

Referencias seleccionadas	89
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	90
Problemas	90
Caso 3.1 Ensamble de automóviles	103
Caso 3.2 Disminución de costos de cafetería	104
Caso 3.3 Asignación de personal en centro de llamadas	106
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>Solución de problemas de programación lineal: método símplex</b>	<b>109</b>
4.1 Esencia del método símplex	109
4.2 Preparación para el método símplex	114
4.3 Álgebra del método símplex	118
4.4 El método símplex en forma tabular	123
4.5 Rompimiento de empates en el método símplex	128
4.6 Adaptación a otras formas de modelo	132
4.7 Análisis posóptimo	152
4.8 Paquetes de computadora	160
4.9 Enfoque de punto interior para resolver problemas de programación lineal	163
4.10 Conclusiones	168
Apéndice 4.1 Introducción al uso de LINDO	169
Referencias seleccionadas	171
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	172
Problemas	172
Caso 4.1 Telas y moda de otoño	182
Caso 4.2 Nuevas fronteras	185
Caso 4.3 Asignación de estudiantes a escuelas	188
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>Teoría del método símplex</b>	<b>190</b>
5.1 Fundamentos del método símplex	190
5.2 Método símplex revisado	202
5.3 Una idea fundamental	212
5.4 Conclusiones	220
Referencias seleccionadas	220
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	221
Problema	221
<b>CAPÍTULO 6</b>	
<b>Teoría de dualidad y análisis de sensibilidad</b>	<b>230</b>
6.1 Esencia de la teoría de dualidad	231
6.2 Interpretación económica de la dualidad	239
6.3 Relaciones primal-dual	242
6.4 Adaptación a otras formas del primal	247
6.5 Papel de la teoría de dualidad en el análisis de sensibilidad	252
6.6 Esencia del análisis de sensibilidad	254

6.7 Aplicación del análisis de sensibilidad	262
6.8 Conclusiones	284
Referencias seleccionadas	284
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	285
Problemas	285
Caso 6.1 Control de la contaminación	302
Caso 6.2 Administración de granjas	304
Caso 6.3 Asignación de estudiantes a escuelas (de nuevo)	307

## **CAPÍTULO 7**

### **Otros algoritmos para programación lineal 309**

7.1 Método símplex dual	309
7.2 Programación lineal paramétrica	312
7.3 Técnica de la cota superior	317
7.4 Algoritmo de punto interior	320
7.5 Programación por objetivos y sus procedimientos de solución	332
7.6 Conclusiones	339
Referencias seleccionadas	340
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	340
Problemas	341
Caso 7.1 Una cura para Cuba	347

## **CAPÍTULO 8**

### **Problemas de transporte y asignación 350**

8.1 Problema de transporte	351
8.2 Método símplex simplificado para el problema de transporte	365
8.3 El problema de asignación	381
8.4 Conclusiones	391
Referencias seleccionadas	391
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	392
Problemas	392
Caso 8.1 Envío de madera al mercado	401
Caso 8.2 Elección de proyectos	402

## **CAPÍTULO 9**

### **Modelos de optimización de redes 405**

9.1 Ejemplo prototipo	406
9.2 Terminología de redes	407
9.3 Problema de la ruta más corta	411
9.4 Problema del árbol de expansión mínima	415
9.5 Problema de flujo máximo	420
9.6 Problema del flujo de costo mínimo	429
9.7 Método símplex de redes	438
9.8 Conclusiones	448
Referencias seleccionadas	449

Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	449
Problemas	450
Caso 9.1 Ayuda a los aliados	458
Caso 9.2 Dinero en movimiento	464

## CAPÍTULO 10

<b>Administración de proyectos con PERT/CPM</b>	<b>468</b>
10.1 Ejemplo prototipo: proyecto de Reliable Construction Co.	469
10.2 Uso de una red para visualizar un proyecto	470
10.3 Programación de un proyecto con PERT/CPM	475
10.4 Manejo de la incertidumbre en las duraciones de las actividades	485
10.5 Consideración del trueque entre tiempo y costo	492
10.6 Programación y control de los costos del proyecto	502
10.7 Evaluación de PERT/CPM	508
10.8 Conclusiones	512
Referencias seleccionadas	513
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	514
Problemas	514
Caso 10.1 Pasos hacia el éxito	524
Caso 10.2 "Se acaba la escuela para siempre . . ."	527

## CAPÍTULO 11

<b>Programación dinámica</b>	<b>533</b>
11.1 Ejemplo prototipo para programación dinámica	533
11.2 Características de los problemas de programación dinámica	538
11.3 Programación dinámica determinística	541
11.4 Programación dinámica probabilística	562
11.5 Conclusiones	568
Referencias seleccionadas	568
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	568
Problemas	569

## CAPÍTULO 12

<b>Programación entera</b>	<b>576</b>
12.1 Ejemplo prototipo	577
12.2 Algunas aplicaciones de PEB	580
12.3 Usos innovadores de variables binarias en la formulación de modelos	585
12.4 Algunos ejemplos de formulación	591
12.5 Algunas perspectivas acerca de la solución de problemas de programación entera	600
12.6 Técnica de ramificación y acotamiento y sus aplicaciones a la programación entera binaria	604
12.7 Algoritmo de ramificación y acotamiento para programación entera mixta	616
12.8 Desarrollos recientes para resolver problemas de PEB	622
12.9 Conclusiones	630
Referencias seleccionadas	631

Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	631
Problemas	632
Caso 12.1 Aspectos de capacidad	642
Caso 12.2 Asignación de arte	645
Caso 12.3 Juegos de cocina en almacén	649
Caso 12.4 Asignación de estudiantes a escuelas (de nuevo)	653

### **CAPÍTULO 13**

<b>Programación no lineal</b>	<b>654</b>
13.1 Algunas aplicaciones	655
13.2 Ilustración gráfica de problemas de programación no lineal	659
13.3 Tipos de problemas de programación no lineal	664
13.4 Optimización no restringida de una variable	670
13.5 Optimización no restringida de varias variables	673
13.6 Condiciones de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) para optimización restringida	679
13.7 Programación cuadrática	683
13.8 Programación separable	690
13.9 Programación convexa	697
13.10 Programación no convexa	702
13.11 Conclusiones	706
Referencias seleccionadas	706
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	707
Problemas	708
Caso 13.1 Selección inteligente de acciones	720

### **CAPÍTULO 14**

<b>Teoría de juegos</b>	<b>726</b>
14.1 Formulación de juegos de dos personas y suma cero	726
14.2 Solución de juegos sencillos: ejemplo prototipo	728
14.3 Juegos con estrategias mixtas	733
14.4 Procedimiento de solución gráfica	735
14.5 Solución mediante programación lineal	738
14.6 Extensiones	741
14.7 Conclusiones	742
Referencias seleccionadas	743
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	743
Problemas	743

### **CAPÍTULO 15**

<b>Análisis de decisiones</b>	<b>749</b>
15.1 Ejemplo prototipo	750
15.2 Toma de decisiones sin experimentación	751
15.3 Toma de decisiones con experimentación	758
15.4 Árboles de decisión	764
15.5 Teoría de utilidad	770

15.6 Aplicación práctica del análisis de decisión	778
15.7 Conclusiones	781
Referencias seleccionadas	781
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	782
Problemas	782
Caso 15.1 Negocios inteligentes	795
Caso 15.2 Apoyo inteligente al conductor	798

## CAPÍTULO 16

### Cadenas de Markov 802

16.1 Procesos estocásticos	802
16.2 Cadenas de Markov	803
16.3 Ecuaciones de Chapman-Kolmogorov	808
16.4 Clasificación de estados de una cadena de Markov	810
16.5 Propiedades a largo plazo de las cadenas de Markov	812
16.6 Tiempos de primera pasada	818
16.7 Estados absorbentes	820
16.8 Cadenas de Markov de tiempo continuo	822
Referencias seleccionadas	827
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	828
Problemas	828

## CAPÍTULO 17

### Teoría de colas 834

17.1 Ejemplo prototipo	835
17.2 Estructura básica de los modelos de colas	835
17.3 Ejemplos de sistemas de colas reales	840
17.4 Papel de la distribución exponencial	841
17.5 Proceso de nacimiento y muerte	848
17.6 Modelos de colas basados en el proceso de nacimiento y muerte	852
17.7 Modelos de colas con distribuciones no exponenciales	871
17.8 Modelos de colas con disciplina de prioridades	879
17.9 Redes de colas	885
17.10 Conclusiones	889
Referencias seleccionadas	890
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	890
Problemas	891
Caso 17.1 Reducción de inventario en proceso	905

## CAPÍTULO 18

### Aplicaciones de teoría de colas 907

18.1 Ejemplos	907
18.2 Toma de decisiones	909
18.3 Formulación de las funciones de costo-espera	912

- 18.4 Modelos de decisión 917
- 18.5 Algunas aplicaciones de teoría de colas ganadoras de premios 923
- 18.6 Conclusiones 926
- Referencias seleccionadas 926
- Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware 926
- Problemas 927
- Caso 18.1 Dilema de colas 932

## **CAPÍTULO 19**

### **Teoría de inventarios 935**

- 19.1 Ejemplos 936
- 19.2 Componentes de los modelos de inventarios 938
- 19.3 Modelos determinísticos de revisión continua 941
- 19.4 Un modelo determinístico con revisión periódica 951
- 19.5 Modelo estocástico con revisión continua 956
- 19.6 Modelo estocástico de un solo periodo para productos perecederos 961
- 19.7 Revisión de modelos estocásticos periódicos 975
- 19.8 Sistemas de inventarios reales grandes 983
- 19.9 Conclusiones 987
- Referencias seleccionadas 987
- Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware 987
- Problemas 988
- Caso 19.1 Actualización de control de inventarios 1000
- Caso 19.2 Aprovechar las enseñanzas del voceador 1002
- Caso 19.3 Descartar el inventario excedente 1004

## **CAPÍTULO 20**

### **Pronósticos 1009**

- 20.1 Algunas aplicaciones de los pronósticos 1010
- 20.2 Métodos subjetivos de pronósticos 1013
- 20.3 Series de tiempo 1014
- 20.4 Métodos de pronóstico para un modelo de nivel constante 1016
- 20.5 Incorporación de efectos estacionales en los métodos de pronóstico 1018
- 20.6 Método de suavizado exponencial para un modelo de tendencia lineal 1021
- 20.7 Errores de pronóstico 1025
- 20.8 Método de Box-Jenkins 1026
- 20.9 Pronósticos causales con regresión lineal 1028
- 20.10 Pronósticos en la práctica 1036
- 20.11 Conclusiones 1038
- Referencias seleccionadas 1038
- Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware 1038
- Problemas 1039
- Caso 20.1 Artimañas para los pronósticos 1048

**CAPÍTULO 21**

<b>Procesos de decisión markovianos</b>	<b>1053</b>
21.1 Ejemplo prototipo	1053
21.2 Modelo para procesos de decisión markovianos	1056
21.3 Programación lineal y las políticas óptimas	1059
21.4 Algoritmo de mejoramiento de políticas para encontrar políticas óptimas	1064
21.5 Criterio del costo descontado	1069
21.6 Conclusiones	1077
Referencias seleccionadas	1077
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	1078
Problemas	1078

**CAPÍTULO 22**

<b>Simulación</b>	<b>1084</b>
22.1 Esencia de la simulación	1084
22.2 Tipos comunes de aplicaciones de simulación	1097
22.3 Generación de números aleatorios	1101
22.4 Generación de observaciones aleatorias a partir de una distribución de probabilidad	1105
22.5 Descripción de un estudio de simulación importante	1110
22.6 Simulación con hojas de cálculo	1115
22.7 Técnicas de reducción de varianza	1126
22.8 Método regenerativo de análisis estadístico	1131
22.9 Conclusiones	1138
Referencias seleccionadas	1140
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en OR Courseware	1140
Problemas	1141
Caso 22.1 Planeación de cepillos	1151
Caso 22.2 Costos bajo presión	1153

**APÉNDICES**

1. Documentación para el OR Courseware	1156
2. Convexidad	1159
3. Métodos de optimización clásica	1165
4. Matrices y operaciones con matrices	1169
5. Tablas	1174

**RESPUESTAS PARCIALES A PROBLEMAS SELECCIONADOS 1176****ÍNDICES**

Índice de autores	1195
Índice temático	1199