

Toma de Decisiones Bajo Incertidumbre:

Enfoque Estadístico

Jorge E. Muro Arbulú

Uso de
Simulaciones
para la mejora
de las
Decisiones

Índice Analítico

Prólogo.....	vi
Reconocimientos.....	viii
Prefacio.....	ix
Capítulo 1.....	1
Introducción al análisis de decisiones.....	1
¿Por qué hay decisiones difíciles?.....	1
Capítulo 2.....	11
Elementos de una decisión.....	11
Valores y objetivos.....	12
Dinero: nuestra herramienta de intercambio.....	13
Valores y contexto de decisión.....	15
Decisiones a tomar.....	17
¿Por Qué Considerar la Incertidumbre?.....	19
Objetivos.....	22
Dinero y tiempo: El costo de esperar.....	24
Nota de fin de capítulo.....	37
Capítulo 3.....	39
Analytica: Conceptos y manejo.....	39
Cantidades inciertas.....	45
Tabla de Halley.....	46
<i>Subscript, Slice, Arrays, y Abreviaciones</i>	53
Definición de un <i>Array</i> o matriz.....	57
<i>Arrays Inteligentes</i> ^{MR}	60
Análisis de sensibilidad.....	66

Diagrama Tornado con variaciones porcentuales	66
Diagrama Cascada o Waterfall	76
UDF o User-Defined Functions	83
Capítulo 4	88
Distribuciones binomial, discretas y modelos	88
Métodos de Cálculo	91
Distribuciones de Probabilidad discretas	97
Capítulo 5	101
Valor esperado y promedio	101
Varianza y Desviación Estándar	103
Desviación Promedio	110
Distribuciones de Probabilidad Discretas	111
Captura de creencias discretas: <i>CumDist(P, R, I)</i>	117
Trampas: Heurística y Sesgos	123
El Accidente del Challenger	124
Capítulo 6	131
Distribuciones Teóricas de Probabilidad	131
Distribución de Bernoulli	135
Distribución Binomial	138
Overbooking (Introducción)	138
La Anécdota de Bohr	141
Distribución de Poisson	164
Poisson y Binomial	167
Un Juego de Citas	175
Poisson y Distribución Exponencial	181
Distribución Gamma	183
Distribución Beta(x, y)	186

Distribución Uniforme.....	188
Distribución Normal o de Gauss	191
Distribución LogNormal.....	198
¿f.d.a. o f.d.p.?	213
Capítulo 7.....	216
Teorema del Límite Central (TLC).....	216
La Distribución Binomial	216
Enunciado del Teorema del Límite Central	223
El Problema de los Promedios.....	227
Capítulo 8.....	245
Método Monte Carlo	245
Sobre los Modelos	262
Flujos de caja, <i>Dynamic y Time</i>	271
<i>ChanceDist(P, A, I)</i> y operador <i>If Then Else</i>	286
Paradojas.....	289
El Dilema de Monty Hall (y Sesgos de la Mente)	289
Teorema de Bayes	310
La Paradoja de Hempel y Cuervos Negros	320
Einstein Olvida la Teoría de la Relatividad	322
Capítulo 9.....	326
Perfiles de Riesgo y Decisiones	326
Riesgo.....	326
Medidas de Riesgo y Utilidad.....	328
Actitudes de riesgo.....	330
Transferencia del Riesgo	340
Medidas de Riesgo	343
Matriz de Riesgos	350

Capítulo 10	352
Proyectos	352
Introducción a Proyectos	352
Proyectos y VPNE	362
Nuevo Producto (Proceso Desconocido)	373
Diagrama Tornado con Variaciones en Percentiles	388
Tornado en Nuevo Producto (Proceso Desconocido)	393
Proyectos, Competencia y Ciclos de Vida	397
Capítulo 11	420
Regresiones	420
Regresión lineal	421
Importancia de la función Correlación	435
Capital Asset Pricing Model	442
Covarianza	442
Beta (β)	444
Tasa libre de riesgo	445
Prima de riesgo de capital	445
Rentabilidad de un activo	446
Construyendo nuestra función (User-Defined Function o UDF)	448
Significados de β	451
Valoración de empresas	452
Sinergias y valuación de empresas	453
Skype	453
Regresión Cúbica	460
Regresión polinómica	465
Regresión Logística	480

Ciencia de Datos: Avances y Nuevo Lenguaje	503
Capítulo 12	520
Sobre las crisis	520
Riesgo en portafolios	532
Diversificación	532
Cobertura	532
Invirtiendo en diversificación	533
Lista de Símbolos y Abreviaciones	547
Nota Bibliográfica	549
Cómo obtener Analytica	551

Prólogo

Me toca el enorme placer y responsabilidad de presentar este libro, cuyo autor fue compañero de estudios en Física con quien comparto la experiencia de haber reorientado nuestra vida profesional hacia campos del conocimiento divergentes a aquel en el que nos doctoramos.

Esta tarea de reconversión del Dr. Muro ha exigido conciliar el trabajo docente con una labor permanente de aprendizaje e investigación, y esta dedicación dialéctica mantenida durante años, es garantía de excelencia del libro que aquí presento.

Este no es un libro escrito para expertos sino para aquellos que - como yo- teniendo una formación sólida en cualquier área científica o técnica, requiera potenciar su actividad incorporando nuevas metodologías que den mayor solidez a las decisiones que en el día a día debemos tomar.

Así, considero pertinente relatar mi parecer sobre este libro al que considero de gran versatilidad y utilidad, cualidades que se sustentan en un exquisito trabajo que abarca el desarrollo teórico, casos reales para su análisis, y múltiples ejemplos de aplicabilidad.

La variedad de temas abordados y su extensión, deja patente la dedicación y la exhaustiva investigación que se ha realizado. Quiero además hacer hincapié en la notable sencillez del tratamiento con el que se explican conceptos y situaciones que ocurren en un amplio abanico de la actividad económica y empresarial, seguramente acontecimientos que muchos de los lectores suelen afrontar cotidianamente. Es así como este libro, sin perder generalidad ni rigor matemático, es una herramienta sólida para iniciarse en la disciplina Estadística para la Toma de Decisiones. Y para aquellos que no son iniciados, esta obra les permitirá profundizar sus conocimientos en diferentes tópicos de

esta amplia disciplina, observando un enfoque novedoso en el que resultan evidentes las cualidades narrativas del autor.

Este es un libro que se puede disfrutar y que confío se convertirá en un clásico en las bibliotecas universitarias, de empresas y seguramente también será una posesión personal de todo aquel familiarizado con la toma de decisiones. Además, por su contenido en conceptos estadísticos aplicados en economía, esta obra será un buen soporte para estudiantes universitarios y en centros de aprendizaje superior.

Esta es una ocasión que me permite compartir con profesores, estudiantes, profesionales, conferencistas y todos los lectores los sentimientos que me generó leer esta obra y felicitar al autor por su excelente trabajo.

Enero de 2020

Diego M. A. Guérin, PhD.

Investigador Permanente

Universidad del País Vasco (EHU)

Instituto Biofísica (CSIC, UPV/EHU)

Leioa, España.

Reconocimientos

Varias personas ayudaron de diversas maneras a que este libro salga adelante. Algunas han proporcionado sus propias investigaciones y desarrollos; y otras han pasado tiempo revisando el manuscrito ofreciendo muchas sugerencias para mejorarlo. En particular, mis agradecimientos a Lonnie Chrisman, PhD, director técnico de Lumina (EE.UU.), a Diego Guérin, PhD, investigador del Instituto de Biofísica de la Universidad del País Vasco (España), a Max Henrion, PhD, profesor en la Universidad Carnegie Mellon (EE.UU.), y Ricardo Abuid quienes han sido extraordinariamente valiosos en todos los aspectos.

Prefacio

Este libro es sobre el entendimiento de los conceptos de la toma de decisiones y cómo aplicar los métodos estadísticos para la solución de problemas y el análisis de datos. Desde los primeros capítulos veremos algunas maneras en que estos conceptos y técnicas servirán como herramientas útiles para la toma de decisiones.

Para aprender la aplicación de la estadística a la toma de decisiones, a lo largo de cada capítulo iremos desarrollando preguntas, ejercicios y casos que ilustran cada concepto introducido. Las preguntas y argumentos apuntan a que practiquemos los conceptos acabados de aprender y a expandir nuestro conocimiento y entendimiento en cuanto a la aplicabilidad de los mismos en diferentes entornos. De esta manera, los ejercicios le permitirán practicar el uso del análisis Causa-Efecto donde los cálculos serán hechos por un programa.

Las respuestas a los ejercicios o casos planteados estarán incluidas, y las soluciones computacionales completas se pondrán cuando desarrollemos cada concepto. Todas las expresiones necesarias para trabajar el problema serán dadas y cuando existan varios problemas del mismo tipo, los cálculos completos o de muestra serán expuestos.

Varias letras griegas y otros símbolos son frecuentemente usados en la estadística –en general en el mundo científico– así que podemos chequear la Lista de Símbolos que está al final del libro a fin de familiarizarnos con los mismos. Estos símbolos los usaremos a lo largo del libro en razón de ahorro del lenguaje y por practicidad y para entender a simple vista un concepto y cómo está relacionado a otro (un símbolo puede identificarlos), y para abstraernos del idioma en que se escribe. Es por ello que su significado es universal y transversal a todos los idiomas.

También, nos daremos cuenta de la necesidad de aprender un programa que haga los cálculos. Sin esta habilidad, no es posible manejar la cantidad de datos y conceptos aquí vertidos de manera práctica. Hoy este conocimiento es imprescindible y por eso iremos aprendiendo los conceptos y cómo aplicarlos.

Haremos uso solo de un *software* o programa que permita aplicar conocimientos estadísticos, que tenga suficientes herramientas para hacer inferencias estadísticas (una de las bases en la toma de decisiones), y que se encuentre en el mercado. Por ello, después de investigar y evaluar varios *softwares* (la oferta es variada), usaremos Analytica^{MR} por no ser necesariamente de programación estructurada (aun cuando tiene esa opción que usaremos marginalmente). En otras palabras, un lenguaje del más alto nivel que nos permita concentrarnos más en el «qué hace y para qué» que en el «cómo», en lenguaje sencillo que permita un desarrollo rápido sin mayor necesidad de programación.

Para cálculos elementales bastará emplear alguna hoja de cálculo o algún *software* más o menos simple que ya conozcamos, pero para hacer cálculos estadísticos que conlleven análisis de incertidumbre usaremos el mencionado *software* puesto que, a diferencia de otros, permite una representación gráfica del problema que tenemos a la vista y del modelo a construir. El lector será llevado de la mano a hacer diagramas de influencia (manera gráfica de representar nuestro problema con nodos y flechas entre ellos) que no solo sirven para hacer una “foto” del mismo sino para comunicarlo mejor.

La razón es que, para optimizar nuestra capacidad para resolver problemas ayuda el tener una imagen o un gráfico de conceptos y situaciones, siendo una forma intuitiva de articular nuestra capacidad creativa o lo natural al desenvolverse. Así, esta capacidad de abstracción para vincular un hecho con su efecto está fusionada a la percepción del mundo que nos rodea que, al ser exigente o complejo en muchas ocasiones, requiere práctica y reforzar nuestra capacidad de análisis para plantear mediante una

representación gráfica nuestros proyectos a fin de encontrar las mejores soluciones que podamos generar.

Este pensamiento gráfico consiste en la habilidad para esquematizar, abstraer, poner en símbolos y encontrar los resultados de los elementos significativos de la información, puesto que un conocimiento fundamentado en símbolos y procesos gráficos facilita el manejo de la información.

De esta manera, el usar gráficos Causa-Efecto servirá como una habilidad que facilite el análisis u otras maneras de enfoque para la comprensión e identificación de los problemas a resolver.

Finalmente, todos los modelos usados y desarrollados en este libro están a disposición del lector en <https://jorgemuro.pe/>

Jorge E. Muro Arbulú