

**alexander m. mood
franklin a. graybill
duane c. boes**

**Introduzione
alla statistica**

McGraw-Hill Libri Italia srl

Milano • New York • St. Louis • San Francisco • Oklahoma City • Auckland
Bruxelles • Copenaghen • Hamburg • Lisbon • London • Madrid • Montreal • New Delhi
Parigi • San Juan • São Paulo • Singapore • Sydney • Tokyo • Toronto

Indice

Presentazione dell'edizione italiana 11

Prefazione alla terza edizione 13

Capitolo 1 Probabilità 15

- 1.1 Introduzione 15
- 1.2 Concetto di probabilità 16
 - 1.2.1 Introduzione 16
 - 1.2.2 Probabilità classica 16
 - 1.2.3 Probabilità frequentista 19
- 1.3 Definizione assiomatica di probabilità 21
 - 1.3.1 Modelli di probabilità 21
 - 1.3.2 Una parentesi: la teoria degli insiemi 22
 - 1.3.3 Definizioni di spazio campionario e di evento 27
 - 1.3.4 Definizione di probabilità 31
 - 1.3.5 Spazi campionari finiti 37
 - 1.3.6 Probabilità condizionata e indipendenza 44
 - Esercizi 54

Capitolo 2 Variabili casuali, funzioni di ripartizione e valore atteso 63

- 2.1 Introduzione 63
- 2.2 Variabile casuale e funzione di ripartizione 64
 - 2.2.1 Introduzione 64
 - 2.2.2 Definizioni 64
- 2.3 Funzioni di densità 68
 - 2.3.1 Variabili casuali discrete 68
 - 2.3.2 Variabili casuali continue 71
 - 2.3.3 Altre variabili casuali 73
- 2.4 Valori attesi e momenti 75
 - 2.4.1 Media 75
 - 2.4.2 Varianza 77

- 2.4.3 Valore atteso di una funzione di una variabile casuale 79
- 2.4.4 Disuguaglianza di Tchebycheff 81
- 2.4.5 Disuguaglianza di Jensen 82
- 2.4.6 Momenti e funzione generatrice dei momenti 83
- Esercizi 91

Capitolo 3 Particolari famiglie parametriche di distribuzioni unidimensionali 95

- 3.1 Introduzione 95
- 3.2 Distribuzioni discrete 95
 - 3.2.1 Distribuzione uniforme discreta 96
 - 3.2.2 Distribuzione di Bernoulli e distribuzione binomiale 97
 - 3.2.3 Distribuzione ipergeometrica 100
 - 3.2.4 Distribuzione di Poisson 102
 - 3.2.5 Distribuzione geometrica e binomiale negativa 108
 - 3.2.6 Altre distribuzioni discrete 113
- 3.3 Distribuzioni continue 115
 - 3.3.1 Distribuzione uniforme o rettangolare 115
 - 3.3.2 Distribuzione normale 117
 - 3.3.3 Distribuzioni gamma ed esponenziali 121
 - 3.3.4 Distribuzione beta 124
 - 3.3.5 Altre distribuzioni continue 126
- 3.4 Commenti 129
 - 3.4.1 Approssimazioni 129
 - 3.4.2 Relazione fra esponenziale e Poissoniana 131
 - 3.4.3 Mistura di distribuzioni e distribuzioni troncate 132
- Esercizi 134

**Capitolo 4 Distribuzioni congiunte e condizionate, indipendenza stocastica
e valore atteso 139**

- 4.1 Introduzione 139
- 4.2 Funzioni di ripartizione congiunte 139
 - 4.2.1 Funzione di ripartizione 140
 - 4.2.2 Funzioni di densità congiunte per variabili casuali discrete 143
 - 4.2.3 Funzioni di densità congiunte per variabili casuali continue 148
- 4.3 Distribuzioni condizionate e indipendenza stocastica 153
 - 4.3.1 Funzioni di ripartizione condizionate per variabili casuali discrete 153
 - 4.3.2 Funzioni di ripartizione condizionate per variabili casuali continue 155
 - 4.3.3 Ancora sulle funzioni di ripartizione condizionate 157
 - 4.3.4 Indipendenza 159
- 4.4 Valore atteso 162
 - 4.4.1 Definizione 162
 - 4.4.2 Covarianza e coefficiente di correlazione 164
 - 4.4.3 Valori attesi condizionati 166
 - 4.4.4 Momenti misti e funzione generatrice dei momenti congiunta 168

4.4.5	Indipendenza e valore atteso	169
4.4.6	Disuguaglianza di Cauchy-Schwarz	171
4.5	Distribuzione normale bidimensionale	171
4.5.1	Funzione di densità	171
4.5.2	Funzione generatrice dei momenti e momenti	173
4.5.3	Densità marginali e condizionate	176
	Esercizi	178
Capitolo 5 Distribuzioni di funzioni di variabili casuali 185		
5.1	Introduzione	185
5.2	Valori attesi di funzioni di variabili casuali	186
5.2.1	Due metodi per ottenere il valore atteso	186
5.2.2	Somma di variabili casuali	187
5.2.3	Prodotto e quoziente	189
5.3	Metodo della funzione di ripartizione	191
5.3.1	Descrizione del metodo	191
5.3.2	Distribuzione del minimo e del massimo	192
5.3.3	Distribuzione della somma e della differenza di due variabili	194
5.3.4	Distribuzione del prodotto e del quoziente	196
5.4	Metodo della funzione generatrice dei momenti	198
5.4.1	Descrizione del metodo	198
5.4.2	Distribuzione della somma di variabili casuali indipendenti	201
5.5	La trasformazione $Y = g(X)$	207
5.5.1	La distribuzione di $Y = g(X)$	207
5.5.2	Trasformazione integrale di probabilità	210
5.6	Trasformazioni	211
5.6.1	Variabili casuali discrete	212
5.6.2	Variabili casuali continue	212
	Esercizi	220
Capitolo 6 Campionamento e distribuzioni campionarie 227		
6.1	Introduzione	227
6.2	Campionamento	228
6.2.1	Inferenza induttiva	228
6.2.2	Popolazioni e campioni	230
6.2.3	Distribuzione campionaria	232
6.2.4	Statistiche e momenti campionari	233
6.3	Media campionaria	238
6.3.1	Media e varianza	238
6.3.2	Legge dei grandi numeri	239
6.3.3	Teorema limite centrale	241
6.3.4	Distribuzioni di Bernoulli e di Poisson	243
6.3.5	Distribuzione esponenziale	244
6.3.6	Distribuzione uniforme	245
6.3.7	Distribuzione di Cauchy	246

- 6.4 Campionamento da distribuzioni normali 247
 - 6.4.1 Il ruolo della distribuzione normale nella statistica 247
 - 6.4.2 Media campionaria 248
 - 6.4.3 Distribuzione chi-quadrato 248
 - 6.4.4 Distribuzione F 253
 - 6.4.5 Distribuzione t di Student 256
 - 6.5 Statistiche d'ordine 258
 - 6.5.1 Definizione e distribuzioni 258
 - 6.5.2 Distribuzione di funzioni delle statistiche d'ordine 261
 - 6.5.3 Distribuzioni asintotiche 263
 - 6.5.4 Funzione di ripartizione campionaria 271
 - Esercizi 272
- Capitolo 7 Stima puntuale di parametri 279**
- 7.1 Introduzione 279
 - 7.2 Metodi di ricerca degli stimatori 280
 - 7.2.1 Metodo dei momenti 281
 - 7.2.2 Massima verosimiglianza 283
 - 7.2.3 Altri metodi 293
 - 7.3 Proprietà degli stimatori puntuali 295
 - 7.3.1 Accuratezza 296
 - 7.3.2 Errore quadratico medio 298
 - 7.3.3 Consistenza e BAN 301
 - 7.3.4 Funzioni di perdita e di rischio 303
 - 7.4 Sufficienza 306
 - 7.4.1 Statistiche sufficienti 306
 - 7.4.2 Criterio di fattorizzazione 313
 - 7.4.3 Statistiche sufficienti minimali 317
 - 7.4.4 Famiglia esponenziale 318
 - 7.5 Stimatori non distorti 320
 - 7.5.1 Limite inferiore della varianza 321
 - 7.5.2 Sufficienza e completezza 326
 - 7.6 Invarianza rispetto alla posizione e al fattore di scala 336
 - 7.6.1 Invarianza rispetto alla posizione 337
 - 7.6.2 Invarianza rispetto al fattore di scala 341
 - 7.7 Stimatori di Bayes 343
 - 7.7.1 Distribuzione finale 344
 - 7.7.2 Metodo della funzione di perdita 348
 - 7.7.3 Stimatore minimax 354
 - 7.8 Vettore di parametri 355
 - 7.9 Proprietà ottimali degli stimatori di massima verosimiglianza 361
 - Esercizi 363

Capitolo 8 Stima per intervalli di parametri 375

- 8.1 Introduzione 375
- 8.2 Intervalli di confidenza 376

8.2.1	Introduzione agli intervalli di confidenza	376
8.2.2	Definizione di intervallo di confidenza	379
8.2.3	Quantità pivotale	381
8.3	Campionamento dalla distribuzione normale	383
8.3.1	Intervallo di confidenza per la media	383
8.3.2	Intervallo di confidenza per la varianza	384
8.3.3	Regione di confidenza simultanea per la media e la varianza	386
8.3.4	Intervallo di confidenza per la differenza delle medie	388
8.4	Metodi per la ricerca di intervalli di confidenza	390
8.4.1	Metodo della quantità pivotale	390
8.4.2	Metodo statistico	392
8.5	Intervalli di confidenza per grandi campioni	396
8.6	Stime bayesiane per intervalli	399
	Esercizi	400

Capitolo 9 Verifica di ipotesi 403

9.1	Introduzione	403
9.2	Ipotesi semplici e ipotesi alternative semplici	410
9.2.1	Introduzione	410
9.2.2	Test più potenti	412
9.2.3	Funzione di perdita	416
9.3	Ipotesi composte	420
9.3.1	Test del rapporto di verosimiglianza generalizzato	420
9.3.2	Test uniformemente più potenti	422
9.3.3	Test non distorti	426
9.3.4	Metodi per la determinazione dei test	426
9.4	Verifica di ipotesi-campionamento dalla distribuzione normale	429
9.4.1	Test sulla media	429
9.4.2	Test sulla varianza	432
9.4.3	Test su più medie	433
9.4.4	Test su più varianze	438
9.5	Test chi-quadrato	441
9.5.1	Distribuzione asintotica del rapporto di verosimiglianza generalizzato	441
9.5.2	Test chi-quadrato di adattamento	443
9.5.3	Test di uguaglianza di due distribuzioni multinomiali e generalizzazioni	448
9.5.4	Test di indipendenza nelle tabelle di contingenza	452
9.6	Verifica di ipotesi e intervalli di confidenza	461
9.7	Test sequenziali	464
9.7.1	Introduzione	464
9.7.2	Definizione del test del rapporto di probabilità sequenziale	466
9.7.3	Test del rapporto di probabilità sequenziale approssimato	468
9.7.4	Valore atteso approssimato dell'ampiezza campionaria per il test del rapporto di probabilità sequenziale	469
	Esercizi	472

Capitolo 10 Modelli lineari 481

- 10.1 Introduzione 481
- 10.2 Esempi di modello lineare 481
- 10.3 Definizione di modello lineare 483
- 10.4 Stima puntuale: Caso A 485
- 10.5 Intervalli di confidenza: Caso A 490
- 10.6 Verifica di ipotesi: Caso A 493
- 10.7 Stima puntuale: Caso B 497
- Esercizi 501

Capitolo 11 Metodi non parametrici 503

- 11.1 Introduzione 503
- 11.2 Inferenze riguardanti la funzione di ripartizione 505
 - 11.2.1 Funzione di ripartizione empirica o campionaria 505
 - 11.2.2 Test di adattamento di Kolmogorov-Smirnov 507
 - 11.2.3 Fasce di confidenza per la funzione di ripartizione 510
- 11.3 Inferenza riguardante i quantili 511
 - 11.3.1 Stime puntuali e stime per intervalli di un quantile 511
 - 11.3.2 Verifiche di ipotesi riguardanti i quantili 513
- 11.4 Limiti di tolleranza 514
- 11.5 Uguaglianza di due distribuzioni 517
 - 11.5.1 Introduzione 517
 - 11.5.2 Test del segno per due campioni 517
 - 11.5.3 Test delle sequenze 518
 - 11.5.4 Test della mediana 520
 - 11.5.5 Test della somma dei ranghi 521
- Esercizi 523

Appendice A Appendice matematica 527

- A.1 Introduzione 527
- A.2 Calcolo combinatorio 527
 - A.2.1 Notazione di sommatoria e di produttoria 527
 - A.2.2 Simbolo combinatorio e fattoriale e convenzioni 528
 - A.2.3 Formula di Stirling 530
 - A.2.4 Teorema binomiale e multinomiale 530
- A.3 Analisi matematica 531
 - A.3.1 Preliminari 531
 - A.3.2 Serie di Taylor 532
 - A.3.3 Funzione beta e funzione gamma 534

Appendice B Tabella riassuntiva delle famiglie parametriche di funzioni di ripartizione 535

Appendice C Bibliografia 543

Appendice D Tabelle 547

Indice analitico 557