

# Оглавление

<b>Введение</b> .....	<b>18</b>
Второе издание .....	18
Дополнительные темы .....	18
Вопросы .....	19
Упражнения .....	19
Программные проекты .....	19
О чем эта книга .....	19
Чем эта книга отличается от других .....	20
Доступность .....	20
Приложения Workshop .....	21
Примеры кода Java .....	21
Для кого написана эта книга .....	22
Что необходимо знать читателю .....	22
Необходимые программы .....	22
Как организован материал книги .....	22
Вперед! .....	24
<b>Глава 1. Общие сведения</b> .....	<b>25</b>
Зачем нужны структуры данных и алгоритмы? .....	25
Хранение реальных данных .....	26
Инструментарий программиста .....	26
Моделирование .....	27
Обзор структур данных .....	27
Алгоритмы .....	28
Определения .....	28
База данных .....	29
Запись .....	29
Поле .....	29
Ключ .....	30
Объектно-ориентированное программирование .....	30
Недостатки процедурных языков .....	30
Объекты в двух словах .....	31
Создание объектов .....	32
Вызов методов объекта .....	33
Пример объектно-ориентированной программы .....	33
Наследование и полиморфизм .....	36
Программотехника .....	37

Java для программистов C++	37
В Java нет указателей	37
Ввод/вывод	41
Вывод	41
Структуры данных библиотеки Java	44
Итоги	44
Вопросы	45

## **Глава 2. Массивы** . . . . . **46**

Приложение Array Workshop	46
Вставка	48
Поиск	48
Удаление	49
Проблема дубликатов	50
Не слишком быстро	51
Поддержка массивов в Java	52
Создание массива	52
Обращение к элементам массива	52
Инициализация	53
Пример массива	53
Деление программы на классы	56
Классы LowArray и LowArrayApp	58
Интерфейсы классов	58
Не слишком удобно	59
Кто чем занимается?	59
Пример highArray.java	60
Удобство пользователя	63
Абстракция	63
Приложение Ordered Workshop	63
Линейный поиск	64
Двоичный поиск	65
Реализация упорядоченного массива на языке Java	67
Двоичный поиск с методом find()	67
Класс OrdArray	69
Преимущества упорядоченных массивов	72
Логарифмы	72
Формула	73
Операция, обратная возведению в степень	74
Хранение объектов	75
Класс Person	75
Программа classDataArray.java	76
О-синтаксис	79
Вставка в неупорядоченный массив: постоянная сложность	80
Линейный поиск: сложность пропорциональна N	80
Двоичный поиск: сложность пропорциональна $\log(N)$	80
Константа не нужна	81
Почему бы не использовать только массивы?	82
Итоги	83
Вопросы	84

---

Упражнения . . . . .	85
Программные проекты . . . . .	85
<b>Глава 3. Простая сортировка . . . . .</b>	<b>87</b>
Как это делается? . . . . .	87
Пузырьковая сортировка . . . . .	89
Пример пузырьковой сортировки . . . . .	89
Приложение BubbleSort Workshop . . . . .	91
Реализация пузырьковой сортировки на языке Java . . . . .	94
Инварианты . . . . .	97
Сложность пузырьковой сортировки . . . . .	97
Сортировка методом выбора . . . . .	98
Пример сортировки методом выбора . . . . .	98
Приложение SelectSort Workshop . . . . .	100
Реализация сортировки методом выбора на языке Java . . . . .	101
Инвариант . . . . .	103
Сложность сортировки методом выбора . . . . .	103
Сортировка методом вставки . . . . .	104
Пример сортировки методом вставки . . . . .	104
Приложение InsertSort Workshop . . . . .	106
Сортировка 10 столбцов . . . . .	106
Реализация сортировки методом вставки на языке Java . . . . .	108
Инварианты сортировки методом вставки . . . . .	111
Сложность сортировки методом вставки . . . . .	111
Сортировка объектов . . . . .	112
Реализация сортировки объектов на языке Java . . . . .	112
Лексикографические сравнения . . . . .	115
Устойчивость сортировки . . . . .	115
Сравнение простых алгоритмов сортировки . . . . .	116
Итоги . . . . .	116
Вопросы . . . . .	117
Упражнения . . . . .	118
Программные проекты . . . . .	119
<b>Глава 4. Стеки и очереди . . . . .</b>	<b>121</b>
Другие структуры . . . . .	121
Инструменты программиста . . . . .	121
Ограничение доступа . . . . .	121
Абстракция . . . . .	122
Стеки . . . . .	122
Почтовая аналогия . . . . .	123
Приложение Stack Workshop . . . . .	124
Реализация стека на языке Java . . . . .	126
Пример использования стека № 1. Перестановка букв в слове . . . . .	129
Пример № 2. Поиск парных скобок . . . . .	132
Эффективность стеков . . . . .	136
Очереди . . . . .	136
Приложение Queue Workshop . . . . .	137
Циклическая очередь . . . . .	140

Реализация очереди на языке Java	141
Эффективность очередей	146
Дек	146
Приоритетные очереди	146
Приложение The PriorityQ Workshop	148
Реализация приоритетной очереди на языке Java	150
Эффективность приоритетных очередей	152
Разбор арифметических выражений	152
Постфиксная запись	153
Преобразование инфиксной записи в постфиксную	154
Как мы вычисляем результаты инфиксных выражений	154
Вычисление результата постфиксного выражения	170
Итоги	175
Вопросы	176
Упражнения	178
Программные проекты	178
<b>Глава 5. Связанные списки</b>	<b>180</b>
Строение связанного списка	180
Ссылки и базовые типы	181
Отношения вместо конкретных позиций	182
Приложение LinkList Workshop	183
Вставка	183
Поиск	184
Удаление	184
Простой связанный список	185
Класс Link	185
Класс LinkList	186
Программа linkList.java	190
Поиск и удаление заданных элементов	192
Метод find()	195
Метод delete()	195
Другие методы	196
Двусторонние списки	196
Эффективность связанных списков	200
Абстрактные типы данных	200
Реализация стека на базе связанного списка	201
Реализация очереди на базе связанного списка	204
Типы данных и абстракция	207
Списки ADT	208
Абстрактные типы данных как инструмент проектирования	209
Сортированные списки	209
Реализация вставки элемента в сортированный список на языке Java	211
Программа sortedList.java	212
Эффективность сортированных списков	214
Сортировка методом вставки	215
Двусвязные списки	217
Перебор	219
Вставка	219

Удаление	221
Программа doublyLinked.java	222
Двусвязный список как база для построения дека	226
Итераторы	226
Ссылка на элемент списка?	227
Итератор	227
Другие возможности итераторов	228
Методы итераторов	229
Программа interIterator.java	230
На что указывает итератор?	236
Метод atEnd()	236
Итеративные операции	236
Другие методы	238
Итоги	238
Вопросы	239
Упражнения	240
Программные проекты	241

## **Глава 6. Рекурсия** ..... **243**

Треугольные числа	243
Вычисление n-го треугольного числа в цикле	244
Вычисление n-го треугольного числа с применением рекурсии	245
Программа triangle.java	247
Что реально происходит?	248
Характеристики рекурсивных методов	249
Насколько эффективна рекурсия?	250
Математическая индукция	250
Факториал	250
Анаграммы	252
Рекурсивный двоичный поиск	257
Замена цикла рекурсией	258
Алгоритмы последовательного разделения	262
Ханойская башня	262
Приложение Towers Workshop	263
Перемещение поддеревьев	264
Рекурсивный алгоритм	264
Программа towers.java	266
Сортировка слиянием	267
Слияние двух отсортированных массивов	268
Сортировка слиянием	270
Приложение MergeSort Workshop	273
Программа mergeSort.java	274
Устранение рекурсии	281
Что дальше?	287
Интересные применения рекурсии	289
Возведение числа в степень	289
Задача о рюкзаке	291
Комбинации и выбор команды	292
Итоги	294

Вопросы . . . . .	295
Упражнения . . . . .	297
Программные проекты . . . . .	297
<b>Глава 7. Нетривиальная сортировка . . . . .</b>	<b>299</b>
Сортировка Шелла . . . . .	299
Сортировка методом вставок: слишком много копирования . . . . .	300
N-сортировка . . . . .	300
Сокращение интервалов . . . . .	302
Приложение Shellsort Workshop . . . . .	303
Реализация сортировки Шелла на языке Java . . . . .	305
Другие интервальные последовательности . . . . .	307
Эффективность сортировки Шелла . . . . .	308
Разбиение . . . . .	309
Приложение Partition Workshop . . . . .	309
Остановка и перестановка . . . . .	313
Быстрая сортировка . . . . .	316
Алгоритм быстрой сортировки . . . . .	317
Выбор опорного значения . . . . .	318
Приложение QuickSort 1 Workshop . . . . .	323
Вырожденное быстрое действие $O(N^2)$ . . . . .	327
Определение медианы по трем точкам . . . . .	328
Обработка малых подмассивов . . . . .	333
Устранение рекурсии . . . . .	336
Поразрядная сортировка . . . . .	339
Проектирование программы . . . . .	340
Эффективность поразрядной сортировки . . . . .	340
Итоги . . . . .	341
Вопросы . . . . .	343
Упражнения . . . . .	344
Программные проекты . . . . .	344
<b>Глава 8. Двоичные деревья . . . . .</b>	<b>346</b>
Для чего нужны двоичные деревья? . . . . .	346
Медленная вставка в упорядоченном массиве . . . . .	346
Медленный поиск в связанном списке . . . . .	347
Деревья приходят на помощь . . . . .	347
Что называется деревом? . . . . .	347
Терминология . . . . .	348
Аналогия . . . . .	351
Как работают двоичные деревья? . . . . .	352
Приложение Binary Tree Workshop . . . . .	352
Представление деревьев в коде Java . . . . .	354
Поиск узла . . . . .	356
Поиск узла в приложении Workshop . . . . .	356
Реализация поиска узла на языке Java . . . . .	358
Эффективность поиска по дереву . . . . .	358
Вставка узла . . . . .	359
Вставка узла в приложении Workshop . . . . .	359
Реализация вставки на языке Java . . . . .	359

Обход дерева	361
Симметричный обход	361
Реализация обхода на языке Java	362
Обход дерева из трех узлов	362
Обход дерева в приложении Workshop	363
Симметричный и обратный обход	365
Поиск минимума и максимума	367
Удаление узла	368
Случай 1. Удаляемый узел не имеет потомков	368
Случай 2. Удаляемый узел имеет одного потомка	370
Случай 3. Удаляемый узел имеет двух потомков	372
Эффективность двоичных деревьев	379
Представление дерева в виде массива	381
Дубликаты ключей	382
Полный код программы tree.java	383
Код Хаффмана	391
Коды символов	391
Декодирование по дереву Хаффмана	393
Построение дерева Хаффмана	394
Кодирование сообщения	396
Создание кода Хаффмана	397
Итоги	397
Вопросы	399
Упражнения	400
Программные проекты	401

## **Глава 9. Красно-черные деревья** 403

Наш подход к изложению темы	403
Концептуальное понимание	404
Нисходящая вставка	404
Сбалансированные и несбалансированные деревья	404
Вырождение до $O(N)$	405
Спасительный баланс	406
Характеристики красно-черного дерева	406
Исправление нарушений	408
Работа с приложением RBTree Workshop	408
Щелчок на узле	409
Кнопка Start	409
Кнопка Ins	409
Кнопка Del	409
Кнопка Flip	410
Кнопка RoL	410
Кнопка RoR	410
Кнопка R/B	410
Текстовые сообщения	410
Где кнопка Find?	410
Эксперименты с приложением Workshop	411
Эксперимент 1. Вставка двух красных узлов	411
Эксперимент 2. Повороты	412
Эксперимент 3. Переключение цветов	412

Эксперимент 4. Несбалансированное дерево	413
Эксперименты продолжаются	414
Красно-черные правила и сбалансированные деревья	414
Пустые потомки	415
Повороты	415
Простые повороты	416
Переходящий узел	416
Перемещения поддеревьев	417
Люди и компьютеры	419
Вставка узла	419
Общая схема процесса вставки	419
Переключения цветов при перемещении вниз	420
Повороты после вставки узла	422
Повороты при перемещении вниз	427
Удаление	430
Эффективность красно-черных деревьев	431
Реализация красно-черного дерева	431
Другие сбалансированные деревья	432
Итоги	433
Вопросы	433
Упражнения	435

<b>Глава 10. Деревья 2-3-4</b>	<b>436</b>
Знакомство с деревьями 2-3-4	436
Почему деревья 2-3-4 так называются?	437
Структура дерева 2-3-4	438
Поиск в дереве 2-3-4	439
Вставка	439
Разбиение узлов	440
Разбиение корневого узла	441
Разбиение при перемещении вниз	442
Приложение Tree234 Workshop	442
Кнопка Fill	443
Кнопка Find	443
Кнопка Ins	444
Кнопка Zoom	444
Просмотр разных узлов	445
Эксперименты	446
Реализация дерева 2-3-4 на языке Java	447
Класс Dataltem	447
Класс Node	447
Класс Tree234	448
Класс Tree234App	449
Полный код программы tree234.java	450
Деревья 2-3-4 и красно-черные деревья	457
Преобразование деревьев 2-3-4 в красно-черные деревья	457
Эквивалентность операций	459
Эффективность деревьев 2-3-4	461
Скорость	461
Затраты памяти	462



---

Деревья 2-3	462
Разбиение узлов	463
Реализация	465
Внешнее хранение	466
Обращение к внешним данным	466
Последовательное хранение	469
B-деревья	471
Индексирование	476
Сложные критерии поиска	478
Сортировка внешних файлов	479
Итоги	482
Вопросы	484
Упражнения	485
Программные проекты	485
<b>Глава 11. Хеш-таблицы</b>	<b>487</b>
Хеширование	487
Табельные номера как ключи	488
Индексы как ключи	488
Словарь	489
Хеширование	492
Коллизии	494
Открытая адресация	495
Линейное пробирование	495
Реализация хеш-таблицы с линейным пробированием на языке Java	500
Квадратичное пробирование	507
Двойное хеширование	509
Метод цепочек	517
Приложение HashChain Workshop	517
Реализация метода цепочек на языке Java	520
Хеш-функции	525
Быстрые вычисления	526
Случайные ключи	526
Неслучайные ключи	526
Хеширование строк	528
Свертка	530
Эффективность хеширования	530
Открытая адресация	530
Метод цепочек	532
Сравнение открытой адресации с методом цепочек	534
Хеширование и внешнее хранение данных	535
Таблица файловых указателей	535
Неполные блоки	535
Полные блоки	536
Итоги	537
Вопросы	538
Упражнения	540
Программные проекты	540

<b>Глава 12. Пирамиды</b> .....	<b>542</b>
Общие сведения .....	543
Приоритетные очереди, пирамиды и ADT .....	544
Слабая упорядоченность .....	544
Удаление .....	545
Вставка .....	547
Условные перестановки .....	548
Приложение Heap Workshop .....	549
Заполнение .....	550
Изменение приоритета .....	550
Удаление .....	550
Вставка .....	550
Реализация пирамиды на языке Java .....	550
Вставка .....	551
Удаление .....	552
Изменение ключа .....	553
Размер массива .....	554
Программа heap.java .....	554
Расширение массива .....	560
Эффективность операций с пирамидой .....	560
Пирамидальное дерево .....	560
Пирамидальная сортировка .....	562
Ускоренное смещение вниз .....	562
Сортировка «на месте» .....	564
Программа heapSort.java .....	565
Эффективность пирамидальной сортировки .....	569
Итоги .....	570
Вопросы .....	571
Упражнения .....	572
Программные проекты .....	572
<b>Глава 13. Графы</b> .....	<b>574</b>
Знакомство с графами .....	574
Определения .....	575
Немного истории .....	577
Представление графа в программе .....	578
Добавление вершин и ребер в граф .....	580
Класс Graph .....	581
Обход .....	582
Обход в глубину .....	583
Обход в ширину .....	592
Минимальные остовные деревья .....	599
Приложение GraphN Workshop .....	600
Реализация построения минимального остовного дерева на языке Java .....	600
Топологическая сортировка с направленными графами .....	604
Пример .....	605
Направленные графы .....	605
Топологическая сортировка .....	606

Приложение GraphD Workshop . . . . .	607
Циклы и деревья . . . . .	608
Реализация на языке Java . . . . .	609
Связность в направленных графах . . . . .	615
Таблица связности . . . . .	615
Алгоритм Уоршелла . . . . .	615
Реализация алгоритма Уоршелла . . . . .	618
Итоги . . . . .	618
Вопросы . . . . .	619
Упражнения . . . . .	620
Программные проекты . . . . .	620
<b>Глава 14. Взвешенные графы . . . . .</b>	<b>622</b>
Минимальное остовное дерево во взвешенных графах . . . . .	622
Пример: кабельное телевидение в джунглях . . . . .	622
Приложение GraphW Workshop . . . . .	623
Рассылка инспекторов . . . . .	624
Создание алгоритма . . . . .	628
Реализация на языке Java . . . . .	630
Программа mstw.java . . . . .	632
Задача выбора кратчайшего пути . . . . .	637
Железная дорога . . . . .	638
Направленный взвешенный граф . . . . .	639
Алгоритм Дейкстры . . . . .	639
Агенты и поездки . . . . .	639
Приложение GraphDW Workshop . . . . .	644
Реализация на языке Java . . . . .	648
Программа path.java . . . . .	652
Поиск кратчайших путей между всеми парами вершин . . . . .	656
Эффективность . . . . .	658
Неразрешимые задачи . . . . .	659
Обход доски ходом шахматного коня . . . . .	660
Задача коммивояжера . . . . .	660
Гамильтоновы циклы . . . . .	661
Итоги . . . . .	661
Вопросы . . . . .	662
Упражнения . . . . .	663
Программные проекты . . . . .	664
<b>Глава 15. Рекомендации по использованию . . . . .</b>	<b>666</b>
Структуры данных общего назначения . . . . .	666
Скорость и алгоритмы . . . . .	667
Библиотеки . . . . .	668
Массивы . . . . .	669
Связанные списки . . . . .	669
Деревья двоичного поиска . . . . .	670
Сбалансированные деревья . . . . .	670
Хеш-таблицы . . . . .	670
Быстродействие структур данных общего назначения . . . . .	671

Специализированные структуры данных	671
Стек	672
Очередь	672
Приоритетная очередь	673
Сортировка	673
Графы	674
Внешнее хранение данных	675
Последовательное хранение	675
Индексированные файлы	676
B-деревья	676
Хеширование	676
Виртуальная память	676
Итоги	677
<b>Приложение А. Приложения Workshop и примеры программ</b>	<b>678</b>
Приложения Workshop	678
Примеры программ	679
Sun Microsystems SDK	679
Программы командной строки	679
Настройка пути	680
Запуск приложений Workshop	680
Работа с приложениями Workshop	680
Запуск примеров	681
Компилирование примеров	681
Редактирование исходного кода	682
Завершение примеров	682
Одноименные файлы классов	682
Другие системы разработки	682
<b>Приложение Б. Литература</b>	<b>683</b>
Структуры данных и алгоритмы	683
Объектно-ориентированные языки программирования	684
Объектно-ориентированное проектирование и разработка	684
<b>Приложение В. Ответы на вопросы</b>	<b>686</b>
<b>Об авторе</b>	<b>694</b>
<b>Алфавитный указатель</b>	<b>695</b>