

# CONTENIDO

---

**SEMBLANZA DE LOS AUTORES**    xix

**DE LOS ESCRITORES DE CASOS**    xxi

**PREFACIO**    xxiii

## **CAPÍTULO I**

**Introducción**    I

- 1.1 Orígenes de la investigación de operaciones    1
- 1.2 Naturaleza de la investigación de operaciones    2
- 1.3 Impacto de la investigación de operaciones    3
- 1.4 Algoritmos y paquetes de IO    5
- Problemas    6

## **CAPÍTULO 2**

**Panorama del enfoque de modelado en investigación de operaciones**    7

- 2.1 Definición del problema y recolección de datos    7
- 2.2 Formulación de un modelo matemático    10
- 2.3 Obtención de una solución a partir del modelo    14
- 2.4 Prueba del modelo    16
- 2.5 Preparación para aplicar el modelo    18
- 2.6 Implantación    20
- 2.7 Conclusiones    21
- Referencias seleccionadas    22
- Problemas    22

## **CAPÍTULO 3**

**Introducción a la programación lineal**    24

- 3.1 Ejemplo prototipo    25
- 3.2 Modelo de programación lineal    31
- 3.3 Suposiciones de programación lineal    36
- 3.4 Ejemplos adicionales    44
- 3.5 Algunos casos de estudio    61
- 3.6 Despliegue y solución de modelos de PL en una hoja de cálculo    67
- 3.7 Construcción de modelos grandes de programación lineal    73
- 3.8 Conclusiones    79
- Apéndice 3.1 Lenguaje de modelado LINGO    79

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

## **CAPÍTULO 4**

<b>Solución de problemas de programación lineal: método simplex</b>	<b>109</b>
4.1 Esencia del método simplex	109
4.2 Preparación para el método simplex	114
4.3 Álgebra del método simplex	118
4.4 El método simplex en forma tabular	123
4.5 Rompimiento de empates en el método simplex	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

## **CAPÍTULO 5**

<b>Teoría del método simplex</b>	<b>190</b>
5.1 Fundamentos del método simplex	190
5.2 Método simplex 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

## **CAPÍTULO 6**

<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 simplex 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 simplex 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 simplex 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**

### **Administración de proyectos con PERT/CPM 468**

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**

### **Programación dinámica 533**

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**

### **Programación entera 576**

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**

### **Programación no lineal 654**

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**

### **Teoría de juegos 726**

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**

### **Análisis de decisiones 749**

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****Procesos de decisión markovianos 1053**

- 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****Simulación 1084**

- 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