

Contenido

CAPÍTULO 1 El papel de la estadística en la ingeniería 1

- 1-1 El método de la ingeniería y el pensamiento estadístico 1
 1-1.1 La ingeniería y la solución de problemas 1
 1-1.2 El pensamiento estadístico 9
1-2 Recolección de datos de ingeniería 11
1-3 Modelos mecanicista y empírico 13
1-4 Diseño de investigaciones experimentales 16
1-5 Observación de procesos en el tiempo 20
Ejercicios complementarios 24
Ejercicios para desarrollar el intelecto 25

CAPÍTULO 2 Resumen y presentación de datos 26

- 2-1 La importancia del resumen y la presentación de datos 26
2-2 Diagramas de tallo y hoja 27
2-3 Distribuciones de frecuencia e histogramas 32
2-4 Gráficas de caja 37
2-5 Gráficas de series de tiempo 40
Ejercicios complementarios 44
Ejercicios para desarrollar el intelecto 48

CAPÍTULO 3 Probabilidad 49

- 3-1 Espacios muestrales y eventos 49
 3-1.1 Introducción 49
 3-1.2 Espacios muestrales 52
 3-1.3 Eventos 54

- 3-2 Interpretación de la probabilidad 62
 3-2.1 Introducción 62
 3-2.2 Axiomas de probabilidad 66
3-3 Reglas de adición 68
3-4 Probabilidad condicional 74
3-5 Reglas de multiplicación y de probabilidad total 79
 3-5.1 Regla de multiplicación 79
 3-5.2 Regla de probabilidad total 79
3-6 Independencia 83
3-7 Teorema de Bayes 89
3-8 Variables aleatorias 91
Ejercicios complementarios 93
Ejercicios para desarrollar el intelecto 96

CAPÍTULO 4 Variables aleatorias discretas y distribuciones de probabilidad 97

- 4-1 Variables aleatorias discretas 97
4-2 Distribuciones de probabilidad y funciones de masa de probabilidad 99
4-3 Funciones de distribución acumulada 103
4-4 Media y varianza de una variable aleatoria discreta 106
4-5 Distribución discreta uniforme 110
4-6 Distribución binomial 112
4-7 Distribuciones geométrica y binomial negativa 121
 4-7.1 Distribución geométrica 121
 4-7.2 Distribución binomial negativa 124
4-8 Distribución hipergeométrica 129
4-9 Distribución de Poisson 135
Ejercicios complementarios 141
Ejercicios para desarrollar el intelecto 143

CAPÍTULO 5 Variables aleatorias continuas y distribuciones de probabilidad 144

5-1	Variables aleatorias continuas	144
5-2	Distribuciones de probabilidad y funciones de densidad de probabilidad	145
5-3	Funciones de distribución acumulada	149
5-4	Media y varianza de una variable aleatoria continua	153
5-5	Distribución continua uniforme	155
5-6	Distribución normal	157
5-7	Gráficas de probabilidad	170
5-8	Aproximación normal a la distribución binomial y de Poisson	174
5-9	Distribución exponencial	179
5-10	Distribuciones de Erlang y gamma	187
5-10.1	Distribución de Erlang	187
5-10.2	Distribución gamma	189
5-11	Distribución de Weibull	193
Ejercicios complementarios		195
Ejercicios para desarrollar el intelecto		197

CAPÍTULO 6 Distribución de probabilidad conjunta 199

6-1	Dos variables aleatorias discretas	200
6-1.1	Distribuciones de probabilidad conjunta	200
6-1.2	Distribuciones de probabilidad marginal	202
6-1.3	Distribuciones de probabilidad condicional	205
6-1.4	Independencia	207
6-2	Variables aleatorias discretas múltiples	211
6-2.1	Distribuciones de probabilidad conjunta	211
6-2.2	Distribución de probabilidad multinomial	214
6-3	Dos variables aleatorias continuas	218
6-3.1	Distribuciones de probabilidad conjunta	218
6-3.2	Distribuciones de probabilidad marginal	222
6-3.3	Distribuciones de probabilidad condicional	224
6-3.4	Independencia	228

6-4	Variables aleatorias continuas múltiples	231
6-5	Covarianza y correlación	237
6-6	Distribución normal de dos variables	245
6-7	Combinaciones lineales de variables aleatorias	249
6-8	Desigualdad de Chebyshev	254
Ejercicios complementarios		256
Ejercicios para desarrollar el intelecto		259

CAPÍTULO 7 Estimación de parámetros 260

7-1	Inferencia estadística	260
7-2	Muestreo aleatorio	261
7-3	Propiedades de los estimadores	265
7-3.1	Estimadores insesgados	265
7-3.2	Varianza de un estimador puntual	267
7-3.3	Error estándar: reporte de una estimación puntual	268
7-3.4	Estimación <i>bootstrap</i> (cargador inicial) del error estándar	270
7-3.5	Error cuadrado medio de un estimador	271
7-4	Método de máxima verosimilitud	274
7-5	Distribuciones de muestreo	281
7-6	Distribuciones de muestreo de medias	282
7-7	Introducción a los intervalos de confianza	289
Ejercicios complementarios		291
Ejercicios para desarrollar el intelecto		292

CAPÍTULO 8 Inferencia estadística para una sola muestra 294

8-1	Prueba de hipótesis	295
8-1.1	Hipótesis estadísticas	295
8-1.2	Pruebas de hipótesis estadísticas	296
8-1.3	Hipótesis de una y dos colas	304
8-1.4	Procedimiento general de las pruebas de hipótesis	307

8-2	Inferencia sobre la media de una población, varianza conocida	309	Ejercicios complementarios	365
8-2.1	Pruebas de hipótesis sobre la media	309	Ejercicios para desarrollar el intelecto	371
8-2.2	Valores P en las pruebas de hipótesis	312		
8-2.3	Error tipo II y elección del tamaño de la muestra	313		
8-2.4	Prueba para muestras grandes	318		
8-2.5	Algunos comentarios prácticos sobre las pruebas de hipótesis	318		
8-2.6	Intervalo de confianza para la media	319		
8-2.7	Método general para deducir un intervalo de confianza	324		
8-2.8	Intervalos de confianza <i>bootstrap</i> (cargador inicial)	325		
8-3	Inferencia sobre la media de una población, varianza desconocida	328		
8-3.1	Pruebas de hipótesis sobre la media	329		
8-3.2	Valor P para una prueba t	334		
8-3.3	Solución de computadora	334		
8-3.4	Elección del tamaño de la muestra	335		
8-3.5	Intervalo de confianza para la media	336		
8-4	Inferencia sobre la varianza de una población normal	340		
8-4.1	Pruebas de hipótesis sobre la varianza de una población normal	340		
8-4.2	Error β y elección del tamaño de la muestra	344		
8-4.3	Intervalo de confianza sobre la varianza de una población normal	345		
8-5	Inferencia sobre una proporción de una población	347		
8-5.1	Pruebas de hipótesis sobre una proporción binomial	348		
8-5.2	Error tipo II y elección del tamaño de la muestra	349		
8-5.3	Intervalo de confianza para una proporción binomial	351		
8-6	Tabla de resumen para procedimientos de inferencia para una sola muestra	356		
8-7	Prueba de la bondad del ajuste	356		
8-8	Pruebas de tablas de contingencia	361		
			Ejercicios complementarios	423
			Ejercicios para desarrollar el intelecto	429
CAPÍTULO 9 Inferencia estadística para dos muestras 375				
9-1	Introducción	376		
9-2	Inferencia para la diferencia en medias, varianzas conocidas	376		
9-2.1	Pruebas de hipótesis para la diferencia en medias, varianzas conocidas	377		
9-2.2	Elección del tamaño de la muestra	379		
9-2.3	Identificación de causa y efecto	382		
9-2.4	Intervalo de confianza para una diferencia en medias, varianzas conocidas	382		
9-3	Inferencia para la diferencia en medias de dos distribuciones normales, varianzas desconocidas	388		
9-3.1	Pruebas de hipótesis para la diferencia en medias, varianzas desconocidas	388		
9-3.2	Elección del tamaño de la muestra	394		
9-3.3	Intervalo de confianza para la diferencia en medias	395		
9-3.4	Solución de computadora	397		
9-4	Prueba t pareada	402		
9-5	Inferencia sobre las varianzas de dos poblaciones normales	410		
9-5.1	Pruebas de hipótesis sobre el cociente de dos varianzas	410		
9-5.2	Error β y elección del tamaño de la muestra	414		
9-5.3	Intervalo de confianza sobre el cociente de dos varianzas	415		
9-6	Inferencia sobre proporciones de dos poblaciones	417		
9-6.1	Prueba de una muestra grande para $H_0: p_1 = p_2$	417		
9-6.2	Error β y elección del tamaño de la muestra	419		
9-6.3	Intervalo de confianza para $p_1 - p_2$	421		
9-7	Tabla de resumen para procedimientos de inferencia para dos muestras	423		

CAPÍTULO 10 Regresión lineal simple y correlación 430

10-1	Modelos empíricos	431
10-2	Regresión lineal simple	434
10-3	Propiedades de los estimadores de mínimos cuadrados y la estimación de σ^2	444
10-4	Abusos comunes de la regresión	446
10-5	Pruebas de hipótesis en la regresión lineal simple	447
10-5.1	Uso de las pruebas t	447
10-5.2	Enfoque del análisis de varianza para probar la significación de una regresión	450
10-6	Intervalos de confianza	454
10-6.1	Intervalos de confianza para la pendiente y la ordenada al origen	454
10-6.2	Intervalo de confianza para la respuesta media	455
10-7	Predicción de nuevas observaciones	458
10-8	Evaluando la adecuación del modelo de regresión	461
10-8.1	Ánálisis de residuales	461
10-8.2	Coeficiente de determinación (R^2)	464
10-8.3	Prueba de falta de ajuste	465
10-9	Transformaciones a una línea recta	471
10-10	Correlación	472
	Ejercicios complementarios	478
	Ejercicios para desarrollar el intelecto	481
11-5.1	Prueba para la significación de una regresión	506
11-5.2	Pruebas para los coeficientes de regresión individuales y para subconjuntos de coeficientes	509
11-6	Intervalos de confianza en la regresión lineal múltiple	515
11-6.1	Intervalos de confianza para los coeficientes individuales de una regresión	515
11-6.2	Intervalo de confianza para la respuesta media	516
11-7	Predicción de nuevas observaciones	518
11-8	Medidas de la adecuación del modelo	521
11-8.1	Coeficiente de determinación múltiple (R^2)	521
11-8.2	Ánálisis de residuales	522
11-8.3	Observaciones influyentes	526
11-9	Modelos de regresión polinomial	530
11-10	Variables indicadoras	533
11-11	Selección de variables en regresiones múltiples	539
11-11.1	Problema de la construcción del modelo	539
11-11.2	Procedimientos computacionales para la selección de variables	539
11-11.3	Salida de computadora de una regresión por pasos	549
11-12	Colinealidad múltiple	554
	Ejercicios complementarios	556
	Ejercicios para desarrollar el intelecto	560

CAPÍTULO 11 Regresión lineal múltiple 483

11-1	Modelo de regresión lineal múltiple	484
11-2	Estimación de los parámetros por mínimos cuadrados	488
11-3	Enfoque matricial de la regresión lineal múltiple	491
11-4	Propiedades de los estimadores de mínimos cuadrados y estimación de σ^2	504
11-5	Pruebas de hipótesis en la regresión lineal múltiple	506

CAPÍTULO 12 Diseño y análisis de experimentos con un solo factor: el análisis de varianza 561

12-1	Estrategia de experimentación	562
12-2	Experimento con un solo factor completamente aleatorizado	563
12-2.1	Un ejemplo	563
12-2.2	El análisis de varianza	564
12-2.3	Salida de computadora	573
12-2.4	Ánálisis de residuales y verificación del modelo	576

12-3	Pruebas sobre medias de tratamientos individuales	581	13-6.1	Diseño 2^2	648
12-3.1	Comparación gráfica de medias	581	13-6.2	Diseño 2^k para $k \geq 3$ factores	655
12-3.2	Contrastes ortogonales	583	13-6.3	Una sola réplica del diseño 2^k	666
12-3.3	Método de la diferencia significativa mínima de Fisher	586	13-6.4	Adición de los puntos centrales a un diseño 2^k	671
12-4	Modelo de efectos aleatorios	589	13-7	Formación de bloques y confusión en el diseño 2^k	677
12-5	Diseño de bloques completos aleatorizados	595	13-8	Réplica fraccionada del diseño 2^k	684
12-5.1	Diseño y análisis estadístico	595	13-8.1	Media fracción del diseño 2^k	684
12-5.2	Pruebas sobre medias de tratamientos individuales	602	13-8.2	Fracciones menores: el factorial fraccionado 2^{k-p}	693
12-5.3	Ánalysis de residuales y verificación del modelo	604	13-9	Métodos y diseño de superficies de respuesta	705
12-5.4	Diseño de bloques completos aleatorizados con factores aleatorios	605	13-9.1	Método del ascenso más pronunciado	707
12-6	Determinación del tamaño de la muestra en experimentos con un solo factor	609	13-9.2	Ánalysis de una superficie de respuesta de segundo orden	711
12-6.1	Caso con efectos fijos	609	Ejercicios complementarios	720	
12-6.2	Caso con efectos aleatorios	610	Ejercicios para desarrollar el intelecto	725	
Ejercicios complementarios	612				
Ejercicios para desarrollar el intelecto	615				

CAPÍTULO 13 Diseño de experimentos con varios factores 617

13-1	Introducción	618
13-2	Algunas aplicaciones de las técnicas de diseño experimental	618
13-3	Experimentos factoriales	621
13-4	Experimentos factoriales con dos factores	627
13-4.1	Ánalysis estadístico del modelo con efectos fijos	627
13-4.2	Verificación de la adecuación del modelo	635
13-4.3	Salida de computadora	635
13-4.4	Una observación por celda	636
13-4.5	Factores aleatorios	638
13-5	Experimentos factoriales generales	641
13-6	Diseño factorial 2^k	647

CAPÍTULO 14 Estadística no paramétrica 726

14-1	Introducción	726
14-2	Prueba de signos	727
14-2.1	Descripción de la prueba	727
14-2.2	Prueba de signos para muestras pareadas	732
14-2.3	Error tipo II para la prueba de signos	734
14-2.4	Comparación con la prueba t	735
14-3	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	738
14-3.1	Descripción de la prueba	738
14-3.2	Aproximación para muestras grandes	740
14-3.3	Observaciones pareadas	740
14-3.4	Comparación con la prueba t	742
14-4	Prueba de la suma de rangos de Wilcoxon	743
14-4.1	Descripción de la prueba	743
14-4.2	Aproximación con muestras grandes	746
14-4.3	Comparación con la prueba t	746

14-5	Métodos no paramétricos en el análisis de varianza	747
14-5.1	Prueba de Kruskal-Wallis	747
14-5.2	Transformación de rangos	750
Ejercicios complementarios		752
Ejercicios para desarrollar el intelecto		753

CAPÍTULO 15 Control estadístico de la calidad 754

15-1	La estadística y el mejoramiento de la calidad	755
15-2	Control estadístico de la calidad	756
15-3	Control estadístico de procesos	756
15-4	Introducción a las cartas de control	757
15-4.1	Principios básicos	757
15-4.2	Diseño de una carta de control	762
15-4.3	Subgrupos racionales	763
15-4.4	Ánalisis de patrones en cartas de control	765
15-5	Cartas de control \bar{X} y R	768
15-6	Cartas de control para mediciones individuales	776
15-7	Capacidad de un proceso	781
15-8	Cartas de control de atributos	787
15-8.1	Carta P (carta de control de proporciones)	787

15-8.2	Carta U (carta de control de defectos por unidad)	790
15-9	Desempeño de las cartas de control	794
15-10	Carta de control de suma acumulada	797
15-11	Otras herramientas del control estadístico de procesos para resolver problemas	806
15-12	Implementación del control estadístico de procesos	809
Ejercicios complementarios		811
Ejercicios para desarrollar el intelecto		815

APÉNDICES 819

A	Tablas y cartas estadísticas	A-1
B	Material técnico complementario	B-1
	I Técnicas de conteo	B-1
	II Función generadora de momentos	B-7
	III Funciones de variables aleatorias	B-15
	IV Desarrollo de las distribuciones t y F	B-24
	V Enfoque bayesiano de la estimación	B-28
	VI Pruebas del cociente de verosimilitud	B-32
	VII Factores aleatorios en experimentos factoriales	B-35
C	Bibliografía	C-1
D	Respuestas de ejercicios seleccionados	D-1

ÍNDICE I-1