

# Contenido

Prefacio ix

## 1 Introducción a la estadística y al análisis de datos 1

- 1.1 Repaso 1
- 1.2 El papel de la probabilidad 2
- 1.3 Medidas de posición: media de una muestra 4
- 1.4 Medidas de variabilidad 5
- 1.5 Datos discretos y continuos 6
- 1.6 Modelado estadístico, inspección científica y diagnósticos gráficos 7

## 2 Probabilidad 9

- 2.1 Espacio muestral 10
- 2.2 Eventos 13
- 2.3 Conteo de puntos de la muestra 19
- 2.4 Probabilidad de un evento 27
- 2.5 Reglas aditivas 30
- 2.6 Probabilidad condicional 35
- 2.7 Reglas multiplicativas 38
- 2.8 Regla de Bayes 44
- Ejercicios de repaso 49

iii

iv Contenido

## 3 Variables aleatorias y distribuciones de probabilidad 51

- 3.1 Concepto de variable aleatoria 51
- 3.2 Distribuciones discretas de probabilidad 53
- 3.3 Distribuciones continuas de probabilidad 58
- 3.4 Distribuciones empíricas 63
- 3.5 Distribuciones de probabilidad conjunta 69
- Ejercicios de repaso 82

## 4 Esperanza matemática 84

- 4.1 Media de una variable aleatoria 84
- 4.2 Varianza y covarianza 92
- 4.3 Medias y varianzas de combinaciones lineales de variables aleatorias 101
- 4.4 Teorema de Chebyshev 108
- Ejercicios de repaso 112

## 5 Algunas distribuciones de probabilidad discreta 114

- 5.1 Introducción 114
- 5.2 Distribución uniforme discreta 114
- 5.3 Distribuciones binomial y multinomial 116
- 5.4 Distribución hipergeométrica 125
- 5.5 Distribuciones binomial negativa y geométrica 132
- 5.6 Distribución de Poisson y proceso de Poisson 135
- Ejercicios de repaso 141

## 6 Algunas distribuciones continuas de probabilidad 143

- 6.1 Distribución de probabilidad continua 143
- 6.2 Distribución normal 145
- 6.3 Áreas bajo la curva normal 148
- 6.4 Aplicaciones de la distribución normal 153
- 6.5 Aproximación normal a la binomial 160
- 6.6 Distribuciones gamma y exponencial 166
- 6.7 Aplicaciones de las distribuciones exponencial y gamma 170
- 6.8 Distribución ji cuadrada 172
- 6.9 Distribución logarítmica normal 173
- 6.10 Distribución de Weibull 174
- Ejercicios de repaso 178

## 7 Funciones de variables aleatorias 180

- 7.1 Introducción 180
- 7.2 Transformaciones de variables 180
- 7.3 Momentos y funciones generadoras de momentos 189

Contenido v

## 8 Distribuciones fundamentales de muestreo y descripciones de datos 198

- 8.1 Muestreo aleatorio 198
- 8.2 Algunas estadísticas importantes 201
- 8.3 Presentaciones de datos y métodos gráficos 208
- 8.4 Distribuciones muestrales 215
- 8.5 Distribuciones muestrales de medias 217
- 8.6 Distribución muestral de  $S^2$  224
- 8.7 Distribución  $t$  228
- 8.8 Distribución  $F$  232
- Ejercicios de repaso 237

## 9 Problemas de estimación de una y dos muestras 238

- 9.1 Introducción 238
- 9.2 Inferencia estadística 238
- 9.3 Métodos clásicos de estimación 239
- 9.4 Una sola muestra: estimación de la media 243
- 9.5 Error estándar de una estimación puntual 248
- 9.6 Límites de tolerancia 249
- 9.7 Dos muestras: estimación de la diferencia entre dos medias 253
- 9.8 Observaciones pareadas 259
- 9.9 Una sola muestra: estimación de una proporción 264
- 9.10 Dos muestras: estimación de la diferencia entre dos proporciones 268
- 9.11 Una sola muestra: estimación de la varianza 271
- 9.12 Dos muestras: estimación de la razón de dos varianzas 273
- 9.13 Métodos bayesianos de estimación 275
- 9.14 Estimación de probabilidad máxima 282
- Ejercicios de repaso 287

## 10 Pruebas de hipótesis de una y dos muestras 290

- 10.1 Hipótesis estadísticas: conceptos generales 290
- 10.2 Prueba de una hipótesis estadística 292
- 10.3 Pruebas de una y dos colas 300
- 10.4 Uso de valores  $P$  para la toma de decisiones 302
- 10.5 Una sola muestra: pruebas con respecto a una sola media (varianza conocida) 306
- 10.6 Relación con la estimación del intervalo de confianza 309
- 10.7 Una sola muestra: pruebas sobre una sola media (varianza desconocida) 310
- 10.8 Dos muestras: pruebas sobre dos medias 313
- 10.9 Elección del tamaño de la muestra para probar medias 318
- 10.10 Métodos gráficos para comparar medias 323
- 10.11 Una muestra: prueba sobre una proporción 330
- 10.12 Dos muestras: pruebas sobre dos proporciones 333
- 10.13 Pruebas referentes a varianzas de una y dos muestras 336

vi Contenido

- 10.14 Prueba de la bondad de ajuste 340
- 10.15 Prueba de independencia (datos categóricos) 344
- 10.16 Prueba de homogeneidad 347
- 10.17 Prueba para varias proporciones 348
- 10.18 Estudio de dos muestras 350
- Ejercicios de repaso 355

## 11 Regresión lineal simple y correlación 358

- 11.1 Introducción a la regresión lineal 358
- 11.2 Regresión lineal simple 361
- 11.3 Propiedades de los estimadores de mínimos cuadrados 365
- 11.4 Inferencias acerca de los coeficientes de regresión 367
- 11.5 Predicción 371
- 11.6 Elección de un modelo de regresión 377
- 11.7 Procedimiento del análisis de varianza 377
- 11.8 Prueba para la linealidad de la regresión: datos con observaciones repetidas 379
- 11.9 Gráficas y transformaciones de datos 387
- 11.10 Estudio de regresión lineal simple 391
- 11.11 Correlación 394
- Ejercicios de repaso 400

## 12 Regresión lineal múltiple 405

- 12.1 Introducción 405
- 12.2 Estimación de los coeficientes 406
- 12.3 Modelo de regresión lineal con el uso de matrices 410
- 12.4 Propiedades de los estimadores de mínimos cuadrados 418
- 12.5 Inferencias en la regresión lineal múltiple 420
- 12.6 Elección de un modelo de ajuste a través de la prueba de hipótesis 427
- 12.7 Caso especial de ortogonalidad 431
- 12.8 Métodos secuenciales para la selección del modelo 435
- 12.9 Estudio de residuos y violación de suposiciones 441
- 12.10 Validación cruzada,  $C_p$  y otros criterios para la selección del modelo 445
- Ejercicios de repaso 456

## 13 Experimentos de un factor: general 461

- 13.1 Técnica del análisis de varianza 461
- 13.2 La estrategia del diseño experimental 463
- 13.3 Análisis de varianza unilateral: diseño completamente aleatorizado 463
- 13.4 Pruebas de la igualdad de varias varianzas 470

Contenido vii

- 13.5 Comparaciones de un solo grado de libertad 475
- 13.6 Comparaciones múltiples 479
- 13.7 Comparación de tratamientos con un control 483
- 13.8 Comparación de un conjunto de tratamientos en bloques 488
- 13.9 Diseño de bloques completos aleatorizados 489
- 13.10 Métodos gráficos y diagnósticos posteriores 498
- 13.11 Cuadrados latinos 499
- 13.12 Modelos de efectos aleatorios 506
- 13.13 Enfoque de regresión para el análisis de varianza 511
- 13.14 Potencia de las pruebas de análisis de varianza 514
- 13.15 Estudio de caso 519
- Ejercicios de repaso 523

## 14 Experimentos factoriales 527

- 14.1 Introducción 527
- 14.2 Interacción y el experimento de dos factores 529
- 14.3 Análisis de varianza de dos factores 530
- 14.4 Análisis gráfico en el problema de dos factores 537
- 14.5 Experimentos de tres factores 540
- 14.6 Modelos multifactoriales específicos 544
- 14.7 Experimentos factoriales modelo II y III 549
- 14.8 Elección del tamaño de la muestra 552
- Ejercicios de repaso 555

## 15 Experimentos $2^k$ factoriales y fracciones 559

- 15.1 Introducción 559
- 15.2 Análisis de varianza 560
- 15.3 Experimento  $2^k$  factorial sin réplicas 564
- 15.4 Estudio de caso 565
- 15.5 Experimentos factoriales en bloques incompletos 571
- 15.6 Confusión parcial 577
- 15.7 Experimentos factoriales en un ajuste de regresión 579
- 15.8 Estudio de caso: experimento de purificación de carbón 583
- 15.9 Experimentos factoriales fraccionados 588
- 15.10 Análisis de experimentos factoriales fraccionados 591
- 15.11 Diseños de fracciones superiores y depurados 595
- 15.12 Construcción de diseños de resolución III y IV con 8, 16 y 32 puntos de diseño 596
- 15.13 Otros diseños de resolución III de dos niveles; diseños de Plackett-Burman 597
- 15.14 Diseño robusto de parámetros de Taguchi 599
- Ejercicios de repaso 607

viii Contenido

## 16 Estadística no paramétrica 609

- 16.1 Pruebas no paramétricas 609
- 16.2 Prueba de signo 610
- 16.3 Prueba de rango con signo 614
- 16.4 Prueba de la suma de rangos 620
- 16.5 Prueba de Kruskal Wallis 623
- 16.6 Pruebas de corridas 625
- 16.7 Límites de tolerancia 629
- 16.8 Coeficiente de correlación de rango 630
- Ejercicios de repaso 634

## 17 Control estadístico de calidad 635

- 17.1 Introducción 635
- 17.2 Naturaleza de los límites de control 637
- 17.3 Propósitos de la gráfica de control 637
- 17.4 Gráficas de control para variables 638
- 17.5 Gráficas de control para atributos 653
- 17.6 Gráficas de control de cusum 660
- Ejercicios de repaso 664

Bibliografía 667

Apéndice: Tablas estadísticas 671

Respuesta a ejercicios con número impar 723

Índice 737