

Содержание

Предисловие 14

I Основы 23

Введение 24

1 Роль алгоритмов в вычислениях 26

1.1 Что такое алгоритмы 26

1.2 Алгоритмы как технология 32

2 Приступаем к изучению 38

2.1 Сортировка вставкой 38

2.2 Анализ алгоритмов 45

2.3 Разработка алгоритмов 52

3 Рост функций 67

3.1 Асимптотические обозначения 68

3.2 Стандартные обозначения и часто встречающиеся функции 78

4 Разделяй и властвуй 90

4.1 Задача поиска максимального подмассива 93

4.2 Алгоритм Штрассена для умножения матриц 100

4.3 Метод подстановки решения рекуррентных соотношений 108

4.4 Метод деревьев рекурсии 113

4.5 Основной метод 119

★ 4.6 Доказательство основной теоремы 123

5 Вероятностный анализ и рандомизированные алгоритмы 140

5.1 Задача о найме 140

5.2 Индикаторная случайная величина 144

5.3 Рандомизированные алгоритмы 148

★ 5.4 Вероятностный анализ и дальнейшее применение индикаторных случайных величин 156

II Сортировка и порядковая статистика 173

Введение 174

- 6 Пирамидальная сортировка 179**
 - 6.1 Пирамиды 179
 - 6.2 Поддержка свойства пирамиды 182
 - 6.3 Построение пирамиды 185
 - 6.4 Алгоритм пирамидальной сортировки 188
 - 6.5 Очереди с приоритетами 190
- 7 Быстрая сортировка 198**
 - 7.1 Описание быстрой сортировки 198
 - 7.2 Производительность быстрой сортировки 202
 - 7.3 Рандомизированная быстрая сортировка 207
 - 7.4 Анализ быстрой сортировки 208
- 8 Сортировка за линейное время 220**
 - 8.1 Нижние границы для алгоритмов сортировки 220
 - 8.2 Сортировка подсчетом 223
 - 8.3 Поразрядная сортировка 226
 - 8.4 Карманная сортировка 230
- 9 Медианы и порядковые статистики 243**
 - 9.1 Минимум и максимум 244
 - 9.2 Выбор в течение линейного ожидаемого времени 245
 - 9.3 Алгоритм выбора с линейным временем работы в наихудшем случае 250

III Структуры данных 259

Введение 260

- 10 Элементарные структуры данных 264**
 - 10.1 Стеки и очереди 264
 - 10.2 Связанные списки 268
 - 10.3 Реализация указателей и объектов 273
 - 10.4 Представление корневых деревьев 277
- 11 Хеширование и хеш-таблицы 285**
 - 11.1 Таблицы с прямой адресацией 286
 - 11.2 Хеш-таблицы 288
 - 11.3 Хеш-функции 294
 - 11.4 Открытая адресация 302
 - ★ 11.5 Идеальное хеширование 310

- 12 Бинарные деревья поиска 319**
 - 12.1 Что такое бинарное дерево поиска 319
 - 12.2 Работа с бинарным деревом поиска 322
 - 12.3 Вставка и удаление 327
 - ★ 12.4 Случайное построение бинарных деревьев поиска 332
- 13 Красно-черные деревья 341**
 - 13.1 Свойства красно-черных деревьев 341
 - 13.2 Повороты 345
 - 13.3 Вставка 348
 - 13.4 Удаление 356
- 14 Расширение структур данных 372**
 - 14.1 Динамические порядковые статистики 372
 - 14.2 Расширение структур данных 378
 - 14.3 Деревья отрезков 381

IV Усовершенствованные методы разработки и анализа 389

- Введение 390**
- 15 Динамическое программирование 392**
 - 15.1 Разрезание стержня 393
 - 15.2 Перемножение цепочки матриц 403
 - 15.3 Элементы динамического программирования 412
 - 15.4 Наидлиннейшая общая подпоследовательность 424
 - 15.5 Оптимальные бинарные деревья поиска 431
- 16 Жадные алгоритмы 448**
 - 16.1 Задача о выборе процессов 449
 - 16.2 Элементы жадной стратегии 457
 - 16.3 Коды Хаффмана 463
 - ★ 16.4 Матроиды и жадные методы 471
 - ★ 16.5 Планирование заданий как матроид 479
- 17 Амортизационный анализ 487**
 - 17.1 Групповой анализ 488
 - 17.2 Метод бухгалтерского учета 492
 - 17.3 Метод потенциалов 495
 - 17.4 Динамические таблицы 500

V Сложные структуры данных 517

- Введение 518**
- 18 В-деревья 521**
- 18.1 Определение В-деревьев 525
 - 18.2 Основные операции с В-деревьями 528
 - 18.3 Удаление ключа из В-дерева 536
- 19 Фибоначчиевы пирамиды 542**
- 19.1 Структура фибоначчиевых пирамид 544
 - 19.2 Операции над объединяемыми пирамидами 547
 - 19.3 Уменьшение ключа и удаление узла 555
 - 19.4 Оценка максимальной степени 559
- 20 Деревья ван Эмде Боаса 568**
- 20.1 Предварительные подходы 569
 - 20.2 Рекурсивная структура 573
 - 20.3 Дерево ван Эмде Боаса 582
- 21 Структуры данных для непересекающихся множеств 597**
- 21.1 Операции над непересекающимися множествами 597
 - 21.2 Представление непересекающихся множеств с помощью связанных списков 600
 - 21.3 Леса непересекающихся множеств 604
 - ★ 21.4 Анализ объединения по рангу со сжатием пути 608

VI Алгоритмы для работы с графами 623

- Введение 624**
- 22 Элементарные алгоритмы для работы с графами 626**
- 22.1 Представление графов 626
 - 22.2 Поиск в ширину 630
 - 22.3 Поиск в глубину 639
 - 22.4 Топологическая сортировка 649
 - 22.5 Сильно связные компоненты 652
- 23 Минимальные остовные деревья 661**
- 23.1 Выращивание минимального остовного дерева 662
 - 23.2 Алгоритмы Крускала и Прима 667
- 24 Кратчайшие пути из одной вершины 680**
- 24.1 Алгоритм Беллмана–Форда 688
 - 24.2 Кратчайшие пути из одной вершины в ориентированных ациклических графах 693
 - 24.3 Алгоритм Дейкстры 696
 - 24.4 Разностные ограничения и кратчайшие пути 702
 - 24.5 Доказательства свойств кратчайших путей 709

- 25 Кратчайшие пути между всеми парами вершин 722**
 - 25.1 Задача о кратчайших путях и умножение матриц 724
 - 25.2 Алгоритм Флойда–Уоршелла 731
 - 25.3 Алгоритм Джонсона для разреженных графов 738
- 26 Задача о максимальном потоке 747**
 - 26.1 Транспортные сети 748
 - 26.2 Метод Форда–Фалкерсона 753
 - 26.3 Максимальное паросочетание 771
 - ★ 26.4 Алгоритмы проталкивания предпотока 775
 - ★ 26.5 Алгоритм “поднять-в-начало” 788

VII Избранные темы 807

- Введение 808**
- 27 Многопоточные алгоритмы 811**
 - 27.1 Основы динамической многопоточности 813
 - 27.2 Многопоточное умножение матриц 832
 - 27.3 Многопоточная сортировка слиянием 836
- 28 Работа с матрицами 852**
 - 28.1 Решение систем линейных уравнений 852
 - 28.2 Обращение матриц 866
 - 28.3 Симметричные положительно определенные матрицы и метод наименьших квадратов 872
- 29 Линейное программирование 883**
 - 29.1 Стандартная и каноническая формы задачи линейного программирования 891
 - 29.2 Формулировка задач в виде задач линейного программирования 899
 - 29.3 Симплекс-алгоритм 905
 - 29.4 Двойственность 921
 - 29.5 Начальное базисное допустимое решение 927
- 30 Полиномы и быстрое преобразование Фурье 940**
 - 30.1 Представление полиномов 942
 - 30.2 ДПФ и БПФ 949
 - 30.3 Эффективные реализации БПФ 957

- 31 Теоретико-числовые алгоритмы 968**
- 31.1 Элементарные понятия теории чисел 970
 - 31.2 Наибольший общий делитель 976
 - 31.3 Модульная арифметика 982
 - 31.4 Решение модульных линейных уравнений 990
 - 31.5 Китайская теорема об остатках 994
 - 31.6 Степени элемента 997
 - 31.7 Криптосистема с открытым ключом RSA 1002
 - ★ 31.8 Проверка простоты 1009
 - ★ 31.9 Целочисленное разложение 1021
- 32 Поиск подстрок 1031**
- 32.1 Простейший алгоритм поиска подстрок 1034
 - 32.2 Алгоритм Рабина–Карпа 1036
 - 32.3 Поиск подстрок с помощью конечных автоматов 1041
 - ★ 32.4 Алгоритм Кнута–Морриса–Пратта 1048
- 33 Вычислительная геометрия 1060**
- 33.1 Свойства отрезков 1061
 - 33.2 Определение наличия пересекающихся отрезков 1068
 - 33.3 Поиск выпуклой оболочки 1075
 - 33.4 Поиск пары ближайших точек 1086
- 34 NP-полнота 1096**
- 34.1 Полиномиальное время 1102
 - 34.2 Проверка за полиномиальное время 1110
 - 34.3 NP-полнота и приводимость 1115
 - 34.4 Доказательства NP-полноты 1127
 - 34.5 NP-полные задачи 1136
- 35 Приближенные алгоритмы 1157**
- 35.1 Задача о вершинном покрытии 1159
 - 35.2 Задача о коммивояжере 1163
 - 35.3 Задача о покрытии множества 1169
 - 35.4 Рандомизация и линейное программирование 1175
 - 35.5 Задача о сумме подмножества 1180

VIII Приложения: математические основы 1195

- Введение 1196**
- A Суммы и ряды 1198**
- A.1 Суммы и их свойства 1198
 - A.2 Оценки сумм 1202

- Б Множества и прочие художества 1210**
Б.1 Множества 1210
Б.2 Отношения 1215
Б.3 Функции 1218
Б.4 Графы 1221
Б.5 Деревья 1226
- В Комбинаторика и теория вероятности 1235**
В.1 Основы комбинаторики 1235
В.2 Вероятность 1241
В.3 Дискретные случайные величины 1248
В.4 Геометрическое и биномиальное распределения 1254
★ В.5 Хвосты биномиального распределения 1260
- Г Матрицы 1269**
Г.1 Матрицы и матричные операции 1269
Г.2 Основные свойства матриц 1274
-

Литература 1282

Предметный указатель 1299