

Índice general

Agradecimientos	ix
Prefacio	xi
Introducción: ciencia e ingeniería	xv
I Conceptos básicos sobre evaluación y modelación del riesgo	1
1. Modelación en ingeniería	3
1.1. Aspectos generales	3
1.2. Método científico	3
1.2.1. Razonamiento deductivo e inductivo	3
1.2.2. Nueva interpretación del método científico	5
1.3. Interpretación del concepto <i>modelo</i>	7
1.4. Características de los modelos	8
1.4.1. Modelos cuantitativos y cualitativos	9
1.4.2. Modelos clásicos en ingeniería	10
1.4.3. Modelos con dificultades de predicción	12
1.5. Sistemas complejos	14
1.6. Teoría de sistemas	16
1.6.1. Características de un sistema	16
1.6.2. Definición de un sistema	17
1.6.3. Propiedades de un sistema	18
1.6.4. Tipos de sistemas	19
1.6.5. Modelación jerárquica	20
1.7. Resumen	21
1.8. Problemas	22

2. Caracterización y modelación de fallas	25
2.1. Aspectos generales	25
2.2. Definición de falla	25
2.3. Causas de las fallas	28
2.3.1. Aspectos generales	28
2.3.2. Fallas estructurales	28
2.3.3. Fallas operacionales	29
2.3.4. Fallas ocasionadas por el <i>factor humano</i>	30
2.4. Medición de la extensión de la falla	30
2.5. Modelos de falla	31
2.5.1. Relación causa-efecto	31
2.5.2. Resultado de una acción única	32
2.5.3. Secuencias de eventos conducentes a la ocurrencia de la falla	33
2.5.4. Recolección de evidencia y evaluación del entorno	35
2.5.5. Progresión de la falla	37
2.6. Resumen	41
2.7. Problemas	41
3. Conceptos básicos para el análisis de riesgos	43
3.1. Aspectos generales	43
3.2. Incertidumbre	43
3.2.1. Definición y causas de la incertidumbre	43
3.2.2. Factores adicionales que contribuyen a la incertidumbre en ingeniería	44
3.3. Amenaza	46
3.4. Vulnerabilidad	50
3.4.1. Definición de vulnerabilidad	50
3.4.2. Evaluación de la vulnerabilidad	54
3.5. Riesgo	57
3.5.1. Definición del riesgo	57
3.5.2. Riesgo aceptable	61
3.6. Seguridad	67
3.7. Resumen	68
3.8. Problemas	68
4. Análisis de riesgo y toma de decisiones	71
4.1. Aspectos generales	71
4.2. Proceso de toma de decisiones	71
4.3. Toma de decisiones en ingeniería	72
4.4. Decisión basada en la comparación de costos	74
4.5. Decisión con base en el valor esperado	77
4.5.1. Análisis de valor esperado	77

4.5.2. Árboles de decisión	78
4.6. Funciones de utilidad	82
4.6.1. Aspectos generales	82
4.6.2. Ordenabilidad de las funciones de utilidad	83
4.6.3. Construcción de funciones de utilidad	83
4.6.4. Utilidad máxima esperada	86
4.6.5. Funciones de utilidad continuas	88
4.6.6. Funciones de predisposición y aversión al riesgo	88
4.7. Estrategia integral para la toma de decisiones	91
4.8. Resumen	93
4.9. Problemas	93
5. Métodos aproximados para la evaluación del riesgo	97
5.1. Aspectos generales	97
5.2. Razonamiento aproximado	97
5.3. Opinión de expertos	98
5.3.1. Aspectos generales	98
5.3.2. Características de los expertos	98
5.3.3. Manejo de opinión de expertos: método Delphi	100
5.4. Manejo de evidencia	101
5.5. Evaluaciones puntuales	102
5.6. Intervalos	103
5.6.1. Manejo de evidencia con intervalos	103
5.6.2. Teoría de intervalos	105
5.6.3. Método Vertex	105
5.6.4. Dependencia entre intervalos	110
5.7. Evaluación de los parámetros de la distribución triangular	111
5.8. Lógica difusa	114
5.8.1. Aspectos generales	114
5.8.2. Teoría de conjuntos clásicos y difusos	114
5.8.3. Matemática de la lógica difusa	115
5.8.4. Forma de la función de pertenencia	117
5.8.5. Conjuntos difusos como herramienta de evaluación	118
5.9. Aprendizaje estadístico	123
5.9.1. Conceptos básicos	123
5.9.2. Redes neuronales	123
5.10. Resumen	129
5.11. Problemas	129

II	Modelación probabilística del riesgo	133
6.	Problema básico de confiabilidad	135
6.1.	Aspectos generales	135
6.2.	Medidas determinísticas de seguridad	135
6.3.	Invarianza del factor de seguridad	136
6.4.	Factor de seguridad central y característico	138
6.5.	Problema básico de confiabilidad	141
6.5.1.	Variables aleatorias distribuidas normalmente	146
6.5.2.	Variables aleatorias distribuidas lognormalmente	150
6.5.3.	Variables correlacionadas	152
6.6.	Problema generalizado de confiabilidad	156
6.7.	Aspectos conceptuales de la probabilidad de falla	157
6.7.1.	La probabilidad como una medida científica	157
6.7.2.	Caracterización de la probabilidad de falla	158
6.7.3.	Valores típicos de la probabilidad de falla nominal	158
6.8.	Resumen	160
6.9.	Problemas	161
7.	Métodos de simulación	165
7.1.	Aspectos generales	165
7.2.	Simulación de Monte Carlo	165
7.3.	Métodos para la generación de números aleatorios	166
7.3.1.	Conceptos básicos	166
7.3.2.	Números aleatorios generados a partir de variables aleatorias correlacionadas	170
7.3.3.	Extracción de información estadística	182
7.4.	Cálculo de la probabilidad de falla	186
7.5.	Eficiencia y precisión de la simulación	189
7.6.	Técnicas de reducción de varianza	193
7.7.	Simulación para problemas con información parcial	194
7.7.1.	Método de estimación puntual	194
7.7.2.	<i>Latin Hypercube</i>	199
7.8.	Resumen	203
7.9.	Problemas	203
8.	Métodos de transformación y segundo momento	207
8.1.	Aspectos generales	207
8.2.	Definición general del índice de confiabilidad	207
8.3.	Métodos de primer orden y segundo momento	210
8.3.1.	Función de estado límite lineal	210
8.3.2.	Función de estado límite no lineal	211
8.4.	Procedimiento de Rackwitz-Fiessler	222

8.5. Variables aleatorias correlacionadas	227
8.6. Análisis de segundo orden (SORM)	229
8.7. Múltiples funciones de estado límite	238
8.8. Resumen	240
8.9. Problemas	240
9. Confiabilidad de sistemas	245
9.1. Introducción	245
9.2. Modelación de sistemas	245
9.3. Confiabilidad de sistemas en serie	246
9.4. Confiabilidad de sistemas activos en paralelo	249
9.5. Redundancia	252
9.6. Definición de límites para la confiabilidad de sistemas	254
9.6.1. Límites de primer orden para sistemas en serie	255
9.6.2. Límites de primer orden para sistemas en paralelo	257
9.6.3. Límites de segundo orden para sistemas en serie	259
9.7. Análisis de sistemas con componentes correlacionados	261
9.7.1. Sistemas con componentes igualmente correlacionados	261
9.7.2. Sistemas de componentes con diferente correlación	263
9.8. Árboles de falla	266
9.8.1. Construcción de árboles de falla	266
9.8.2. Análisis de árboles de falla	268
9.8.3. <i>Cut sets y path sets</i>	271
9.8.4. Dependencia y límites para la probabilidad	273
9.9. Resumen	274
9.10. Problemas	274
III Temas especiales en confiabilidad	277
10. Determinación de factores parciales	279
10.1. Aspectos generales	279
10.2. Selección del valor de diseño	279
10.3. Factores parciales basados en valores característicos	280
10.4. Aproximación probabilística a la selección de factores parciales	284
10.4.1. Formato de los factores de carga	284
10.4.2. Calibración de factores parciales	286
10.5. Selección de factores parciales utilizando FORM	287
10.6. Resumen	297

11. Métodos avanzados de simulación	299
11.1. Aspectos generales	299
11.2. Técnicas de reducción de varianza	299
11.2.1. Muestreo estratificado	300
11.2.2. Variables <i>antithetic</i>	303
11.2.3. Simulación direccional	304
11.2.4. Muestreo por importancia	308
11.2.5. Métodos de aprendizaje estadístico	313
11.2.6. Monte Carlo utilizando cadenas de Markov (MCMC)	317
11.2.7. Simulación utilizando subconjuntos	322
11.3. Resumen	326
12. Análisis de confiabilidad contra el tiempo	327
12.1. Aspectos generales	327
12.2. Confiabilidad de componentes	327
12.2.1. Aspectos generales	327
12.2.2. Integración del tiempo	328
12.2.3. Discretización del tiempo	329
12.2.4. Función de amenaza	331
12.2.5. Procesos estocásticos	333
12.3. Confiabilidad en función de la tasa de falla	334
12.3.1. Caracterización de la tasa de falla	335
12.3.2. Función de densidad de probabilidad del tiempo a la falla	337
12.3.3. Tiempo medio hasta la falla	338
12.3.4. Análisis con tasa de falla constante	340
12.3.5. Análisis con tasas de falla dependientes del tiempo	341
12.4. Confiabilidad de sistemas	342
12.5. Resumen	344
13. Análisis del ciclo de vida	347
13.1. Aspectos generales	347
13.2. Análisis de costos del ciclo de vida (LCCA)	347
13.2.1. Aspectos generales	347
13.2.2. Definición	348
13.2.3. Características del cambio de paradigma	348
13.2.4. Análisis del ciclo de vida y sostenibilidad	349
13.3. Aspectos básicos del análisis de costos del ciclo de vida	349
13.3.1. Definición de los actores	350
13.3.2. Definición de costos	350
13.3.3. Comportamiento del sistema en el tiempo	351
13.3.4. Definición de la función objetivo	352
13.4. Análisis del ciclo de vida	355

13.5.	Modelación del ciclo de vida	355
13.6.	Optimización de criterios de diseño	356
13.6.1.	Modelo de renovación sin deterioro progresivo	356
13.6.2.	Caracterización de la sollicitación	357
13.7.	Definición de estrategias de inspección y mantenimiento	365
13.7.1.	Aspectos generales	365
13.7.2.	Parámetros generales	365
13.7.3.	Modelos de mantenimiento	367
13.7.4.	Modelos de mantenimiento con reemplazo parcial	370
13.8.	Resumen	371
14.	Optimización en ingeniería: revisión de métodos tradicionales	373
14.1.	Aspectos generales	373
14.2.	Optimización	373
14.3.	Optimización de funciones lineales	374
14.3.1.	Problema básico	374
14.3.2.	Método Simplex	375
14.4.	Optimización de funciones no lineales	377
14.4.1.	Búsqueda en una dirección	379
14.4.2.	Método de la sección dorada	380
14.4.3.	Búsqueda multidimensional	384
14.4.4.	Optimización no lineal con restricciones	390
14.5.	Optimización como criterio de diseño	396
14.6.	Resumen	396
A.	Resumen de probabilidad y estadística	399
A.1.	Aspectos generales	399
A.2.	Tipos de probabilidad	399
A.3.	Matemática de la probabilidad	400
A.3.1.	Axiomas básicos de probabilidad	400
A.3.2.	Axiomas derivados de probabilidad	401
A.4.	VARIABLES ALEATORIAS	402
A.5.	Momentos de una variable aleatoria	403
A.5.1.	Media o valor esperado (primer momento)	403
A.5.2.	Varianza y desviación estándar (segundo momento)	404
A.5.3.	Momentos de orden superior	404
A.6.	Distribuciones de probabilidad más comunes	406
A.6.1.	Ensayos simples discretos	407
A.6.2.	Ocurrencias aleatorias	408
A.6.3.	Casos límite	410
A.6.4.	Distribuciones de valor extremo	411
A.6.5.	Otras distribuciones comunes	413

A.7. Variables distribuidas conjuntamente	414
A.7.1. Distribución de probabilidad conjunta	414
A.7.2. Distribuciones de probabilidad condicional	414
A.7.3. Distribuciones de probabilidad marginal	415
A.8. Momentos de funciones con distribución de probabilidad conjunta	415
A.8.1. Media	415
A.8.2. Varianza	415
A.8.3. Covarianza y correlación	416
A.9. Distribución normal bivariada	416
A.10. Transformación de variables aleatorias	417
A.10.1. Transformación de una sola variable aleatoria	417
A.10.2. Transformación de dos o más variables	417
A.11. Funciones de variables aleatorias	418
A.11.1. Suma de dos variables aleatorias	418
A.11.2. Multiplicación de dos variables aleatorias	418
A.12. Momentos de funciones de variables aleatorias	419
A.12.1. Funciones lineales	419
A.12.2. Funciones como producto de variables	419
A.12.3. División de variables	420
A.12.4. Momentos de una raíz cuadrada	420
A.12.5. Momentos de una forma cuadrática	421
A.13. Resumen	421
B. Series de Taylor y transformaciones útiles	423
B.1. Aproximación de funciones utilizando series de Taylor	423
B.2. Transformación de Cholesky	425
B.3. Ortogonalización de Gram-Schmidt	426
B.4. Transformación de Roseblatt	427
B.5. Transformada de Nataf	428
C. Tablas de probabilidad	431
Bibliografía	435
Índice analítico	453