

# Indice

<b>Premessa</b>	1
<b>1 Analisi esplorative (grafici e sintesi)</b>	7
1.1 Caso di studio . . . . .	7
1.1.1 Distribuzioni di frequenza . . . . .	8
1.1.2 Rappresentazioni grafiche . . . . .	11
1.1.3 Statistiche di sintesi . . . . .	18
1.1.4 Forma della distribuzione . . . . .	23
1.2 Conclusioni . . . . .	24
1.3 Provate voi . . . . .	25
<b>2 Test di adattamento (alla normalità)</b>	27
2.1 Caso di studio . . . . .	27
2.1.1 Verifica grafica della normalità . . . . .	29
2.1.2 Test di normalità . . . . .	33
2.1.3 Trasformazione di Box-Cox . . . . .	38
2.2 Conclusioni . . . . .	41
2.3 Qualche richiamo sui test statistici . . . . .	41
2.4 Provate voi . . . . .	44
<b>3 Test parametrici (e non solo)</b>	45
3.1 Caso di studio . . . . .	45
3.1.1 Test sui parametri di una distribuzione normale . . . . .	47
3.2 Caso di studio . . . . .	50
3.2.1 Test sui parametri di due popolazioni normali . . . . .	52
3.2.2 Test su una proporzione . . . . .	56
3.3 Caso di studio . . . . .	58
3.3.1 Test per dati appaiati . . . . .	59
3.4 Caso di Studio . . . . .	61
3.4.1 Test sulla media di una popolazione . . . . .	63

3.4.2	Test sulle medie di due popolazioni . . . . .	64
3.5	Caso di studio . . . . .	66
3.5.1	Test su due proporzioni . . . . .	67
3.5.2	Test Chi-quadrato di Pearson . . . . .	68
3.6	Caso di studio . . . . .	71
3.7	Caso di studio . . . . .	73
3.8	Conclusioni . . . . .	74
3.9	Un po' di richiami . . . . .	75
3.9.1	Proprietà inferenziali delle medie campionarie . . . . .	75
3.9.2	Verosimiglianza . . . . .	76
3.10	Provate voi . . . . .	78
<b>4</b>	<b>Test non parametrici (basati sui ranghi)</b>	<b>81</b>
4.1	Caso di studio . . . . .	81
4.1.1	Ranghi . . . . .	83
4.1.2	Test di Wilcoxon (o test dei ranghi con segno) . . . . .	84
4.1.3	Test di Mann-Whitney . . . . .	86
4.2	Caso di studio . . . . .	90
4.3	Caso di studio . . . . .	93
4.4	Conclusioni . . . . .	96
4.5	Provate voi . . . . .	97
<b>5</b>	<b>Confronti tra diversi gruppi (ANOVA)</b>	<b>99</b>
5.1	Caso di studio . . . . .	99
5.1.1	Perché non è possibile effettuare un test con due cam- pioni per ogni coppia . . . . .	100
5.1.2	Analisi della varianza a una via . . . . .	101
5.1.3	Il test non parametrico di Kruskal-Wallis . . . . .	111
5.2	Caso di studio . . . . .	113
5.2.1	Analisi post-hoc . . . . .	115
5.3	Conclusioni . . . . .	118
5.4	Provate voi . . . . .	119
<b>6</b>	<b>ANOVA a misure ripetute (entro-<i>within</i>)</b>	<b>121</b>
6.1	Caso di studio . . . . .	121
6.1.1	L'ANOVA a misure ripetute . . . . .	122
6.1.2	Test non parametrico di Friedman . . . . .	134
6.2	Conclusioni . . . . .	136
6.3	Provate voi . . . . .	137

---

<b>7</b>	<b>La curva ROC (sensibilità e specificità)</b>	139
7.1	Caso di studio . . . . .	139
7.1.1	Il grafico di Bland-Altman . . . . .	142
7.1.2	La matrice di confusione . . . . .	147
7.1.3	La curva ROC . . . . .	152
7.1.4	L'area sottesa alla curva ROC: AUC . . . . .	153
7.2	Caso di studio . . . . .	158
7.2.1	Scelta della soglia ottimale . . . . .	162
7.3	Conclusioni . . . . .	163
7.4	Un richiamo sul teorema di Bayes . . . . .	164
7.5	Provate voi . . . . .	168
<b>8</b>	<b>Regressione lineare (e ANCOVA)</b>	169
8.1	Caso di studio . . . . .	169
8.1.1	Il modello di regressione lineare . . . . .	174
8.1.2	Il modello ANCOVA . . . . .	176
8.1.3	Analisi dei residui . . . . .	181
8.2	Caso di studio . . . . .	183
8.2.1	Selezione delle variabili . . . . .	189
8.3	Conclusioni . . . . .	197
8.4	Provate voi . . . . .	197
<b>9</b>	<b>Regressione logistica (e GLM)</b>	199
9.1	Caso di studio . . . . .	199
9.1.1	La regressione logistica . . . . .	200
9.1.2	Modelli lineari generalizzati (GLM) . . . . .	202
9.1.3	La funzione glm di R . . . . .	204
9.1.4	Interpretazione dei coefficienti . . . . .	205
9.2	Caso di studio . . . . .	208
9.3	Caso di studio . . . . .	214
9.4	Caso di studio . . . . .	219
9.5	Conclusioni . . . . .	224
9.6	Un po' di richiami . . . . .	225
9.6.1	Inferenza basata sulla verosimiglianza nei GLM . . . . .	225
9.6.2	Analisi della devianza . . . . .	227
9.6.3	Analisi dei residui . . . . .	229
9.7	Provate voi . . . . .	230

---

<b>10 Modelli dose-risposta (non lineari)</b>	231
10.1 Caso di studio . . . . .	231
10.1.1 Modelli non lineari per test biologici . . . . .	232
10.1.2 La funzione media $\mu(x; \beta)$ . . . . .	233
10.1.3 Inferenza basata sulla verosimiglianza . . . . .	235
10.1.4 La funzione nls in R . . . . .	237
10.2 Caso di studio . . . . .	239
10.3 Caso di studio . . . . .	246
10.4 Conclusioni . . . . .	251
10.5 Provate voi . . . . .	252
<b>11 Sopravvivenza (e modello di Cox)</b>	255
11.1 Caso di studio . . . . .	255
11.1.1 Dati di sopravvivenza . . . . .	256
11.1.2 L'evento nel tempo . . . . .	260
11.1.3 Stima non parametrica della funzione di sopravvivenza .	260
11.1.4 Il log-rank test . . . . .	266
11.1.5 Il modello di Cox . . . . .	276
11.1.6 La funzione coxph . . . . .	278
11.1.7 Adeguatezza del modello . . . . .	280
11.2 Caso di studio . . . . .	283
11.3 Conclusioni . . . . .	289
11.4 Provate voi . . . . .	290
<b>Appendice: Tipi di studio e numerosità campionaria</b>	291
<b>Indice dei casi di studio</b>	311
<b>Riferimenti bibliografici</b>	313
<b>Indice Analitico</b>	323