

## INDICE

Prefacio	XXI
<b>Capítulo 1.</b> <b>Introducción</b>	
1.1. Orígenes de la investigación de operaciones	1
1.2. Naturaleza de la investigación de operaciones	2
1.3. Efecto de la investigación de operaciones	3
1.4. Algoritmos y paquetes de IO	3
Referencias seleccionadas	6
Problemas	6
<b>Capítulo 2.</b> <b>Panorama del Enfoque de Modelado en Investigación de Operaciones</b>	7
2.1. Definición del problemas y recolección de datos	7
2.2. Formulación de un elemento matemático	9
2.3. Obtención de soluciones a partir del modelo	11
2.4. Prueba del modelo	14
2.5. Preparación para aplicar el modelo	15
2.6. Implementación	16
2.7. Conclusiones	17
Referencias seleccionadas	17
Problemas	18
<b>Capítulo 3.</b> <b>Introducción a la Programación Lineal</b>	21
3.1. Ejemplo prototípico	22
3.2. Modelo de programación lineal	27
3.3. Supuestos de programación lineal	32
3.4. Ejemplos adicionales	38
3.5. Formulación y solución de modelos de programación lineal en un hoja de cálculo	55
3.6. Construcción de modelos grandes de programación lineal	62
3.7. Conclusiones	69
Referencias seleccionadas	69
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en nuestro sitio Web (www. Mhhe. Com/hillier)	70
Problemas	70
Caso 3.1. Ensamble de automóviles	79
Resumen de los casos adicionales en nuestro sitio Web (www. Mhhe. Com/hillier)	80
Caso 3.2. Disminución de costos en una cafetería	80
Caso 3.3. Asignación de personal en un centro de llamadas	80
Caso 3.4. Promoción de un cereal para el desayuno	80
<b>Capítulo 4.</b> <b>Solución de Problemas de Programación Lineal: Método Símplex</b>	81
4.1. Esencia del método símplex	81
4.2. Preparación para el método símplex	86
4.3. Álgebra símplex en forma tabular	94
4.4. El método símplex en forma tabular	94

4.5. Rompimiento de empates en el método símplex	98
4.6. Adaptación a otras formas de modelo	101
4.7. Análisis posóptimo	119
4.8. Uso de computadora	125
4.9. Enfoque de punto interior para resolver problemas de programación lineal	128
4.10. Conclusiones	133
Apéndice 4.1. Introducción al uso de LINDO y LINGO	133
Referencias seleccionadas	136
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en nuestro sitio de Internet ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	137
Problemas	138
Caso 4.1. Telas y moda de otoño	145
Resumen de los casos adicionales en el sitio en Internet del libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	147
Caso 4.2. Nuevas fronteras	147
Caso 4.3. Asignación de estudiantes a escuelas	147
<b>Capítulo 5.</b> <b>Teoría del Método Símplex</b>	148
5.1. Fundamentos del método símplex	148
5.2. Forma matricial del método símplex	158
5.3. Una idea fundamental	166
5.4. El método símplex revisado	169
5.5. Conclusiones	171
Referencias seleccionadas	172
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en nuestro sitio en Internet ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	172
Problemas	173
<b>Capítulo 6.</b> <b>Teoría de la Dualidad y Análisis de Sensibilidad</b>	179
6.1. Esencia de la teoría de la dualidad	179
6.2. Interpretación económica de la dualidad	187
6.3. Relaciones primal – dual	189
6.4. Adaptación a otras formas del primal	194
6.5. Papel de la teoría de la dualidad en el análisis de sensibilidad	198
6.6. Esencia del análisis de sensibilidad	206
6.7. Aplicación del análisis de sensibilidad	206
6.8. Realización de análisis de sensibilidad en una hoja de cálculo	225
6.9. Conclusiones	239
Ayudas de aprendizaje para este capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	240
Problemas	241
Caso 6.1. Control de la contaminación	254
Resumen de los casos adicionales en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	225
Caso 6.2. Administración de granjas	255
Caso 6.3. Asignación de estudiantes a escuelas (revisado)	255
Caso 6.4. Redacción de una síntesis ejecutiva	255
<b>Capítulo 7.</b>	256

<b>Otros Algoritmos para Programación Lineal</b>	
7.1. Método símplex dual	256
7.2. Programación lineal paramétrica	259
7.3. Técnica de la cota superior	264
7.4. Algoritmo de punto interior	267
7.5. Conclusiones	277
Referencias seleccionadas	277
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	277
Problemas	278
<b>Capítulo 8.</b>	282
<b>Problemas de Transporte y Asignación</b>	
8.1. Problema de transporte	283
8.2. Método símplex mejorado para solucionar el problema de transporte	295
8.3. Problema de asignación	309
8.4. Un algoritmo especial para el problema de asignación	317
8.5. Conclusiones	320
Referencias seleccionadas	321
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	321
Problemas	322
Caso 8.1. Envío de madera al mercado	329
Resumen de casos adicionales en el sitio de Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	330
Caso 8.2. Continuación del caso de estudio Texago	330
Caso 8.3. Elección de proyectos	330
<b>Capítulo 9.</b>	331
<b>Modelos de Optimización de Redes</b>	
9.1. Ejemplo prototípico	332
9.2. Terminología de redes	333
9.3. Problema de la ruta más corta	336
9.4. Problema del árbol de expansión mínima	340
9.5. Problema de flujo máximo	344
9.6. Problema del flujo de costo mínimo	351
9.7. Método símplex de redes	359
9.8. Modelo de redes para optimizar los trueques entre tiempo y costo en proyecto	368
9.9. Conclusiones	380
Referencias seleccionadas	380
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	381
Problemas	381
Caso 9.1. Dinero en movimiento	389
Resumen de los casos adicionales de nuestro sitio en Internet ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	391
Caso 9.2. Ayuda a los aliados	391
Caso 9.3. Pasos hacia el éxito	391
<b>Capítulo 10.</b>	392
<b>Programación Dinámica</b>	

10.1. Ejemplo prototipo de programación dinámica	392
10.2. Características de los problemas de programación dinámica	397
10.3. Programación dinámica determinística	399
10.4. Programación dinámica probabilística	417
10.5. Conclusiones	422
Referencias seleccionadas	423
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	423
Problemas	423
<b>Capítulo 11.</b>	428
<b>Programación Entera</b>	
11.1. Ejemplo prototipo	429
11.2. Algunas aplicaciones PEB	431
11.3. Usos innovadores de variables binarias en la formulación de modelos	436
11.4. Algunos ejemplos de formulación	442
11.5. Algunas perspectivas acerca de la solución de problemas de programación entera	449
11.6. Técnica de ramificación y acotamiento y sus aplicaciones a la programación entera binaria	453
11.7. Algoritmo de ramificación y acotamiento para programación entera mixta	464
11.8. Enfoque de ramificación y corte para resolver problemas de PEB	470
11.9. Incorporación de la programación de restricciones	476
11.10. Conclusiones	481
Referencias seleccionadas	482
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	483
Problemas	484
Caso 11.1. Aspectos de capacidad	493
Resumen de los casos adicionales en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://WWW.Mhhe.com/hillier">WWW.Mhhe.com/hillier</a> )	495
Caso 11.2. Asignación de arte	495
Caso 11.3. Juegos de cocina en almacén	495
Caso 11.4. Asignación de estudiante a escuela (de nuevo)	495
<b>Capítulo 12.</b>	496
<b>Programación no Lineal</b>	
12.1. Aplicaciones de muestra	496
12.2. Ilustración gráfica de problemas de programación no lineal	501
12.3. Tipos de problemas de programación no lineal	505
12.4. Optimización no restringida de una variable	510
12.5. Optimización no restringida de varias variables	515
12.6. Condiciones de Karush – Kuhn – Tucker (KKT) para optimización restringida	520
12.7. Programación cuadrática	524
12.8. Programación separable	530
12.9. Programación convexa	543
12.10. Programación no convexa	543
12.11. Conclusiones	548

Referencias seleccionadas	548
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	549
Problemas	550
Caso 12.1. Selección inteligencia de acciones	561
Resumen de casos adicionales en nuestro sitio en Internet ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	562
Caso 12.2. Inversiones internacionales	562
Caso 12.3. Promoción de un cereal para el desayuno, revisado	562
<b>Capítulo 13.</b> <b>Mataheurística</b>	563
13.1. Naturaleza de la mataheurística	563
13.2. Búsqueda tabú	570
13.3. Templado simulado	581
13.4. Algoritmos genéticos	589
13.5. Conclusiones	598
Referencias seleccionadas	599
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	600
Problemas	600
<b>Capítulo 14.</b> <b>Teoría de Juegos</b>	605
14.1. Formulación de juegos de dos personas y suma cero	605
14.2. Solución de juegos sencillos: ejemplo prototipo	607
14.3. Juegos con estrategias mixtas	611
14.4. Procedimiento de solución gráfico	613
14.5. Solución mediante programación lineal	615
14.6. Extensiones	618
14.7. Conclusiones	619
Referencias seleccionadas	619
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	620
Problemas	620
<b>Capítulo 15.</b> <b>Análisis de Decisiones</b>	625
15.1. Ejemplo prototipo	626
15.2. Toma de decisiones sin experimentación	626
15.3. Toma de decisiones con experimentación	632
15.4. Árboles de decisión	638
15.5. Utilización de hojas de cálculo para realizar análisis de sensibilidad en árboles de decisión	642
15.6. Teoría de la utilidad	652
15.7. Aplicación práctica del análisis de decisiones	658
15.8. Conclusiones	660
Referencias seleccionadas	660
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	660
Problemas	661
Caso 15.1. Negocios inteligentes	670

Resumen de los casos adicionales en el sitio en Internet de este libro (www. Mhhe. com/hillier)	672
Caso 15.2. Apoyo inteligente al conductor	672
Caso 15.3. ¿Quién quiere ser millonario?	672
Caso 15.4. University Toys y los personajes de acción de un profesor de ingeniería	672
<b>Capítulo 16.</b> <b>Cadenas de Markov</b>	673
16.1. Procesos estocásticos	673
16.2. Cadenas de Markov	675
16.3. Ecuaciones de Chapman – Kolmogorov	682
16.4. Clasificación de estados en una cadena de Markov	684
16.5. Propiedades a largo plazo de las cadenas de Markov	687
16.6. Tiempos de primera pasada	692
16.7. Estados adsorbentes	694
16.8. Cadenas de Markov de tiempo continuo	696
Referencias seleccionadas	702
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro (www.mhhe.com/hillier)	702
Problemas	702
<b>Capítulo 17.</b> <b>Teoría de Colas</b>	708
17.1. Ejemplo prototipo	708
17.2. Estructura básica de los modelos de colas	709
17.3. Ejemplos de sistemas de colas reales	713
17.4. Papel de la distribución exponencial	715
17.5. Proceso de nacimiento y muerte	721
17.6. Modelos de colas basados en el proceso de nacimiento y muerte	725
17.7. Modelos de colas con distribuciones no exponenciales	737
17.8. Modelos de colas con disciplina de prioridades	744
17.9. Redes de colas	749
17.10. Aplicación de la teoría de colas	753
17.11. Conclusiones	757
Referencias seleccionadas	758
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro (www.mhhe.com/hillier)	759
Problemas	759
Caso 17.1. Reducción de inventario en proceso	
Resumen de los casos adicionales en el sitio en Internet de este libro (www. Mhhe. com/hillier)	771
Caso 17.2. Dilema de colas	771
<b>Capítulo 18.</b> <b>Teoría de Inventarios</b>	772
18.1. Ejemplos	773
18.2. Componentes de los modelos de inventarios	775
18.3. Modelos determinísticos de revisión continua	777
18.4. Modelo determinístico con revisión periódica	786
18.5. Modelos de inventario determinísticos con múltiples escalones para administrar una cadena de proveedores	790

18.6. Modelo estocástico con revisión continua	807
18.7. Modelo estocástico de un solo periodo para productos perecederos	812
18.8. Administración de los ingresos	823
18.9. Conclusiones	830
Referencias seleccionadas	830
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	831
Problemas	832
Caso 18.1. Actualización de control de inventarios	841
Resumen de los casos adicionales en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.Mhhe.com/hillier">www.Mhhe.com/hillier</a> )	843
Caso 18.2. Aprovechar las enseñanzas del voceador	843
Caso 18.3. Descartar el inventario excedente	843
<b>Capítulo 19.</b> <b>Procesos de Decisión Markovianos</b>	844
19.1. Ejemplo prototipo	844
19.2. Modelo de procesos de decisión markovianos	847
19.3. Programación lineal y políticas óptimas	850
19.4. Algoritmo de mejoramiento de políticas para encontrar políticas óptimas	854
19.5. Criterio del costo descontado	859
19.6. Conclusiones	865
Referencias seleccionadas	866
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	866
Problemas	867
<b>Capítulo 20.</b> <b>Simulación</b>	871
20.1. Esencia de la simulación	871
20.2. Algunos tipos comunes de aplicaciones de simulación	882
20.3. Generación de números aleatorios	886
20.4. Generación de observaciones aleatorias a partir de una distribución de probabilidad	890
20.5. Descripción de un estudio de simulación importante	894
20.6. Simulación con hojas de cálculo	898
20.7. Conclusiones	913
Referencias seleccionadas	914
Ayudas de aprendizaje para ese capítulo en el sitio en Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	915
Problemas	916
Caso 20.1. Reducción del inventario en proceso (modificado)	922
Caso 20.2. Aventuras de acción	922
Resumen de los casos adicionales en el sitio de Internet de este libro ( <a href="http://www.mhhe.com/hillier">www.mhhe.com/hillier</a> )	923
Caso 20.3. Planeación de aplanadores	923
Caso 20.4. Determinación de precios bajo presión	923
Apéndices	
1. Documentación del OR Coueseware	925
2. Convexidad	927

3. Métodos de optimización clásica	932
4. Matrices y operaciones con matrices	935
5. Tabla de una distribución normal	940
Respuestas parciales a problemas seleccionados	941
Índice onomástico	955
Índice analítico	961