


ÍNDICE GENERAL

1 **Introducción** 1

- 1.1. ¿De qué trata este libro? 1
- 1.2. Repaso de matemáticas 3
 - 1.2.1. Exponentes 3
 - 1.2.2. Logaritmos 3
 - 1.2.3. Series 4
 - 1.2.4. Aritmética modular 6
 - 1.2.5. La palabra con D 6
- 1.3. Breve introducción a la recursión 9
 - Resumen 13
 - Ejercicios 13
 - Referencias 15

2 **Análisis de algoritmos** 17

- 2.1. Soporte matemático 17
- 2.2. Modelo 20
- 2.3. Qué analizar 20
- 2.4. Cálculo del tiempo de ejecución 22
 - 2.4.1. Un ejemplo sencillo 23
 - 2.4.2. Reglas generales 24
 - 2.4.3. Soluciones al problema de la suma de la subsecuencia máxima 26
 - 2.4.4. Logaritmos en el tiempo de ejecución 32
 - 2.4.5. Verificación del análisis 37
 - 2.4.6. Un grano de sal 38

Resumen 39
Ejercicios 39
Referencias 44

3 Listas, pilas y colas 45

3.1. Tipos de datos abstractos (TDA) 45
3.2. El TDA lista 46
3.2.1. Implantación de listas a base de arreglos sencillos 47
3.2.2. Listas enlazadas 47
3.2.3. Detalles de programación 48
3.2.4. Errores comunes 54
3.2.5. Listas doblemente enlazadas 56
3.2.6. Listas enlazadas circularmente 56
3.2.7. Ejemplos 57
3.2.8. Implantación de listas enlazadas a base de cursores 62
3.3. El TDA pila 66
3.3.1. El modelo pila 66
3.3.2. Implantación de pilas 68
3.3.3. Aplicaciones 74
3.4. El TDA cola 83
3.4.1. El modelo cola 83
3.4.2. Implantación de colas a base de arreglos 83
3.4.3. Aplicaciones de colas 87
Resumen 88
Ejercicios 88

4 Árboles 93

4.1. Preliminares 93
4.1.1. Implantación de árboles 95
4.1.2. Recorridos de árboles con una aplicación 95
4.2. Árboles binarios 100
4.2.1. Implantación 100
4.2.2. Árboles de expresión 101
4.3. El tda árbol de búsqueda: Árboles binarios de búsqueda 105
4.3.1. Crear_vacío 106
4.3.2. Buscar 106
4.3.3. Buscar_mín y buscar_máx 107
4.3.4. Insertar 108

- 4.3.5. Eliminar 109
- 4.3.6. Análisis del caso promedio 111
- 4.4. Árboles AVL 114
 - 4.4.1. Rotación sencilla 116
 - 4.4.2. Rotación doble 119
- 4.5. Árboles desplegados 126
 - 4.5.1. Una idea sencilla (que no funciona) 127
 - 4.5.2. Despliegue 129
- 4.6. Recorridos de árboles (de nuevo) 137
- 4.7. Árboles-B 139
 - Resumen 144
 - Ejercicios 145
 - Referencias 152

5 **Dispersión 155**

- 5.1. Idea general 155
- 5.2. Función de dispersión 156
- 5.3. Dispersión abierta (encadenamiento separado) 159
- 5.4. Dispersión cerrada (direccionamiento abierto) 162
 - 5.4.1. Exploración lineal 162
 - 5.4.2. Exploración cuadrática 165
 - 5.4.3. Dispersión doble 168
- 5.5. Redispersión 170
- 5.6. Dispersión extensible 172
 - Resumen 175
 - Ejercicios 176
 - Referencias 179

6 **Colas de prioridad (montículos) 181**

- 6.1. Modelo 182
- 6.2. Implantaciones simples 182
- 6.3. Montículo binario 183
 - 6.3.1. Propiedad de la estructura 183
 - 6.3.2. Propiedad de orden de montículo 184
 - 6.3.3. Operaciones básicas sobre montículos 185
 - 6.3.4. Otras operaciones sobre montículos 189
- 6.4. Aplicaciones de las colas de prioridad 194

- 6.4.1. El problema de la selección 194
- 6.4.2. Simulación de eventos 196
- 6.5. Montículos-*d* 197
- 6.6. Montículos a izquierda 198
 - 6.6.1. Propiedad de montículo a izquierda 198
 - 6.6.2. Operaciones sobre montículos a izquierda 200
- 6.7. Montículos oblicuos 205
- 6.8. Colas binomiales 207
 - 6.8.1. Estructura de cola binomial 208
 - 6.8.2. Operaciones sobre colas binomiales 209
 - 6.8.3. Implantación de colas binomiales 213
- Resumen 216
- Ejercicios 216
- Referencias 221

7 Ordenación 221

- 7.1. Preliminares 224
- 7.2. Ordenación por inserción 224
 - 7.2.1. El algoritmo 224
 - 7.2.2. Análisis de la ordenación por inserción 225
- 7.3. Una cota inferior para algoritmos de ordenación simples 225
- 7.4. Ordenación de Shell 227
 - 7.4.1. Análisis del peor caso de la ordenación de Shell 228
- 7.5. Ordenación por montículo 231
- 7.6. Ordenación por intercalación 233
 - 7.6.1. Análisis de la ordenación por intercalación 236
- 7.7. Ordenación rápida 240
 - 7.7.1. Selección del pivote 241
 - 7.7.2. Estrategia de partición 242
 - 7.7.3. Archivos pequeños 245
 - 7.7.4. Rutinas reales de ordenación rápida 245
 - 7.7.5. Análisis de la ordenación rápida 247
 - 7.7.6. Un algoritmo de selección con un tiempo esperado lineal 251
- 7.8. Ordenación de registros grandes 252
- 7.9. Una cota inferior general para la ordenación 253
 - 7.9.1. Árboles de decisión 253
- 7.10. Ordenación por cubetas 255
- 7.11. Ordenación externa 256
 - 7.11.1. ¿Por qué necesitamos algoritmos nuevos? 256

- 7.11.2. Modelo para ordenación externa 257
- 7.11.3. El algoritmo sencillo 257
- 7.11.4. Intercalación de vías múltiples 258
- 7.11.5. Intercalación polifásica 260
- 7.11.6. Selección de sustitución 261
- Resumen 262
- Ejercicios 263
- Referencias 267

8 El TDA conjunto ajeno 271

- 8.1. Relaciones de equivalencia 271
- 8.2. El problema de la equivalencia dinámica 272
- 8.3. Estructura de datos básica 274
- 8.4. Algoritmos de unión refinados 277
- 8.5. Compresión de caminos 280
- 8.6. Peor caso de la unión por rangos y compresión de caminos 281
 - 8.6.1. Análisis del algoritmo unión/búsqueda 282
- 8.7. Una aplicación 288
 - Resumen 289
 - Ejercicios 289
 - Referencias 291

9 Algoritmos de grafos 293

- 9.1. Definiciones 293
 - 9.1.1. Representación de grafos 294
- 9.2. Ordenación topológica 296
- 9.3. Algoritmos del camino más corto 300
 - 9.3.1. Caminos más cortos no ponderados 302
 - 9.3.2. Algoritmo de Dijkstra 308
 - 9.3.3. Grafos con aristas de costo negativo 315
 - 9.3.4. Grafos acíclicos 316
 - 9.3.5. Camino más corto entre todos los pares 320
- 9.4. Problemas de flujo en redes 320
 - 9.4.1. Un algoritmo simple de flujo máximo 321
- 9.5. Árbol de extensión mínimo 325
 - 9.5.1. Algoritmo de Prim 326

- 9.5.2. Algoritmo de Kruskal 330
- 9.6 Aplicaciones de la búsqueda en profundidad 332
 - 9.6.1. Grafos no dirigidos 333
 - 9.6.2. Biconectividad 334
 - 9.6.3. Circuitos de Euler 338
 - 9.6.4. Grafos dirigidos 342
 - 9.6.5. Localización de componentes fuertes 344
- 9.7 Introducción a la compleción NP 346
 - 9.7.1. Fácil vs. difícil 346
 - 9.7.2. La clase NP 347
 - 9.7.3. Problemas NP completos 348
- Resumen 351
- Ejercicios 351
- Referencias 357

10 Técnicas de diseño de algoritmos 361

- 10.1. Algoritmos ávidos 361
 - 10.1.1. Un problema simple de planificación 362
 - 10.1.2. Códigos de Huffman 366
 - 10.1.3. Empaquetamiento aproximado en recipientes 372
- 10.2. "Divide y vencerás" 381
 - 10.2.1. Tiempo de ejecución de algoritmos de "divide y vencerás" 382
 - 10.2.2. El problema de los puntos más cercanos 385
 - 10.2.3. El problema de la selección 389
 - 10.2.4. Mejoras teóricas para problemas de aritmética 393
- 10.3. Programación dinámica 397
 - 10.3.1. Uso de una tabla en vez de la recursión 397
 - 10.3.2. Ordenación de multiplicaciones de matrices 400
 - 10.3.3. Árbol binario de búsqueda óptimo 402
 - 10.3.4. Camino más corto entre todos los pares 407
- 10.4. Algoritmos aleatorizados 409
 - 10.4.1. Generadores de números aleatorios 410
 - 10.4.2. Listas con saltos 414
 - 10.4.3. Comprobación de primalidad 417
- 10.5. Algoritmos con retroceso 418
 - 10.5.1. El problema de la reconstrucción del camino de cuota 420
 - 10.5.2. Juegos 425
- Resumen 432
- Ejercicios 432
- Referencias 440

- 11 **Análisis amortizado** 445
 - 11.1. Un acertijo no relacionado 446
 - 11.2. Colas binomiales 446
 - 11.3. Montículos oblicuos 452
 - 11.4. Montículos de Fibonacci 454
 - 11.4.1. Corte de nodos en montículo a izquierda 455
 - 11.4.2. Fusión perezosa de colas binomiales 458
 - 11.4.3. Las operaciones del montículo de Fibonacci 461
 - 11.4.4. Demostración de la cota del tiempo 463
 - 11.5. Árboles desplegados 465
 - Resumen 469
 - Ejercicios 470
 - Referencias 471
- Vocabulario técnico bilingüe 473
- Índice de materias 479