

**INDICE DEL TESTO****Prefazione, I****Introduzione, 1****Capitolo I - Nozioni di calcolo combinatorio**

1. Premessa, 7
2. Permutazioni, 8
3. Permutazioni con oggetti uguali, 9
4. Disposizioni, 10
5. Combinazioni, 12
6. Riepilogo delle principali regole del calcolo combinatorio, 14

**Capitolo II - Nozioni di calcolo delle probabilità**

1. Definizione, 17
2. Legge additiva e probabilità totale, 21
3. Eventi composti, 22
4. Legge moltiplicativa e probabilità composte, 23
5. Probabilità condizionata, 26
6. Speranza matematica, 27
7. Prove ripetute, 28
8. Riepilogo delle formule probabilistiche più utili, 32
9. Applicazioni, 33

**Capitolo III - Elementi di statistica descrittiva**

1. Aspetti introduttivi, 43
2. Tipi di dati e scale di misurazione, 44
  - 2.1 La scala nominale o classificatoria, 45
  - 2.2 La scala ordinale o per ranghi, 46
  - 2.3 La scala ad intervalli, 47
  - 2.4 La scala di rapporti, 48
3. Classificazione in tabelle, 49
4. Rappresentazioni grafiche di distribuzioni univariate, 56
5. Elementi caratteristici descrittivi di una distribuzione statistica, 67

- 5.1 Le misure di tendenza centrale e di posizione, 68
- 5.2 Le misure di dispersione o variabilità, 83
- 5.3 Momenti di una distribuzione, 89
- 5.4 Misure della forma di una distribuzione, 98
6. Rappresentazione semigrafica degli indici delle distribuzioni, 103

**Capitolo IV - Principali distribuzioni teoriche**

1. Distribuzioni continue e discontinue, 109

**A. DISTRIBUZIONI DISCRETE**

2. Definizione della distribuzione binomiale, 112
  - 2.1 Aspetti generali, 112
  - 2.2 Momenti della distribuzione binomiale, 115
3. Distribuzione multinomiale, 121
4. Distribuzione di Poisson, 122
  - 4.1 Formulazione della poissoniana, 122
  - 4.2 La poissoniana come approssimazione della binomiale, 123
  - 4.3 Momenti della distribuzione di Poisson, 125
  - 4.4 Forma generale del poligono di Poisson, 128
5. Distribuzione ipergeometrica, 130
6. Distribuzione binomiale negativa o di Pascal, 132
7. Distribuzione uniforme, 134

**B. PRINCIPALI DISTRIBUZIONI CONTINUE**

8. La distribuzione normale o di Gauss, 135
  - 8.1 La normale come approssimazione della binomiale, 137
  - 8.2 Alcune proprietà della curva normale, 139
  - 8.3 Momenti della distribuzione normale, 144
  - 8.4 Adattamento della distribuzione normale a dati empirici, 147
9. Distribuzione rettangolare, 152
10. Distribuzione esponenziale negativa, 152
11. Le curve di Pearson, 153
12. La distribuzione Gamma, 154
13. La distribuzione Beta, 155
14. La distribuzione Chi-quadrato, 155
15. La distribuzione F di Fisher, 158
16. La distribuzione t di Student, 158

**Capitolo V - Rappresentazione analitica delle variabili statistiche**

1. Fasi della rappresentazione analitica, 161
2. Metodo delle ordinate fisse, 170
3. Metodo dei minimi quadrati, 174
4. Metodo della massima verosimiglianza, 180
5. Metodo delle somme, 183
6. Metodo delle aree o di Cantelli, 185

7. Metodo dei momenti, 187
8. Accorgimenti per i sistemi di equazioni simultanee, 189
9. Stima dei parametri per equazioni sottoidentificate, 194
10. Stima dei parametri di equazioni esattamente identificate, 199
11. Stima dei parametri di equazioni sovraidentificate, 205

### Capitolo VI - Inferenza statistica

1. Cosa si intende per inferenza statistica, 213
2. Uso della statistica per le decisioni: l'ipotesi statistica, 215
3. Errore  $\alpha$  o del I tipo (rigettare per falsa un'ipotesi vera), 217
4. Errore  $\beta$  o del II tipo (accettare per vera un'ipotesi falsa), 221
5. Verifica di una ipotesi statistica, 224
6. Effetto delle variazioni di  $\alpha$  sulla regione critica e su  $\beta$ , 224
7. Effetto delle variazioni di  $n$  sulla regione critica, 229
8. Effetto delle variazioni di  $\alpha$  e di  $n$  su  $\beta$ , 231
9. Dipendenza di  $\beta$  dall'alternativa considerata, 232
10. Test ad una coda, 233
11. Verifica delle ipotesi in una popolazione dicotomica, 235

### Capitolo VII - Attendibilità delle statistiche campionarie

1. Distribuzione della media campionaria, 237
  - 1.1 Campioni estratti da una popolazione finita, 238
  - 1.2 Campioni estratti da una popolazione infinita, 240
2. Tecnica di stima nei grandi campioni, 242
  - 2.1 Attendibilità della media nei g.c., 242
  - 2.2 Significatività della differenza tra due medie nei g.c., 244
  - 2.3 Accoppiamento delle osservazioni, 253
  - 2.4 Significatività della differenza tra percentuali nei g.c., 257
  - 2.5 Distribuzione della deviazione standard nei g.c., 258
  - 2.6 Differenza tra due deviazioni standard nei g.c., 259
3. Tecnica di stima nei piccoli campioni, 261
  - 3.1 Attendibilità della media nei p.c.(t di Student), 261
  - 3.2 Limiti di confidenza della media nei p.c., 263
  - 3.3 Significatività della differenza tra due medie nei p.c., 264
  - 3.4 L'errore standard di  $s$  nei p.c., 266

### Capitolo VIII - Analisi della varianza

1. Confronto simultaneo di più valori medi, 269
2. Scomposizione della varianza, 270
3. Il rapporto tra varianze, 273
4. Test di omogeneità di un gruppo di  $k$  medie, 274
5. Comparazione delle medie due a due, 280
6. Altro metodo di verifica dell'omogeneità di un gruppo di medie, 281

7. Studio simultaneo di due fattori A e B che hanno diverse modalità, 282
8. Studio simultaneo di tre fattori: metodo dei quadrati latini, 286
9. Confronto simultaneo di più varianze, 290
  - 9.1 Criterio di verosimiglianza di Neyman e Pearson, 291
  - 9.2 Test di omogeneità di Bartlett, 293

### Capitolo IX - Regressione e Correlazione

1. Diagramma di dispersione, 297
2. Modello lineare in due variabili, 299
  - 2.1 Stima dei coefficienti di regressione, 299
  - 2.2 Proprietà delle stime dei minimi quadrati, 304
  - 2.3 Significatività delle stime dei parametri, 311
3. Correlazione, 313
  - 3.1 Coefficiente di correlazione semplice, 313
  - 3.2 Equazioni di regressione, 317
  - 3.3 Attendibilità del coefficiente di correlazione, 321
  - 3.4 Coefficiente di determinazione semplice, 324
4. Il rapporto di correlazione, 325
  - 4.1 Definizione, 325
  - 4.2 Attendibilità del rapporto di correlazione, 328
5. Revisione delle ipotesi del modello di base, 330
  - 5.1 Eteroscedasticità, 330
  - 5.2 Autocorrelazione, 331
  - 5.3 Errori in ambedue le variabili, 333
6. Modello lineare in più variabili: la regressione multipla, 341
  - 6.1 Determinazione delle stime dei parametri, 341
  - 6.2 La correlazione multipla, 344
  - 6.3 La correlazione parziale, 349
  - 6.4 Osservazioni sull'uso del coefficiente di correlazione, 351
  - 6.5 Correlazione seriale, multicollinearità e ritardi, 352

### Capitolo X- Confronti tra distribuzioni

1. Confronto tra le distribuzioni osservata e teorica o attesa, 359
2. Condizioni di validità del  $\chi^2$  e correzione di Yates, 364
3. Il metodo di Kolmogorov-Smirnov per un campione, 367
4. Associazione di caratteri, 370
5. La tabella di contingenza  $2 \times 2$  ed il test  $\chi^2$  di Pizzetti-Pearson, 371
6. Confronti tra frequenze relative con la distribuzione normale, 380
7. Confronto tra test  $\chi^2$  per tabelle  $2 \times 2$  e test  $z$  per percentuali, 389
8. Confronto di una proporzione osservata con una attesa, 393
9. Tabelle di contingenza  $2 \times 2$  in piccoli campioni, 397
10. Tavole di contingenza in generale, 403
11. Le tabelle  $M \times N$  con pochi dati: il log-likelihood ratio o metodo G, 415
12. Test  $\chi^2$  per determinare la "bontà dell'adattamento", 419
13. Confronto tra distribuzioni osservate, 421

14. Altre applicazioni della distribuzione  $\chi^2$ , 429
  - 14.1 Eterogeneità tra proporzioni campionarie, 429
  - 14.2 Distribuzioni territoriali casuali, aggregate e uniformi, 431
15. Esercizi svolti per dati in tabelle di contingenza, 436

### Capitolo XI - Metodi non parametrici per uno o per due campioni

1. Caratteristiche dei test non parametrici, 441
2. Test per un campione, 447
  - 2.1 Il test delle successioni per un campione, 448
  - 2.2 Il test dei segni per ranghi di Wilcoxon, 457
3. Test per due campioni dipendenti o per dati appaiati, 463
  - 3.1 Il test di McNemar, 464
  - 3.2 Il test dei segni, 469
  - 3.3 Il test T di Wilcoxon, 474
  - 3.4 Test di casualizzazione per due campioni dipendenti, 480
4. Test per due campioni indipendenti, 488
  - 4.1 Test della mediana e il test di Westenberg-Mood, 489
  - 4.2 Test di Wilcoxon-Mann-Whitney della somma dei ranghi, 493
  - 4.3 Test U di Mann-Whitney o dell'ordine robusto dei ranghi, 499
  - 4.4 Cenni del test S di Kendall e rapporti con T ed U, 505
  - 4.5 Test di permutazione per due campioni indipendenti, 507
  - 4.6 Test delle successioni per due campioni (Wald-Wolfowitz), 514
  - 4.7 Test dei ranghi equivalenti per differenze nella dispersione, 521

### Capitolo XII - Test non parametrici per più campioni

1. Test non parametrici analoghi all'ANOVA, 529
2. Estensione del test della mediana, 531
3. Cenni sul test di Nemenyi, 534
4. ANOVAR ad un criterio di classificazione (Kruskal-Wallis), 536
5. Confronti multipli nell'ANOVAR, con k campioni indipendenti, 543
6. Il test Q di Cochran, 548
7. ANOVAR. a due criteri di classificazione: test di Friedman, 553
8. Correzione per valori identici o ranghi ripetuti (ties), 559
9. Confronti multipli tra medie di ranghi nell'ANOVA non parametrica a due criteri di classificazione, 562

### Capitolo XIII- Misure di tendenza, associazione e correlazione non parametrica

1. Introduzione, 565
2. Test di Cox e Stuart, 566
3. Test di Jonckheere per alternative ordinate in k campioni indipendenti, 569
4. Test di Page per alternative ordinate, 578
5. Alcune misure d'associazione e di correlazione non parametrica, secondo il tipo di scala, 585

6. Il  $\Phi$  e il C di Pearson, il V di Cramér, il  $D_T$  di Tschuprow, 587
7. Il cross-product ratio (CPR), 591
8. La PRE, il  $\lambda$  (lambda) simmetrico ed asimmetrico di Goodman e Kruskal, 593
9. Stima dell'accordo con scala nominal: il Kappa di Cohen, 596
10. La correlazione non parametrica  $\rho$  (rho) di Spearman; distribuzione di Hotelling-Pabst e test di Daniels, 599
11. Il coefficiente di correlazione  $\tau$  (tau) di Kendall, con  $\tau_a$  e  $\tau_b$ . Il  $\chi^2$  di Mantel-Haenszel, 607
12. Il coefficiente di correlazione parziale  $\tau$  (tau) di Kendall, 615
13. Cenni su misure di concordanza tra più valutatori: la W, la u e la  $\tau_c$  di Kendall, la G (gamma) di Goodman e Kruskal, la d di Somers, 621
14. Misure per dati d'intervallo con classi costanti: il coefficiente di correlazione r di Pearson ed il coefficiente  $\eta$  (eta), 627
15. Odds ratio: Rapporto di probabilità o tra rischi, 627
16. Cenni sulla regressione lineare non parametrica, 630
17. Osservazioni sulla lettura dei tabulati di un pacchetto statistico, 631

### INDICE DELL'APPENDICE STATISTICA

Tabella 1.a	- Aree in una coda della curva normale standardizzata, 637
Tabella 1.b	- Valori della distribuzione normale standardizzata, 638
Tabella 1.c	- Valori dell'integrale di probabilità della distribuzione normale standardizzata, 639
Tabella 1.d	- Area nelle due code della distribuzione normale standardizzata, 640
Tabella 2.a	- Percentili della distribuzione t di Student con n g.d.l., 641
Tabella 2.b	- Valori critici della distribuzione t di Student per un test bilaterale, 642
Tabella 2.c.1	- Valori critici della distribuzione t di Student per un test unilaterale (per g.d.l. da 1 a 54), 643
Tabella 2.c.2	- Valori critici della distribuzione t di Student per un test unilaterale (per g.d.l. oltre 54), 644
Tabella 2.d	- Confronto dei valori critici della distribuzione t tra un test bilaterale e un test unilaterale, 645
Tabella 3.a	-Percentili della distribuzione $\chi^2$ con n g.d.l., 646
Tabella 3.b.1	- Valori critici della distribuzione $\chi^2$ (con g.d.l., da 1 a 30), 647
Tabella 3.b.2	- Valori critici della distribuzione $\chi^2$ (con g.d.l., da 31 a 60), 648
Tabella 4.a	- Punti critici della distribuzione F al 5%, 649
Tabella 4.b	- Punti critici della distribuzione F all'1%, 650
Tabella 5	- Valori critici di D nel test di Kolmogorov-Smirnov per un campione, 651
Tabella 6 a	- Valori critici nel test, ad una coda, di Kolmogorov-Smirnov per 2 campioni indipendenti ( $\alpha$ 0,10), 652
Tabella 6 b	- Valori critici nel test, ad una coda, di Kolmogorov-Smirnov per 2 campioni indipendenti ( $\alpha$ 0,05), 652
Tabella 6 c	- Valori critici nel test, ad una coda, di Kolmogorov-Smirnov per 2 campioni indipendenti ( $\alpha$ 0,01), 653
Tabella 7 a	- Valori critici nel test, a due code, di Kolmogorov-Smirnov per 2 campioni indipendenti ( $\alpha$ 0,10), 653
Tabella 7 b	- Valori critici nel test, a due code, di Kolmogorov-Smirnov per 2 campioni indipendenti ( $\alpha$ 0,05), 654
Tabella 7 c	- Valori critici nel test, a due code, di Kolmogorov-Smirnov per 2 campioni indipendenti ( $\alpha$ 0,01), 654

Tabella 8	- Punti critici del test di Durbin-Watson per l'autocorrelazione, 655
Tabella 9.a.1	- Valori critici nel test delle successioni alla probabilità 0,05 per test a due code (minimi significativi), 656
Tabella 9.a.2	- Valori critici nel test delle successioni alla probabilità 0,05 per test a due code (massimi significativi), 657
Tabella 9.b.1	- Valori critici nel test delle successioni alla probabilità 0,05 per test a una coda (minimi significativi), 658
Tabella 9.b.2	- Valori critici nel test delle successioni alla probabilità 0,01 per test a una coda (minimi significativi), 659
Tabella 10	- Valori critici di T nel test di Wilcoxon per un campione e per due campioni dipendenti, 660
Tabella 11	- Valori critici del test T di Wilcoxon per 2 campioni dipendenti, 661
Tabella 12	- Valori critici di T del test di Wilcoxon-Mann-Whitney per 2 campioni indipendenti alla probabilità $\alpha \leq 0.05$ per test ad una coda, 662
Tabella 13	- Valori critici di U del test Mann-Whitney per 2 campioni indipendenti alla probabilità $\alpha \leq 0.05$ , 663
Tabella 14.a	- Valori critici nel test delle successioni per due campioni indipendenti di Wald-Wolfowitz alla probabilità 0,05, 664
Tabella 14.b	- Valori critici nel test delle successioni per due campioni indipendenti di Wald-Wolfowitz alla probabilità 0,01, 664
Tabella 15	- Valori critici di g (o KW) del test di Kruskal-Wallis, per confronti fra 3 campioni con un numero ridotto di osservazioni ( $\leq 5$ ), 665
Tabella 16	- Valori critici di Fr del test di Friedman per l'analisi della varianza non parametrica a due caratteri in piccoli campioni, 666
Tabella 17.a	-Valori critici di J nel test di Jonckheere per 3 gruppi con osservazioni da 3 a 8 (prima parte), 667
Tabella 17.b	-Valori critici di J nel test di Jonckheere per 3 gruppi con osservazioni da 4 a 8 e da 5 a 8 (seconda parte), 668
Tabella 17.c	-Valori critici di J nel test di Jonckheere da 3 a 6 gruppi con osservazioni da 2 a 5 (terza parte), 669
Tabella 18 a	- Valori critici di L per il test di Page (k da 3 a 5), 670
Tabella 18 b	- Valori critici di L per il test di Page (k da 6 a 8), 671
Tabella 18 c	- Valori critici di L per il test di Page (k da 9 a 10), 671
Tabella 19	- Valori critici del coefficiente $\rho$ di Spearman per test a 1 coda e test a 2 code, 672
Tabella 20	- Valori critici del coefficiente di correlazione semplice $\tau$ di Kendall per test a 1 coda e a 2 code, 673

Tabella 21 - Valori critici del coefficiente di correlazione parziale  $\tau_{xy,z}$  di Kendall per test a 1 coda e a 2 code, 674