

## Ficha técnica

# Investigación de operaciones

Collage

### Autores

Hamdy A. Taha

### Revisión técnica

Dr. Jonás Velasco Álvarez

Centro de Investigación en Matemáticas, A. C.

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías

## Objetivo



Esta nueva edición, además de tratar los algoritmos clásicos de investigación operativa (OR), aborda temas de gran relevancia como la analítica, la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML), los que compiten en importancia en la toma de decisiones porque todos buscan decisiones acertadas, aunque desde diferentes perspectivas y se ofrecen modelos matemáticos en busca de la solución óptima (o casi óptima).



ISBN IMPRESO: 978-607-32-6011-4

ISBN E-PUB: 978-607-32-6012-1

Formato: 21 x 27 cm

Encuadernación: Pasta blanda

Núm. de páginas: 1136 pp.

Edición: Undécima

Nivel de enseñanza: College

Área/Subárea: Ingeniería y computación

Copyright: 2024

Núm. de tintas: 4



## Características (promotips)

- Todos los detalles algorítmicos se explican mediante ejemplos numéricos cuidadosamente elegidos, en lugar de complejas notaciones matemáticas o teoremas.
- Se hace hincapié en los puntos focales que unifican algoritmos en un área de optimización para proporcionar información sobre la funcionalidad de cada algoritmo.

Material de apoyo para el docente en inglés:

- Presentaciones PPT (banco de imágenes)
- Manual de soluciones
- Archivos ch22Files

Material de apoyo para el estudiante:

- Archivos ch22Files

Consulte a su Asesor de Servicios de Aprendizaje de Pearson o escriba a [hedsoporte@pearson.com](mailto:hedsoporte@pearson.com) para obtener información respecto a los recursos y material descargable para docentes.



## Ventajas competitivas

Entre las ventajas sustanciales de este título destacan

- ★ Los Momentos ¡Ajá! son historias libres de matemáticas que muestran cómo los algoritmos clásicos son beneficiosos en la práctica.
- ★ Tiene nuevos capítulos:  
Capítulo 1. Perspectiva general de la IO, analítica, IA y ML en la toma de decisiones  
Capítulo 8. Programación lineal estocástica  
Capítulo 14. Gestión del rendimiento
- ★ Ofrece nuevas secciones:  
Sección 3.4.3: Nuevo método de dos fases sin variables artificiales

Sección 3.6.5: La regla del 100% del análisis de sensibilidad de LP

Sección 4.4.2: Algoritmo simplex generalizado

Sección 4.5.4: Cambios simultáneos en la factibilidad y la optimalidad

Sección 4.6: Transición del tratamiento del análisis de sensibilidad del libro de texto al software comercial

Sección 9.2.3: Algoritmo de descomposición de Benders

Sección 15.3: Probabilidades de Bayes con aplicaciones de aprendizaje automático



## Capítulo 1 Perspectiva general de la IO, analítica, IA y ML en la toma de decisiones

- 1.1 Introducción
- 1.2 Dos enfoques distintos para la toma de decisiones
- 1.3 Modelado matemático en IO
- 1.4 Modelado analítico
- 1.5 Inteligencia artificial (IA)
- 1.6 Aprendizaje automático (ML: Machine Learning)

## Capítulo 2 Modelado con programación lineal

- 2.1 Modelo de PL con dos variables
- 2.2 Solución gráfica de PL
- 2.3 Solución informática con Solver y AMPL
- 2.4 Aplicaciones de programación lineal

## Capítulo 3 Método simplex y análisis de sensibilidad

- 3.1 Modelo de PL en forma de ecuación
- 3.2 Transición de solución gráfica a algebraica
- 3.3 El método simplex
- 3.4 Solución inicial para problemas de programación lineal “mal comportados”
- 3.5 Casos especiales en el método simplex
- 3.6 Análisis de sensibilidad
- 3.7 Cuestiones computacionales en programación lineal

## Capítulo 4 Dualidad y análisis posóptimo

- 4.1 Definición del problema dual
- 4.2 Relaciones primal-dual
- 4.3 Interpretación económica de la dualidad
- 4.4 Algoritmos simplex adicionales
- 4.5 Análisis posóptimo
- 4.6 Transición del tratamiento del análisis de sensibilidad del libro de texto al software comercial

## Capítulo 5 Modelo de transporte y sus variantes

- 5.1 Definición del modelo de transporte
- 5.2 Aplicaciones no tradicionales del modelo de transporte
- 5.3 El algoritmo de transporte
- 5.4 Modelo de asignación
- 5.5 El modelo de transbordo

## Capítulo 6 Modelos de redes

- 6.1 Alcance y definición de los modelos de red

- 6.2 Algoritmo del árbol de expansión mínima
- 6.3 Problema de la ruta más corta
- 6.4 Modelo del flujo máximo
- 6.5 CMP y PERT
- 6.6 Problema del flujo capacitado de costo mínimo

## Capítulo 7 Programación lineal avanzada

- 7.1 Fundamentos del método simplex
- 7.2 Método simplex revisado
- 7.3 Algoritmo de variables acotadas
- 7.4 Dualidad
- 7.5 Programación lineal paramétrica
- 7.6 Programación de metas
- 7.7 Algoritmo de descomposición
- 7.8 Método de punto interior de Karmarkar

## Capítulo 8 Programación lineal estocástica

- 8.1 Naturaleza determinista del modelado de PL
- 8.2 Caso en contra de asociar los rangos de análisis de sensibilidad de PL con la incertidumbre de PL
- 8.3 Representación de la incertidumbre en los modelos de PL
- 8.4 Modelos de solución para PL especiales bajo incertidumbre

## Capítulo 9 Programación lineal entera

- 9.1 Aplicaciones ilustrativas
- 9.2 Algoritmos de programación entera
  - 9.2.1 Algoritmo de ramificación y acotamiento (B&B)

## Capítulo 10 Programación heurística

- 10.1 Introducción
- 10.2 Heurísticas codiciosas (búsqueda local)
- 10.3 Metaheurística
- 10.4 Aplicación de metaheurísticas a programas lineales enteros
- 10.5 Introducción a la programación de restricciones (PR)

## Capítulo 11 Problema del agente viajero (TSP)

- 11.1 Alcance del TSP
- 11.2 Modelo matemático del TSP
- 11.3 Algoritmos TSP exactos
- 11.4 Heurísticas de búsqueda local
- 11.5 Metaheurísticas

## Capítulo 12 Programación dinámica

- 12.1 Naturaleza recursiva de los cálculos de programación dinámica (PD)

- 12.2 Recursividad hacia adelante y hacia atrás
- 12.3 Aplicaciones de PD determinista
- 12.4 Problema de dimensionalidad
- 12.5 Aplicaciones de PD probabilística

## Capítulo 13 Modelos de inventario

---

- 13.1 El problema del inventario
- 13.2 Una perspectiva de la cadena de suministro del problema del inventario
- 13.3 Modelos EOQ estáticos deterministas
- 13.4 Modelos EOQ dinámicos deterministas
- 13.5 Modelos de revisión continua probabilística
- 13.6 Modelos probabilísticos de un solo periodo
- 13.7 Modelo probabilístico multiperiodo

## Capítulo 14 Gestión del rendimiento

---

- 14.1 ¿Qué es la gestión del rendimiento (GR)?
- 14.2 Naturaleza de la demanda versus el precio en la GR
- 14.3 Elasticidad y fijación de precios
- 14.4 Observaciones finales

## Capítulo 15 Análisis de decisiones y juegos

---

- 15.1 Situaciones especiales de toma de decisiones
- 15.2 Toma de decisiones bajo certidumbre: proceso analítico jerárquico (AHP)
- 15.3 Probabilidades de Bayes con aplicaciones de aprendizaje automático
- 15.4 Modelos de árboles de decisión
- 15.5 Decisiones bajo incertidumbre 655
- 15.6 Teoría de juegos

## Capítulo 16 Cadenas de Markov

---

- 16.1 Definición de una cadena de Markov
- 16.2 Probabilidades de transición absolutas y de n pasos
- 16.3 Clasificación de los estados en una cadena de Markov
- 16.4 Cadena de Markov ergódica (regular)
- 16.5 Tiempo de primer paso
- 16.6 Análisis de estados absorbentes

## Capítulo 17 Proceso de decisión markoviano

---

- 17.1 Alcance del proceso de decisión markoviano
- 17.2 Modelo de programación dinámica de etapas finitas
- 17.3 Modelos de etapa infinita
- 17.4 Solución de programación lineal

## Capítulo 18 Sistemas de colas

---

- 18.1 ¿Por qué estudiar colas?
- 18.2 Elementos de un modelo de colas
- 18.3 Papel de la distribución exponencial
- 18.4 Modelos de nacimiento y muerte puros (relación entre las distribuciones exponencial y de Poisson)
- 18.5 Modelo general de colas Poisson
- 18.6 Colas de Poisson especializadas

- 18.7 (M/G/1):( $GD/\infty/\infty$ ): fórmula de Pollaczek-Khintchine (P-K)
- 18.8 Otros modelos de colas
- 18.9 Modelos de decisión de colas

## Capítulo 19 Simulaciones de eventos discretos y de Monte Carlo

---

- 19.1 ¿Qué es la simulación?
- 19.2 Simulación de Monte Carlo
- 19.3 Simulación basada en hoja de cálculo de un modelo de un solo servidor
- 19.4 Métodos para recoger observaciones estadísticas

## Capítulo 20 Teoría de optimización clásica

---

- 20.1 Problemas sin restricciones
- 20.2 Problemas restringidos

## Capítulo 21 Algoritmos de programación no lineal

---

- 21.1 Algoritmos sin restricciones
- 21.2 Algoritmos restringidos

## Capítulo 22 Análisis de casos

---

- Caso 1: Análisis de *crowdsourcing* y experiencia en investigación de operaciones... Historia de dos estudios con diferentes resultados
- Caso 2: Asignación de combustible de aerolíneas mediante la optimización del transporte de combustible
- Caso 3: Optimización de la producción de válvulas cardíacas
- Caso 4: Programación de citas en eventos comerciales de la Comisión Australiana de Turismo
- Caso 5: Ahorro de recursos federales para viajes
- Caso 6: Enrutamiento óptimo de buques y asignación de personal para reclutas de la Marina Real Tailandesa
- Caso 7: Asignación de tiempo de quirófano en el hospital Mount Sinai
- Caso 8: Optimización de las cargas de los remolques en PFG Building Glass
- Caso 9: Optimización del corte transversal y asignación de troncos en Weyerhaeuser
- Caso 10: Planificación de la distribución para una instalación de manufactura integrada por computadora (CIM)
- Caso 11: Límites en las reservaciones de un hotel
- Caso 12: El problema de Casey: interpretación y evaluación de una nueva prueba
- Caso 13: Ordenando a los golfistas en el último día de los partidos de la Ryder Cup
- Caso 14: Kroger mejora la gestión de inventario de la farmacia
- Caso 15: Decisiones de inventario en la cadena de suministro de Dell
- Caso 16: Predicción del cambio de cobertura forestal utilizando el modelo de cadena de Markov: un estudio de caso en la ciudad de Gangtok, India

Caso 17: Análisis del sistema de transporte interno en una planta de manufactura

Caso 18: Planificación de la fuerza de ventas telefónica en Qantas Airways

## Apéndice A Tablas estadísticas

---

## Apéndice B Respuestas parciales a problemas seleccionados

---

## Apéndice C Lenguaje de modelado AMPL

---

- C.1 Modelo AMPL rudimentario
- C.2 Componentes del modelo AMPL
- C.3 Expresiones matemáticas y parámetros calculados
- C.4 Subconjuntos e índices de conjuntos
- C.5 Accediendo a archivos externos
- C.6 Comandos interactivos
- C.7 Ejecución iterativa y condicional de comandos AMPL
- C.8 Análisis de sensibilidad usando AMPL
- C.9 Modelos AMPL seleccionados

## Apéndice D Revisión de vectores y matrices

---

- D.1 Vectores
- D.2 Matrices
- D.3 Formas cuadráticas
- D.4 Funciones convexas y cóncavas

## Apéndice E Repaso de probabilidad básica

---

- E.1 Leyes de la probabilidad
- E.2 Variables aleatorias y distribuciones de probabilidad
- E.3 Esperanza de una variable aleatoria
- E.4 Cuatro distribuciones de probabilidad comunes
- E.5 Distribuciones empíricas

## Apéndice F Modelos de pronóstico

---

- F.1 Técnica de promedio móvil
- F.2 Suavizado exponencial
- F.3 Regresión

## Índice

---