

# Содержание

<b>Посвящение</b> .....	9
<b>Благодарности</b> .....	10
<b>Введение</b> .....	11
<b>Глава 1. Координаты и преобразования на плоскости</b> .....	14
Преобразования на плоскости .....	20
Масштабирование .....	21
Отражение .....	22
Поворот .....	23
Сдвиг .....	24
Составные преобразования .....	25
Использование библиотеки GLM для работы с двухмерными векторами и матрицами .....	26
Комплексные числа как координаты на плоскости .....	28
<b>Глава 2. Основные геометрические алгоритмы на плоскости</b> .....	30
Прямая и ее уравнение .....	31
Построение прямой, луча и отрезка по двум точкам .....	33
Определение положения точки относительно прямой или отрезка .....	33
Определение положения круга по отношению к прямой .....	35
Прямоугольники со сторонами, параллельными осям координат, и их классификация по отношению к прямой .....	36
Нахождение расстояния от точки до AABB .....	38
Определение угла между двумя прямыми .....	38
Вычисление площади треугольника и многоугольника .....	38
Определение направления обхода многоугольника .....	40
Проверка многоугольника на выпуклость .....	40
Нахождение пересечения двух прямых .....	42
Нахождение пересечения двух отрезков .....	43
Нахождение расстояния и ближайшей точки от заданной точки к прямой, лучу и отрезку .....	44
Проверка на попадание точки внутрь многоугольника .....	45
Отсечение отрезка по выпуклому многоугольнику. Алгоритм Цируса–Бека .....	47
Алгоритм отсечения Лянга–Барского .....	50
Отсечение многоугольника. Алгоритм Сазерленда–Ходжмана .....	52
Отсечение многоугольника по выпуклому многоугольнику .....	54

Барицентрические координаты .....	54
Построение выпуклой оболочки, алгоритм Грэхема .....	56
Триангуляция Делоне. Диаграмма Вороного .....	59
Реализация булевых операций над многоугольниками. Метод построчного сканирования. Разложение на трапеции .....	65

### **Глава 3. Координаты и преобразования в пространстве.**

<b>Кватернионы</b> .....	69
Векторы и матрицы в пространстве .....	69
Преобразования в пространстве. Базовые преобразования .....	72
Пример: отражение относительно плоскости .....	75
Однородные координаты .....	76
Жесткие преобразования .....	78
Преобразования нормали .....	79
Проектирование. Параллельное проектирование .....	79
Перспективное проектирование .....	81
Углы Эйлера. Задание ориентации в пространстве .....	83
Понятие линейного пространства и его размерности. Многомерные векторы и преобразования .....	85
Системы координат в пространстве. Переходы между различными системами координат .....	87
Ортогонализация Грамма–Шмидта .....	88
Кватернионы. Задание поворотов и ориентации в пространстве при помощи кватернионов .....	89
Использование библиотеки GLM для работы с 3- и 4-мерными векторами и матрицами, а также кватернионами .....	92
Преобразование между кватернионом и базисом касательного пространства .....	93
Собственные векторы и собственные числа матрицы .....	94

### **Глава 4. Основные геометрические алгоритмы в пространстве** .....

Задание прямых и плоскостей в пространстве .....	96
Проекция точки на прямую .....	97
Проекция точки на плоскость .....	97
Задание прямой двумя точками. Задание плоскости тремя точками .....	97
Проведение плоскости через прямую и точку .....	98
Проверка прямых и отрезков на параллельность и перпендикулярность. Нахождение углов между прямыми и отрезками .....	98
Проверка, лежит ли отрезок или прямая на заданной плоскости .....	98
Проверка, пересекает ли отрезок/луч/прямая заданную плоскость .....	99
Проверка, пересекает ли луч заданный треугольник .....	100
Нахождение пересечения луча и ОВВ .....	101
Нахождение пересечения луча и сферы .....	103
Проверка, пересекает ли плоскость заданную сферу .....	105

Проверка, пересекает ли плоскость заданный AABV .....	105
Телесный угол. Проверка на попадание в него .....	106
Определение, лежат ли две заданные прямые в одной плоскости .....	106
Классификация двух прямых в пространстве .....	107
Нахождение расстояния между двумя прямыми в пространстве.....	107
Проверка на пересечение двух треугольников в пространстве .....	108

## **Глава 5. Структуры для работы с большими наборами геометрических данных.....**

Ограничивающие тела .....	110
Прямоугольный параллелепипед (AABV) .....	111
Сфера .....	115
k-DOP .....	116
Ориентированные ограничивающие прямоугольные параллелепипеды (OBV) .....	120
Иерархические структуры.....	124
Иерархия ограничивающих тел.....	124
Тетрадные и восьмеричные деревья.....	125
kD-деревья .....	126
BSP-деревья.....	131
R-деревья.....	133
Равномерное разбиение пространства.....	136

## **Глава 6. Цвет и его представление. Работа с цветом .....**

Цветовая модель CIE XYZ.....	142
Цветовая модель RGB .....	144
Цветовые модели CMY CMYK .....	145
Цветовая модель HSV .....	147
Цветовое пространство HSL.....	150
Гамма-коррекция .....	153
Цветовые пространства Y'uv и YCbCr.....	154
Цветовые пространства L*u*v* и L*a*b*.....	155
Цветовое пространство sRGB.....	156
Соглашения по дальнейшему использованию цветов.....	156

## **Глава 7. Растеризация и растровые алгоритмы .....**

Класс TgaImage и его использование .....	159
Понятие связности растровой сетки. 4- и 8-связность .....	160
Построение растрового представления отрезка. Алгоритм Брезенхейма .....	161
Алгоритм Брезенхейма для окружности.....	166
Заполнение треугольника .....	169
Заполнение области, заданной цветом границы .....	174

<b>Глава 8. Удаление невидимых линий и поверхностей</b> .....	178
Лицевые и нелицевые грани.....	180
Сложность по глубине .....	182
Загораживание.....	182
Когерентность.....	183
Удаление невидимых линий. Алгоритм Робертса.....	185
Понятие количественной невидимости. Алгоритм Аппеля .....	185
Удаление невидимых граней. Метод трассировки лучей .....	188
Метод буфера глубины (z-буфера).....	189
Метод иерархического z-буфера .....	191
Алгоритмы, основанные на упорядочивании. Алгоритм художника.....	194
Использование BSP-деревьев для определения видимости .....	196
Метод порталов .....	198
Множества потенциально видимых граней (PVS). Расчет PVS при помощи порталов.....	200
<b>Глава 9. Отражение и преломление света. Модели освещения</b> .....	203
Немного физики .....	203
Модель Ламберта (идеальное диффузное освещение) .....	206
Модель Фонга.....	207
Модель Блинна–Фонга .....	208
Изотропная модель Уорда.....	209
Модель Миннаэрта .....	209
Модель Ломмеля–Зилиджера .....	210
Модель Страусса .....	210
Простейшая анизотропная модель .....	211
Анизотропная модель Уорда.....	214
Двулучевая функция отражательной способности (BRDF).....	214
Физически корректные модели освещения .....	216
Модель Орена–Найара .....	218
Модель Кука–Торранса .....	221
Диффузная модель Диснея .....	223
Модель Ашихмина–Ширли .....	223
Image-based lighting.....	224
Сферические гармоники и их использование.....	226
Precomputed Radiance Transfer.....	230
Использование PRT в играх Far Cry 3 и FarCry 4.....	231
<b>Глава 10. Трассировка лучей</b> .....	233
Constructive Solid Geometry.....	243
Распределенная трассировка лучей .....	248
Реализация спецэффектов при помощи распределенной трассировки лучей.....	250
Фотонные карты .....	254
Monte-Carlo path tracing.....	257

<b>Глава 11. Взаимодействие с оконной системой. Библиотеки freeglut и GLFW</b> .....	259
Основы работы оконной системы.....	259
Работа с библиотекой freeglut.....	260
Инициализация.....	260
Создание окна.....	261
Обработка сообщений.....	262
Заворачиваем freeglut в класс C++.....	265
Работа с библиотекой GLFW.....	266
Инициализация и обработка ошибок.....	266
Создание окна.....	267
Обработка сообщений.....	268
Пример работы с OpenGL при помощи библиотеки Qt 5.....	271
<b>Глава 12. Основы современного OpenGL</b> .....	273
Основные концепции OpenGL. Графический конвейер.....	274
Расширения OpenGL.....	277
Отсечение примитивов.....	280
Вершинный шейдер.....	280
Растеризация и система координат экрана.....	281
Фрагментный шейдер.....	283
Операции с фрагментами.....	284
Работа с буферами.....	284
Атрибуты вершин. Вершинные массивы, VBO, VAO.....	285
Вершинные массивы, задание атрибутов при помощи вершинных массивов.....	285
Вывод примитивов.....	291
Провоцирующая вершина.....	293
Буфер трафарета и работа с ним.....	294
Тест глубины.....	295
Полупрозрачность. Смешивание цветов.....	295
Текстуры и работа с ними.....	296
Работа с текстурами.....	308
Работа с шейдерами.....	308
Готовое приложение.....	312
Вспомогательные классы и работа с ними.....	314
<b>Глава 13. Простейшие эффекты</b> .....	318
Отражение относительно плоскости.....	318
Имитация отражения окружающей среды и преломления.....	320
Точечные спрайты. Системы частиц.....	325
Проективное текстурирование.....	329
Реализация основных моделей освещения.....	332
Построение теней при помощи теневых карт.....	334

Освещение с учетом микрорельефа (bump mapping) .....	339
Имитация отражения окружающей среды с учетом карт нормалей .....	344
Вывод текста при помощи поля расстояний .....	345
Рендеринг меха .....	347
Physically Based Rendering (PBR) .....	352
<b>Приложение. Язык GLSL</b> .....	<b>355</b>
Основы языка.....	355