

УДК 004.021  
ББК 32.973.05  
Э77

Э77 Джефф Эриксон

Алгоритмы / пер. с англ. А. В. Снастина, П. Б. Иванова. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 526 с.: ил.

**ISBN 978-5-97060-981-1**

В этом руководстве содержатся основные сведения об алгоритмах: анализируются различные типы алгоритмов, рассматриваются методы их построения (рекурсия, динамическое программирование и др.), приводятся практические примеры. В конце каждой главы приводятся упражнения, направленные на закрепление пройденного.

Для изучения материала требуется знание основ дискретной математики и методов доказательств, а также представление об основных вычислительных задачах и алгоритмах. Желателен практический опыт работы с языком программирования, поддерживающим косвенную адресацию и рекурсию.

Издание адресовано студентам и преподавателям технических вузов, а также тем, кто хочет изучить основы алгоритмизации.

УДК 004.021  
ББК 32.973.05

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-1-79264-483-2 (англ.)  
ISBN 978-5-97060-981-1 (рус.)

© Copyright Jeff Erickson, 2019  
© Оформление, перевод на русский язык,  
издание, ДМК Пресс, 2023

# Оглавление

<b>Предисловие от издательства .....</b>	<b>12</b>
<b>Предисловие.....</b>	<b>13</b>
Об этой книге.....	13
Обязательный минимум.....	13
Дополнительные ссылки .....	15
Упражнения в этой книге.....	17
Стащите эту книгу.....	18
Благодарности .....	19
Предостережение для преподавателя.....	20
<b>Глава 0. Введение.....</b>	<b>22</b>
0.1. Что такое алгоритм.....	22
0.2. Умножение .....	24
Умножение методом решетки .....	24
Удваивание и усреднение.....	27
Циркуль и линейка.....	29
0.3. Распределение мест в Конгрессе США.....	30
0.4. Отрицательный пример.....	32
0.5. Описание алгоритмов .....	33
Определение конкретной задачи.....	34
Описание алгоритма .....	35
0.6. Анализ алгоритмов .....	37
Корректность.....	37
Время выполнения.....	37
Упражнения .....	40
<b>Глава 1. Рекурсия.....</b>	<b>45</b>
1.1. Сведёние.....	45
1.2. Упрощение и делегирование .....	46
1.3. Ханойские башни.....	48
1.4. Сортировка слиянием.....	51
Корректность .....	52
Анализ .....	53
1.5. Быстрая сортировка .....	54
Корректность.....	55
Анализ .....	55
1.6. Шаблон.....	57
1.7. Рекурсивные деревья.....	57
♥Исключение нижних и верхних границ – это правильный подход, даю честное слово.....	60

♥1.8. Линейный алгоритм выбора.....	62
Алгоритм быстрого выбора .....	62
Правильные опорные элементы .....	63
Анализ .....	64
Проверка достоверности.....	66
1.9. Быстрое умножение .....	67
1.10. Возведение в степень .....	70
Упражнения .....	72
Ханойские башни .....	72
Рекурсивные деревья .....	77
Сортировка .....	78
Выбор.....	82
Арифметика.....	85
Массивы .....	89
Деревья.....	95
<b>Глава 2. Поиск с возвратом.....</b>	<b>102</b>
2.1. Задача об $n$ ферзях.....	103
2.2. Деревья игры .....	105
2.3. Задача о сумме подмножеств .....	108
Корректность .....	109
Анализ .....	109
Варианты.....	110
2.4. Общий шаблон .....	111
2.5. Сегментация текста (Interpunctio Verborum).....	113
2.6. Максимальная возрастающая подпоследовательность.....	120
2.7. Максимальная возрастающая подпоследовательность, дубль 2 .....	124
2.8. Оптимальные двоичные деревья поиска.....	126
Упражнения .....	129
<b>Глава 3. Динамическое программирование .....</b>	<b>134</b>
3.1. Mātrāvṛtta .....	134
Алгоритм поиска с возвратом может быть медленным.....	136
Мемоизация (запоминание): помнить все.....	137
Динамическое программирование: осмысленное заполнение .....	138
И все же не следует запоминать все подряд .....	140
♥3.2. Небольшое отступление: еще более быстрое определение чисел Фибоначчи .....	140
Стоп! Не так быстро .....	142
3.3. Interpunctio verborum redux (И снова о пунктуации) .....	143
3.4. Шаблон: интеллектуальная рекурсия .....	144
3.5. Внимание: жадность – это глупость.....	146
3.6. Максимальная возрастающая подпоследовательность.....	147
Первое рекуррентное выражение: кто следующий? .....	147

Второе рекуррентное выражение: что дальше? .....	149
3.7. Расстояние редактирования.....	150
Рекурсивная структура .....	151
Рекуррентное выражение .....	152
Динамическое программирование .....	153
3.8. Задача о сумме подмножеств.....	155
3.9. Оптимальные двоичные деревья поиска.....	157
3.10. Динамическое программирование для деревьев .....	161
Упражнения .....	163
Последовательности/Массивы .....	164
Разделение последовательностей/массивов .....	185
Деревья и поддеревья.....	197
<b>Глава 4. Жадные алгоритмы.....</b>	<b>205</b>
4.1. Сохранение файлов на магнитной ленте.....	205
4.2. Планирование учебных курсов.....	208
4.3. Общий шаблон .....	211
4.4. Коды Хаффмана.....	212
4.5. Задача о стабильных браках.....	218
Некоторые неудачные идеи .....	219
Алгоритмы Boston Pool и Гэйла – Шепли.....	221
Время выполнения.....	223
Корректность .....	223
Оптимальность.....	224
Упражнения .....	225
<b>Глава 5. Основные графовые алгоритмы.....</b>	<b>238</b>
5.1. Введение и историческая справка.....	238
5.2. Основные определения.....	242
5.3. Представления и примеры.....	244
5.4. Структуры данных.....	248
Списки смежных вершин.....	248
Матрицы смежности .....	249
Сравнение.....	250
5.5. Поиск в любом направлении .....	252
Анализ .....	255
5.6. Важные варианты .....	255
Стек: поиск в глубину .....	255
Очередь: поиск в ширину.....	255
Очередь с приоритетами: поиск по первому наилучшему совпадению.....	256
Несвязные графы.....	257
Направленные графы.....	259
5.7. Редукция графа: сплошная заливка.....	259

Упражнения .....	261
Графы .....	261
Алгоритмы обхода .....	263
Сведёния .....	267
<b>Глава 6. Поиск в глубину .....</b>	<b>281</b>
6.1. Обход в прямом и обратном порядке .....	283
Классификация вершин и ребер .....	284
6.2. Обнаружение циклов .....	287
6.3. Топологическая сортировка .....	288
Неявная топологическая сортировка .....	289
6.4. Мемоизация и динамическое программирование .....	291
Динамическое программирование в НАГ .....	292
6.5. Сильная связность .....	294
6.6. Сильные компоненты за линейное время .....	295
Алгоритм Косараджу–Шарира .....	296
♥Алгоритм Тарьяна .....	298
Упражнения .....	301
Поиск в глубину, топологическая сортировка и сильные компоненты .....	301
Динамическое программирование .....	308
<b>Глава 7. Минимальные остовные деревья .....</b>	<b>316</b>
7.1. Различные веса ребер .....	317
7.2. Единственный алгоритм минимального остоного дерева .....	318
7.3. Алгоритм Борувки .....	320
Это тот самый алгоритм МОД, который вам нужен .....	322
7.4. Алгоритм Ярника (Прима) .....	323
♥Улучшенный алгоритм Ярника .....	324
7.5. Алгоритм Краскала .....	326
Упражнения .....	328
<b>Глава 8. Кратчайшие пути .....</b>	<b>334</b>
8.1. Деревья кратчайшего пути .....	335
♥8.2. Отрицательные ребра .....	336
8.3. Единственный алгоритм SSSP .....	337
8.4. Невзвешенные графы: поиск в ширину .....	340
8.5. Направленный ациклический граф: поиск в глубину .....	344
8.6. Поиск по первому наилучшему совпадению: алгоритм Дейкстры .....	347
Отсутствие отрицательных ребер .....	348
♥Отрицательные ребра .....	352
8.7. Ослабление напряжения всех ребер: алгоритм Беллмана–Форда .....	354
Улучшение Мура .....	356
Формулировка с использованием динамического программирования .....	358
Упражнения .....	361

<b>Глава 9. Кратчайшие пути между всеми парами вершин в графе .....</b>	<b>374</b>
9.1. Введение.....	374
9.2. Множество отдельных источников .....	375
9.3. Изменение весов.....	376
9.4. Алгоритм Джонсона.....	377
9.5. Динамическое программирование .....	378
9.6. Разделяй и властвуй.....	380
9.7. Странное умножение матриц .....	382
9.8. Алгоритм (Клини–Роя–)Флойда–Уоршелла(–Ингермана).....	383
Упражнения .....	386
<b>Глава 10. Максимальные потоки и наименьшие разрезы .....</b>	<b>393</b>
10.1. Потоки .....	394
10.2. Разрезы.....	396
10.3. Теорема о максимальном потоке и наименьшем разрезе (Maxflow-Mincut) .....	397
10.4. Алгоритм увеличивающего пути Форда и Фалкерсона .....	400
♥ Иррациональные пропускные способности .....	401
10.5. Объединения и разбиения потоков .....	403
10.6. Алгоритмы Эдмондса и Карпа.....	407
Самые насыщенные увеличивающие пути .....	407
Кратчайшие увеличивающие пути .....	409
10.7. Дальнейшее развитие .....	411
Упражнения .....	413
<b>Глава 11. Приложения потоков и разрезов .....</b>	<b>422</b>
11.1. Реберно-непересекающиеся пути.....	422
11.2. Пропускные способности вершин и вершинно-непересекающиеся пути .....	423
11.3. Задача о паросочетании в двудольном графе.....	424
11.4. Выбор кортежа .....	427
Расписание экзаменов .....	428
11.5. Покрытия непересекающихся путей .....	431
Набор минимального преподавательского состава.....	432
11.6. Алгоритм исключения для бейсбола.....	434
11.7. Выбор проекта .....	437
Упражнения .....	439
<b>Глава 12. NP-трудность.....</b>	<b>452</b>
12.1. Игра, которую невозможно выиграть.....	452
12.2. P против NP.....	454
12.3. NP-трудная, NP-легкая и NP-полная задача .....	456
♥ 12.4. Формальные определения (HC SVNT DRACONES – Тут [обитают] драконы).....	458
12.5. Редукции и задача Sat.....	460

12.6. 3Sat (от CircuitSat).....	462
12.7. Максимальное независимое множество (от 3Sat).....	465
12.8. Общий шаблон.....	467
12.9. Клика и вершинное покрытие (от независимого множества) .....	469
12.10. Раскраска графа (от 3Sat).....	470
12.11. Гамильтонов цикл.....	473
От вершинного покрытия .....	474
От 3Sat.....	476
Варианты и расширения.....	478
12.12. Задача о сумме подмножеств (от задачи вершинного покрытия).....	479
Да будет осмотрителен выполняющий редукцию!.....	480
12.13. Другие полезные NP-трудные задачи .....	481
12.14. Выбор правильной задачи .....	484
12.15. Простой пример из реальной жизни.....	485
♥12.16. Что дальше .....	489
Полиномиальное пространство.....	489
Экспоненциальное время .....	491
Все выше и выше!.....	491
Упражнения .....	493
<b>Предметный указатель .....</b>	<b>509</b>
<b>Список алгоритмов на псевдокоде .....</b>	<b>523</b>