

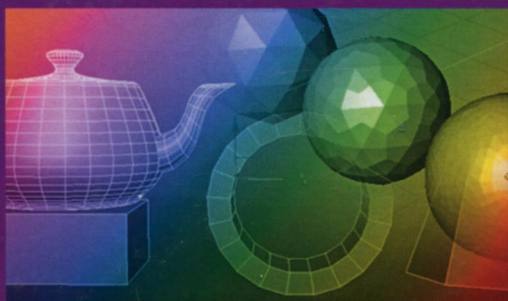


БАКАЛАВРИАТ  
И СПЕЦИАЛИТЕТ

Н. А. Тюкачев, В. Г. Хлебостроев

C#

ПРОГРАММИРОВАНИЕ  
2D И 3D  
ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ



[www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)

 ЭБС  
ЛАНЬ® ЛАНЬ

**Н. А. ТЮКАЧЕВ,  
В. Г. ХЛЕБОСТРОЕВ**

# **С#. ПРОГРАММИРОВАНИЕ 2D И 3D ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ**

*Учебное пособие*

Издание второе, исправленное и дополненное



**ЛАНЬ®**  
•САНКТ-ПЕТЕРБУРГ•  
•МОСКВА•  
•КРАСНОДАР•  
2023

ББК 32.973я73

Т 98

**Тюкачев Н. А., Хлебостроев В. Г.**

**Т 98 С#.** Программирование 2D и 3D векторной графики: Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2023. — 320 с.: ил. (+ CD). — (Учебники для вузов. Специальная литература).

**ISBN 978-5-8114-2568-6**

Книга посвящена программированию векторной графики. Описываются основные методы графических классов и приводятся примеры их использования, рассматриваются аффинные преобразования на плоскости и в трехмерном пространстве и различные виды проецирования. Приводится обзор различных моделей трехмерных тел. Одна из них посвящена сложной теме — бинарные операции над множествами. Описан лучевой алгоритм определения принадлежности точки многоугольнику и многограннику. Описывается библиотека OpenGL и основные команды этой библиотеки. Приводятся простые примеры 2D графики.

Книга рассчитана на бакалавров направлений подготовки «Прикладная математика и информатика», «Математика и компьютерные науки», «Фундаментальная информатика и информационные технологии», «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем», «Информатика и вычислительная техника», «Информационные системы и технологии», «Программная инженерия», «Информационная безопасность», студентов специальностей «Компьютерная безопасность» и «Информационно-аналитические системы безопасности», а также учащихся старших классов и лиц, самостоятельно изучающих языки программирования.

ББК 32.973-018я73

#### **Рецензент**

*М. Г. МАТВЕЕВ* — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой информационных технологий управления Воронежского государственного университета.

#### **Обложка**

*Е. А. ВЛАСОВА*

- © Издательство «Лань», 2023
- © Н. А. Тюкачев,  
В. Г. Хлебостроев, 2023
- © Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Глава 1. Основные графические классы C#.....	5
1.1. Пространства имен графических классов.....	5
1.2. Пространство имен System.Drawing.....	6
1.3. Класс Graphics.....	7
1.4. Координаты .....	8
1.5. Преобразование координат .....	9
1.6. Графические методы .....	11
Глава 2. Пространство имен System.Drawing .....	13
2.1. Создание и удаление объекта класса Graphics .....	14
2.1.1. Создание поверхности рисования.....	14
2.1.2. Удаление объектов рисования.....	15
2.1.3. Порядок выполнения действий при рисовании .....	16
2.2. Структуры представления координат .....	16
2.3. Классы Color, Pen, Brush, Font.....	17
2.3.1. Класс Color.....	18
2.3.2. Класс Pen .....	19
2.3.3. Класс Brush .....	21
2.3.4. Вывод текста с использованием класса Font.....	24
2.4. Методы рисования класса Graphics.....	26
2.4.1. Методы рисования линий Draw***().....	26
2.4.2. Методы рисования замкнутых областей Fill***() .....	30
2.4.3. Вывод строки .....	35
2.4.4. Копирование и использование изображений .....	38
2.4.5. Растровое рисование линий.....	42
2.4.6. Алгоритмы рисования линий .....	44

2.5. Класс путей GraphicsPath и регионы .....	48
2.5.1. Пути .....	48
2.5.2. Области.....	50
2.6. Двойная буферизация с помощью bitmap.....	52
2.7. Режимы копирования .....	53
2.8. Модели цветов .....	54
2.8.1. Модель RGB (Red, Green, Blue) .....	55
2.8.2. Модель CMY (Cyan, Magenta, Yellow) .....	55
2.8.3. Модель CMYK.....	56
2.8.4. Модель HSB .....	56
2.8.5. Модель Lab.....	57
2.8.6. Методы класса Color .....	57
2.8.7. Проект «Цветовые модели».....	57
2.9. Рисование на канве принтера.....	65
Глава 3. Алгоритмы компьютерной графики .....	68
3.1. Задачи компьютерной графики .....	68
3.2. Классификация алгоритмов .....	69
3.3. Геометрические основы компьютерной графики .....	69
3.3.1. Графические элементы на плоскости .....	69
3.3.2. Графические элементы в пространстве .....	71
3.4. Задачи интерполяции, сглаживания и аппроксимации .....	74
3.4.1. Интерполяция полиномами .....	74
3.4.2. Интерполяция кубическими сплайнами.....	76
3.4.3. Сглаживание и аппроксимация .....	76
3.5. Аффинные преобразования координат.....	78
3.5.1. Аффинные преобразования на плоскости.....	78
3.5.2. Аффинные преобразования в пространстве.....	83
3.5.3. Методы класса Graphics .....	87
3.6. Проецирование.....	89
3.6.1. Ортографическое проецирование .....	90

3.6.2. Аксонометрическое проецирование .....	91
3.6.3. Косоугольное проецирование .....	94
3.6.4. Центральное проецирование .....	95
3.6.5. Проект «Проекция».....	99
3.7. Моделирование трехмерных тел .....	108
3.7.1. Каркасные модели .....	109
3.7.2. Граничные, поверхностные модели.....	110
3.7.3. Сплошные модели .....	110
3.8. Освещение .....	112
3.9. Моделирование цвета.....	116
3.10. Удаление невидимых ребер и граней.....	117
Глава 4. Простые графические проекты.....	119
4.1. Мультипликация .....	119
4.1.1. Сортировка элементов массива.....	119
4.1.2. Морфинг .....	124
4.1.3. Падение глобуса .....	128
4.1.4. Велосипед.....	131
4.2. Деформация изображений.....	135
4.3. Растровый редактор .....	143
4.4. Редактирование графа .....	153
4.4.1. Структура данных .....	155
4.4.2. Изображение графов .....	157
4.4.3. Чтение и запись графов.....	159
Глава 5. Векторный редактор.....	164
5.1. Структура данных.....	165
5.2. Масштабирование.....	168
5.3. Создание объектов.....	172
5.4. Перемещение объектов .....	178
5.5. Поворот объектов .....	182
5.6. Перемещение точек .....	183

5.7. Прорисовка объектов.....	184
5.8. Печать .....	188
5.9. Запись и чтение данных .....	189
Глава 6. Графики функций .....	196
6.1. График функции одной переменной .....	196
6.1.1. Структура проекта.....	196
6.1.2. Печать.....	200
6.2. График функции двух переменных .....	202
6.3. Интерполяция функций.....	211
6.3.1. Проект для построения интерполяционных кривых .....	212
6.3.2. Интерполяционный многочлен Лагранжа.....	217
6.3.3. Метод наименьших квадратов.....	219
6.3.4. Кубические сплайны .....	222
6.3.5. Кривые Безье.....	226
Глава 7. Бинарные операции .....	229
7.1. Лучевой алгоритм определения принадлежности точки.....	229
7.1.1. Инцидентный лучевой алгоритм для многоугольников ....	230
7.1.2. ER-модель .....	232
7.1.3. Детализация алгоритма для многоугольников .....	233
7.2. Булевы операции над множествами .....	236
7.2.1. Индексы множеств и границ .....	236
7.2.2. Нумерация булевых операций.....	238
7.2.3. Признак принадлежности результату булевой операции ..	240
Глава 8. Платоновы тела.....	241
8.1. Построение платоновых тел .....	242
8.1.1. Тетраэдр .....	242
8.1.2. Октаэдр.....	243
8.1.3. Додекаэдр .....	243
8.2. Проект для построения платоновых тел .....	243
8.2.1. Структура данных .....	244

8.2.2. Инициализация тел.....	245
8.2.3. Преобразование координат.....	247
8.2.4. Рисование.....	250
8.2.5. Рисование полутонами.....	254
8.2.6. Построение тени.....	254
Глава 9. Использование графической библиотеки OpenGL.....	261
9.1. Установка и завершение работы с OpenGL.....	263
9.2. Команды и примитивы OpenGL.....	270
9.2.1. Синтаксис команд.....	270
9.2.2. Вершины.....	271
9.2.3. Примитивы.....	271
9.3. Плоская графика.....	272
9.4. Трехмерная графика.....	276
9.4.1. Инициализация OpenGL.....	276
9.4.2. Многогранники модуля DGLUT.....	277
9.4.3. Списки команд.....	282
9.4.4. Изображение квадратичных поверхностей.....	284
9.4.5. Изображение поверхности, заданной таблично.....	287
9.5. Геометрические преобразования.....	291
9.5.1. Преобразование области вывода.....	292
9.5.2. Проецирование.....	293
9.5.3. Преобразование от мировой системы координат к видовой (локальной).....	294
9.6. Цвет, освещение, свойства материала.....	295
9.6.1. Цвет.....	296
9.6.2. Нормали.....	297
9.6.3. Свойства материала.....	297
9.6.4. Источники света.....	298
9.7. Текстура.....	300
9.7.1. Назначение точки карты текстуры вершине.....	300



9.7.2. Создание двумерной карты текстуры.....	300
9.7.3. Включить режим наложения текстуры.....	301
9.7.4. Привязка текстуры к многоугольникам .....	301
9.7.5. Текстура на поверхности, заданной таблично .....	303
9.8. Чтение данных из текстового файла .....	305
Литература.....	308