right-handed)
- Левая система координат (Left-handed)

В правой системе: если большой палец - X, указательный - Y, то средний - Z.

OpenGL (классический): правая система.

DirectX: чаще левая.

Важно всюду придерживаться одной системы, иначе модели будут "вывернуты".

4.2. Однородные координаты

Одно из ключевых изобретений компьютерной графики.

Точка (x, y, z) представляется как (x, y, z, w) , где обычно $w = 1$.

Вектор направления - $(x, y, z, 0)$.

Зачем это нужно:

- Все аффинные преобразования (включая перенос) записываются одной матрицей 4×4
- Перспективное проецирование становится матричным умножением + делением на w
- Удобно работать с бесконечно удалёнными точками ($w = 0$)

Преобразование:

$$(x', y', z', w') = (x, y, z, w) \times M$$

Декартовы координаты после преобразования:

$$X = x' / w'$$

$$Y = y' / w'$$

$$Z = z' / w'$$

4.3. Системы координат в графическом конвейере

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.