

# Índice general

## Capítulo 1 Introducción

1.1	Optimación	1
1.2	Tipos de problemas	2
1.3	Tamaño de los problemas	5
1.4	Algoritmos iterativos y convergencia	6

## PARTE I Programación lineal

### Capítulo 2 Propiedades básicas de los programas lineales

2.1	Introducción	11
2.2	Ejemplos de problemas de programación lineal	14
2.3	Soluciones básicas	17
2.4	Teorema fundamental de la programación lineal	18
2.5	Relaciones con la convexidad	21
2.6	Ejercicios	26

### Capítulo 3 El método simplex

3.1	Pivotes	30
3.2	Puntos extremos adyacentes	35
3.3	Determinación de una solución factible mínima	40
3.4	Procedimiento computacional: método simplex	43
3.5	Variables artificiales	48
*3.6	Variables con cotas superiores	53
3.7	Forma matricial del método simplex	57
3.8	El método simplex revisado	59
*3.9	El método simplex y la descomposición LU	65
3.10	Descomposición	67
3.11	Resumen	75
3.12	Ejercicios	75

### Capítulo 4 Dualidad

4.1	Programas lineales duales	84
4.2	Teorema de dualidad	87
4.3	Relaciones con el procedimiento simplex	89
4.4	Sensibilidad y holgura complementaria	94
*4.5	Método simplex dual	96

*4.6	Algoritmo primal-dual .....	99
*4.7	Reducción de desigualdades lineales .....	104
4.8	Ejercicios .....	109
<b>Capítulo 5</b>	<b>Problemas de transporte y flujo de redes</b>	
5.1	El problema del transporte .....	117
5.2	Búsqueda de una solución factible básica .....	120
5.3	Triangularidad de las bases .....	122
5.4	Método simplex para problemas de transporte .....	126
5.5	El problema de asignación .....	133
5.6	Conceptos básicos de redes .....	134
5.7	Flujo de costo mínimo .....	136
5.8	Flujo maximal .....	140
*5.9	Algoritmo del transporte primal-dual .....	149
5.10	Resumen .....	157
5.11	Ejercicios .....	159
<b>PARTE II</b>	<b>Problemas sin restricciones</b>	
<b>Capítulo 6</b>	<b>Propiedades básicas de solución y algoritmos</b>	
6.1	Condiciones necesarias de primer orden .....	168
6.2	Ejemplos de problemas sin restricciones .....	170
6.3	Condiciones de segundo orden .....	174
6.4	Funciones convexas y cóncavas .....	176
6.5	Minimización y maximización de funciones convexas .....	181
6.6	Convergencia global de algoritmos de descenso .....	182
6.7	Rapidez de convergencia .....	190
6.8	Resumen .....	194
6.9	Ejercicios .....	194
<b>Capítulo 7</b>	<b>Métodos básicos de descenso</b>	
7.1	Búsqueda de Fibonacci y de la sección áurea .....	198
7.2	Búsqueda lineal mediante ajuste de curvas .....	201
7.3	Convergencia global del ajuste de curvas .....	208
7.4	Cierre de algoritmos de búsqueda lineal .....	211
7.5	Búsqueda lineal imprecisa .....	212
7.6	Método de descenso de mayor pendiente .....	216
7.7	Aplicaciones de la teoría .....	222
7.8	Método de Newton .....	227
7.9	Métodos de descenso coordinado .....	230
7.10	Pasos espaciadores .....	233
7.11	Resumen .....	234
7.12	Ejercicios .....	235
<b>Capítulo 8</b>	<b>Métodos de dirección conjugada</b>	
8.1	Direcciones conjugadas .....	240
8.2	Propiedades de descenso del método de la dirección conjugada. .	243

8.3	Método del gradiente conjugado . . . . .	245
8.4	El método del gradiente conjugado como un proceso optimal. . .	248
8.5	Método del gradiente conjugado parcial . . . . .	250
8.6	Extensión a problemas no cuadráticos . . . . .	254
8.7	Tangentes paralelas . . . . .	257
8.8	Ejercicios . . . . .	259

**Capítulo 9 Métodos cuasi Newton**

9.1	Método de Newton modificado . . . . .	262
9.2	Construcción de la inversa . . . . .	265
9.3	Método de Davidon-Fletcher-Powell . . . . .	267
9.4	La familia de Broyden . . . . .	270
9.5	Propiedades de convergencia . . . . .	273
*9.6	Escala . . . . .	277
9.7	Métodos cuasi Newton sin memoria . . . . .	282
9.8	Combinación del descenso de mayor pendiente y el método de Newton . . . . .	284
9.9	Resumen . . . . .	289
9.10	Ejercicios . . . . .	291

**PARTE III Minimización con restricciones**

**Capítulo 10 Condiciones para la minimización con restricciones**

10.1	Restricciones . . . . .	299
10.2	El plano tangente . . . . .	301
10.3	Condiciones necesarias de primer orden (restricciones de igualdad). . .	304
10.4	Ejemplos . . . . .	305
10.5	Condiciones de segundo orden . . . . .	310
10.6	Valores propios en el subespacio tangente . . . . .	312
10.7	Sensibilidad . . . . .	317
10.8	Restricciones de desigualdad . . . . .	319
10.9	Resumen . . . . .	323
10.10	Ejercicios . . . . .	324

**Capítulo 11 Métodos primales**

11.1	Ventaja de los métodos primales . . . . .	328
11.2	Métodos de dirección factible . . . . .	329
11.3	Métodos de conjunto activo . . . . .	332
11.4	Método de proyección del gradiente . . . . .	337
11.5	Tasa de convergencia del método de proyección del gradiente. . .	343
11.6	Método del gradiente reducido . . . . .	351
11.7	Tasa de convergencia del método del gradiente reducido . . . . .	357
11.8	Variaciones . . . . .	364
11.9	Resumen . . . . .	366
11.10	Ejercicios . . . . .	367

**Capítulo 12 Métodos de penalización y de barrera**

12.1	Métodos de penalización	373
12.2	Métodos de barrera	376
12.3	Propiedades de las funciones de penalización y de barrera	378
12.4	Método de Newton y funciones de penalización	386
12.5	Gradientes conjugados y métodos de penalización	387
12.6	Normalización de funciones de penalización	389
*12.7	Funciones de penalización y proyección del gradiente	391
12.8	Funciones de penalización exactas	395
12.9	Resumen	399
12.10	Ejercicios	400

**Capítulo 13 Métodos duales y de plano cortante**

13.1	Dualidad local	404
13.2	Tasa de convergencia canónica dual	410
13.3	Problemas separables	411
13.4	Lagrangianos aumentados	414
13.5	El punto de vista dual	419
13.6	Métodos de plano cortante	424
13.7	Algoritmo de plano cortante convexo de Kelley	426
13.8	Modificaciones	429
13.9	Ejercicios	430

**Capítulo 14 Métodos de Lagrange**

14.1	Programación cuadrática	432
14.2	Métodos directos	436
14.3	Relación con la programación cuadrática	442
14.4	Métodos de Newton modificados	444
14.5	Propiedades de descenso	448
14.6	Tasa de convergencia	453
14.7	Métodos cuasi Newton	455
14.8	Resumen	459
14.9	Ejercicios	460

**Apéndice A Repaso de matemáticas**

A.1	Conjuntos	465
A.2	Notación matricial	466
A.3	Espacios	467
A.4	Valores propios y formas cuadráticas	468
A.5	Conceptos topológicos	469
A.6	Funciones	470

**Apéndice B Conjuntos convexos**

B.1	Definiciones básicas	474
B.2	Hiperplanos y polítopos	476

B.3	Hiperplanos separadores y de apoyo .....	479
B.4	Puntos extremos .....	480
<b>Apéndice C</b>	<b>Eliminación gaussiana</b>	
<b>Bibliografía</b>	.....	487
<b>Indice de materias</b>	.....	495