2 EDICIÓN

Teoría de la decisión aplicada

Análisis de decisiones bajo incertidumbre, riesgo, teoría de juegos y cadenas de Markov

SISTEMA DE INFORMACIÓN EN LÍNEA
SIL
COMPLEMENTO VIRTUAL

ECOE EDICIONES

Humberto Guerrero Salas
Manuel Alfonso Mayorga Morato
Orlando de Antonio Suárez

TEORÍA DE LA DECISIÓN APLICADA

ANÁLISIS DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE, RIESGO, TEORÍA DE JUEGOS Y CADENAS DE MARKOV

Humberto Guerrero Salas
Manuel Alfonso Mayorga Morato
Orlando de Antonio Suárez

Catalogación en la publicación - Biblioteca Nacional de Colombia

Guerrero Salas, Humberto, autor
Teoría de la decisión aplicada : análisis de decisiones bajo incertidumbre, riesgo, teoría de juegos y cadenas de Markov / Humberto Guerrero Salas, Manuel Alfonso Mayorga Morato, Orlando de Antonio Suárez. -- Segunda edición. -- Bogotá : Ecoe Ediciones, 2023.
220 páginas. -- (Consulta, información y materias interdisciplinares. Investigación e información general)

Incluye datos curriculares de los autores -- Incluye referencias bibliográficas y bibliografía.

ISBN 978-958-503-789-2 -- 978-958-503-790-8 (e-book)

1. Toma de decisiones 2. Toma de decisiones - Modelos matemáticos 3. Toma de decisiones (Estadística) 4. Investigación operacional I. Mayorga Morato, Manuel Alfonso, autor II. Antonio Suárez, Orlando de, autor

CDD: 658.403 ed. 23 CO-BoBN– a1128254

Área: *Consulta, información y materias interdisciplinares*
Subárea: *Investigación e información general*

© Humberto Guerrero Salas

© Manuel Alfonso Mayorga Morato

© Orlando de Antonio Suárez

© Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63 C 32
Teléfono: (+57) 321 226 46 09
Bogotá, Colombia

Segunda edición: Bogotá, octubre del 2023

ISBN: 978-958-503-789-2
e-ISBN: 978-958-503-790-8

Directora editorial: Ana María Rueda G.
Coordinadora editorial: Paula Bermúdez B.
Editora de adquisiciones: Alejandra Cely R.
Corrección de estilo: Andrés Caro
Diagramación: Denise Rodríguez
Carátula: Wilson Marulanda Muñoz
Impresión: Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.
Carrera 69 #15-24

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados

La realización de este trabajo está dedicada:

Primero a Dios.

A Angélica Rocío (Mi chiquitica) (Q. E. P. D).

A mi madre, Laura María Salas Reyes (Q. E. P. D).

A mi padre Saúl Guerrero Martín (Q. E. P. D).

A mi hermana, María Helena Guerrero Salas (Q. E. P. D).

A mi hija, Mónica Natalia (la muñequita)

Humberto Guerrero Salas

Quiero dedicar este trabajo, con todo el afecto posible a mi familia, que han contribuido en forma casi directa a este logro al ceder parte del tiempo que les correspondía para la realización de este texto.

Manuel Alfonso Mayorga Morato

En primer lugar a Dios Padre Todo Poderoso.

En segundo lugar a mis padres, Gabriel De Antonio Buitrago (Q. E. P. D), y Bertha Inés Suárez Romero (Q. E. P. D).

A mi esposa Gloria Mercedes Rincón.

A mis hijos Gloria Liliana, Daniel Orlando, David Fernando y María Angélica.

Orlando de Antonio Suárez

AGRADECIMIENTOS

Luego de terminar esta obra, de mucho trabajo y sacrificio, nos gustaría nombrar a muchas personas; lamentablemente no se puede hacer. Nos perdonan a quienes no nombremos.

Agradecimientos muy especiales a las siguientes personas e instituciones:

Manuel Alfonso Mayorga Morato y Humberto Guerrero Salas dan créditos especiales a la Universidad Distrital **"FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS"** por permitirnos trabajar como docentes de planta en la Facultad Tecnológica de tan prestigiosa institución.

A todos los estudiantes que han permitido el desarrollo de nuestra labor docente.

A todas las instituciones que de una u otra forma han contribuido con nuestro desarrollo profesional.

A todo el personal de **"ECOE EDICIONES"** por la publicación del presente texto.

CONTENIDO

Introducción xix

Prólogo xxi

Capítulo 1. Generalidades de la teoría de la decisión 1

1.1. Proceso de la toma de decisiones 2
1.2. Clasificación de los procesos de decisión 3
1.3. Elementos básicos del proceso de toma de decisiones 4
1.4. Factores humanos que inciden en la toma de decisiones 5
1.5. Matriz de rendimientos 7
1.6. Criterio de dominancia 20
1.7. Matriz de pérdidas de oportunidad 21
1.8. Aplicación real de la teoría de la decisión 25

Capítulo 2. Decisiones bajo incertidumbre 37

2.1. Criterio Maximax o pago Máximo 38
2.2. Criterio Maximin 41
2.3. Criterio minimax o de arrepentimiento 44
2.4. Criterio del valor esperado o criterio de Laplace 47
2.5. Criterio Hurwicz 50

Capítulo 3. Decisiones bajo riesgo 73
3.1. Toma de decisiones sin experimentación 74
3.2. Toma de decisiones con experimentación o teoría Bayesiana de decisión 77
3.3. Costo de la información perfecta 88
3.4. Costo de la información de muestra 90
3.5. Eficiencia de la información de muestra 92
3.6. Árboles de decisión 92

Capítulo 4. Teoría de juegos 105
4.1. Estrategias puras 107
4.2. Estrategias mixtas 113
4.3. Estrategias óptimas 116
4.3.1. Criterio de dominancia 116
4.3.2. Solución algebraica 118
4.3.3. Solución gráfica 122
4.3.4. Solución por programación lineal (Método simplex) 131

Capítulo 5. Cadenas de Markov 147
5.1. Generalidades de las cadenas de Markov 148
5.1.1. Conceptos básicos 148
5.1.2. Clasificación de los estados en una cadena de Markov 151
5.2. Cadenas regulares 152
5.2.1. Matriz de transición a cualquier periodo futuro 152
5.2.2. Condiciones de estado estable o probabilidades de largo plazo 156
5.2.3. Probabilidades de primera visita 161
5.2.4. Tiempos esperados de primera visita 171
5.3. Cadenas absorbentes 172

Referencias 215

Bibliografía 217

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Árbol de decisión para el ejemplo 3.5 95
Figura 4.1. Distancias entre los pueblos 111
Figura 4.2. Solución gráfica del ejemplo 4.7. 124
Figura 4.3. Solución gráfica del ejemplo 4.8. 127
Figura 4.4. Solución gráfica del ejemplo 4.9 130
Figura 5.1. Diagrama de transición para el vehículo 150
Figura 5.2. Árbol de probabilidades..... 154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Matriz de rendimiento generalizada 7
Tabla 1.2. Porcentajes del ejemplo 1.1 8
Tabla 1. 3. Matriz de rendimientos del ejemplo 1.1 9
Tabla 1. 4. Matriz de rendimientos del ejemplo 1.2 12
Tabla 1. 5. Matriz de rendimientos del ejemplo 1.3 14
Tabla 1. 6. Matriz de rendimientos del ejemplo 1.4 19
Tabla 1.7. Matriz de rendimientos del ejemplo 1.3 con criterio de dominancia 20
Tabla 1.8. Máximos Rij para cada estado del ejemplo 1.3. 22
Tabla 1.9. Matriz de pérdidas de oportunidades para el ejemplo 1.3 23
Tabla 1.10. Matriz de pérdidas de oportunidades para el ejemplo 1.2 25
Tabla 2.1. Máximos rendimientos del ejemplo 1.1 39
Tabla 2.2. Máximos rendimientos del ejemplo 1.2 40
Tabla 2.3. Máximos rendimientos del ejemplo 1.3. 41
Tabla 2.4. Mínimos rendimientos del ejemplo 1.1 42
Tabla 2.5. Mínimos rendimientos del ejemplo 1.2 43
Tabla 2.6. Mínimos rendimientos del ejemplo 1.3 43
Tabla 2.7. Matriz de pérdidas de oportunidad del ejemplo 1.1 45

Tabla 2.8. Máximas pérdidas de oportunidad del ejemplo 1.1. 45
Tabla 2.9. Máximas pérdidas de oportunidad del ejemplo 1.2 46
Tabla 2.10. Máximas pérdidas de oportunidad del ejemplo 1.3 47
Tabla 2.11. Máximos y Mínimos rendimientos del ejemplo 1.1 51
Tabla 2.12. Máximos y Mínimos rendimientos del ejemplo 1.2 52
Tabla 2.13. Máximos y Mínimos rendimientos del ejemplo 1.3 53
Tabla 3.1. Matriz de rendimientos del ejemplo 3.1 76
Tabla 3.2. Rendimientos, máximas ganancias y probabilidades a priori del ejemplo 3.1 77
Tabla 3.3. Rendimientos, máximas ganancias y probabilidades a priori del ejemplo 3.1 79
Tabla 3.4. Probabilidades Condicionales 81
Tabla 3.5. Probabilidades Conjuntas 82
Tabla 3.6. Probabilidades de los diferentes niveles de experimentación 83
Tabla 3.7. Probabilidades Posteriores 84
Tabla 3.8. Nivel 1: Aceptación excelente 85
Tabla 3.9. Nivel 2: Aceptación buena 86
Tabla 3.10. Nivel 3: Aceptación regular 86
Tabla 3.11. Nivel 4: Aceptación mala 87
Tabla 3.12. Máximos rendimientos en cada estado 89
Tabla 3.13. Máximos rendimientos y probabilidad de cada nivel de experimentación 91
Tabla 3.14. Matriz de rendimientos y máximos valores esperados del ejemplo 3.5 94
Tabla 3.15. Probabilidades condicionales para el ejemplo 3.5 94
Tabla 3.16. Probabilidades posteriores para el ejemplo 3.5 94
Tabla 4.1. Matriz de pagos generalizada 107
Tabla 4.2. Matriz de pagos del ejemplo 4.1 108
Tabla 4.3. Máximos y mínimos pagos del ejemplo 4.1 109
Tabla 4.4. Matriz de pagos del ejemplo 4.2 110
Tabla 4.5. Máximos y mínimos pagos del ejemplo 4.2 110
Tabla 4.6. Matriz de pagos del ejemplo 4.3 113
Tabla 4.7. Máximos y mínimos pagos del ejemplo 4.3 113
Tabla 4.8. Matriz de pagos del ejemplo 4.4. 114
Tabla 4.9. Máximos y mínimos pagos del ejemplo 4.4 114

Tabla 4.10. Ganancias y probabilidad si Martha decide por AS 115
Tabla 4.11. Ganancias y probabilidad si Martha decide por AS 115
Tabla 4.12. Matriz de pagos del ejemplo 4.2 117
Tabla 4.13. Matriz de pagos del ejemplo 4.2 117
Tabla 4.14. Ganancias esperadas de Sofía 118
Tabla 4.15. Matriz de pagos del ejemplo 4.6. 120
Tabla 4.16. Matriz de pagos del ejemplo 4.8 125
Tabla 4.17. Matriz de pagos del ejemplo 4.9 129
Tabla 4.18. Valores esperados de utilidad para la compañía "ELECTRA" 130
Tabla 4.19. Solución del ejemplo 4.4. (Maximización de la utilidad de Sofía) 134
Tabla 4.20. Solución del ejemplo 4.4. (Maximización de la utilidad de Martha) 136
Tabla 4.21. Solución del ejemplo 4.11. (Maximización del ingreso de la compañía "omega") 138
Tabla 4.22. Solución del ejemplo 4.12. (Maximización de la utilidad de la compañía "ELECTRA") 141
Tabla 4.23. Matriz de pagos del ejercicio propuesto 4.1 142
Tabla 4.24. Matriz de pagos del ejercicio propuesto 4.4 143
Tabla 4.25. Ingresos de la compañía "SIGMA" del ejercicio propuesto 4.10 144
Tabla 4.26. Matriz de pagos del ejercicio propuesto 4.11 144
Tabla 4.27. Matriz de pagos del ejercicio propuesto 4.12 145
Tabla 4.28. Matriz de pagos del ejercicio propuesto 4.13 145

Sistema de Información en Línea

Al final del libro encontrará el código para ingresar al **Sistema de información en Línea** - SIL - donde podrá encontrar los ejercicios propuestos por capítulo en el libro y sus respuestas.

INTRODUCCIÓN

El presente libro surge de la experiencia e inquietud de los autores por tener un texto guía entendible y aplicable en el ámbito de la toma de decisiones; ya que este tema, aunque se ha abordado con mucho éxito en un capítulo dentro de la mayoría de textos de investigación de operaciones, no se ha realizado con la profundidad y ejemplificación que el tema en mención requiere. Es por ello, que el propósito de este texto en cada uno de sus temas; es llegar con explicaciones sencillas, pero útiles en el fácil entendimiento de los temas que tienen que ver con la Teoría de la decisión.

En una disciplina tan amplia como la investigación de operaciones, que es el tema global en donde se ubica la teoría y el análisis de decisiones, se requiere de explicaciones y aplicaciones entendibles a cualquier lector, sin importar su profesión; y tal vez, esta es la ventaja más fundamental de este texto, ya que cada tema es tratado de forma sencilla. Esto se ha tratado mediante una parte teórica con su respectiva aplicación a través de ejemplos realizados en forma muy explícita, lo que indica una explicación paso a paso de las respectivas aplicaciones.

También, se hace necesario hablar de las debilidades del texto, que en síntesis es una sola; el hecho de no haber introducido casos empresariales reales. Los autores han realizado casos empresariales, pero por reserva de las empresas no se pueden publicar en ningún texto. Ahora, la falencia se ha minimizado a través de la indicación de publicaciones de casos que han aparecido en otras publicaciones y las cuales se pueden utilizar.

Vale la pena mencionar que este texto en su estructura es muy sencillo de comprender, pero, se requiere obviamente de conocimientos elementales de matemáticas y estadística. Además, el texto puede ser básico no sólo para ingeniería; sino también para cualquier profesión que este interesada en el tema.

El aporte sustancial de esta segunda edición es la incorporación del capítulo de cadenas de Markov; aún así, en todo el texto seguirán conservándose las explicaciones y ejemplos paso a paso.

Para terminar, queremos agradecer a todas las personas que deseen colaborar con el mejoramiento de este texto enviando sus sugerencias a:

hguerreros@udistrital.edu.co

mamayorgam@udistrital.edu.co

odeantonios@gmail.com

azhguerrero@yahoo.com.mx

malmayo@outlook.com

unimensajes@yahoo.es

Los autores

PRÓLOGO

A mi juicio, justificar la creación del libro para orientar y motivar al lector sobre la lectura del mismo, es la misión de un prólogo. En Colombia, es usual que la bibliografía —tanto libro guía como bibliografía recomendada o secundaria— en microcurrículos de cursos para programas de ingeniería, sea mayoritariamente de libros escritos por autores extranjeros y, por ende, publicados por editoriales extranjeras; de hecho, se cree que existen obras maestras que solo pueden ser superadas por sí mismas con una nueva edición. Afortunadamente, esta "tradición" está cambiando en el país; cada vez es más frecuente que libros de autores nacionales, sean referencia fundamental para los estudios de pregrado y postgrado en ingeniería.

Este fenómeno no es el resultado de un regionalismo sin sentido propio; por el contrario, es un reflejo del desarrollo y rigor científico e investigativo que el país ha tenido en las últimas décadas, que permite que libros científicos no solo sean libros texto de estudiantes nacionales sino también de estudiantes de otros países. Prueba de lo anteriormente expuesto son los ingenieros autores de este libro, no en vano sus currículums vitaes los respaldan.

En cuanto a la motivación y orientación que debe brindar al lector este prólogo, pensemos que todos los días tomamos decisiones, como bien lo afirman los autores, más allá de que dichas decisiones sean trascendentes o no. Sin embargo, en el plano de la gestión las decisiones de baja incertidumbre, bajo riesgo, o decisiones en condiciones de conflicto cuentan con su propia metodología y aplicación bajo

condiciones de incertidumbre. Es importante resaltar que la Teoría de Decisiones cuenta con una fundamentación matemática, estadística y probabilística (como por ejemplo: la teoría de juegos y la teoría Bayesiana); que permite a las organizaciones cumplir sus objetivos con eficiencia y eficacia.

Futuros ingenieros: estoy seguro que este libro texto se convertirá con el paso del tiempo en su libro de consulta con un puesto privilegiado en sus bibliotecas, durante el ejercicio diario de su vida profesional.

Ing. Wilson Hernando Soto Urrea, Ph. D.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES DE LA TEORÍA DE LA DECISIÓN

Presentación

En el presente capítulo se establece el proceso lógico que se debe llevar para la correcta aplicación del proceso de toma de decisiones; además de la construcción de la matriz de rendimientos, a partir de una formulación.

Objetivo general

Al finalizar el capítulo el estudiante debe estar en capacidad de aplicar el proceso de toma de decisiones y construir diferentes matrices de rendimiento a partir de una formulación de un problema específico.

Objetivos específicos

- Conocer y manejar el proceso de la toma de decisiones.
- Distinguir los elementos básicos de un proceso de toma de decisiones.
- Construir una matriz de rendimientos, a partir de una formulación de un problema.

Competencias

El estudiante aprenderá a construir la matriz de rendimientos de un problema particular; evaluando su entorno y posibles alternativas de decisión.