

Indice

Premessa	5
1 Cenni storici delle misure	11
1.1 Il numero come misura	13
1.2 I primi campioni di lunghezza	15
1.3 Le misure di superficie	17
1.4 I campioni di volume e peso	18
1.5 La misura del tempo	21
1.6 Esigenza di un sistema universale	24
1.7 La nascita del sistema metrico	26
1.7.1 La determinazione della misura del meridiano	28
1.8 La misura di Eratostene del meridiano	31
2 Il Sistema Internazionale di Unità di Misura	33
2.1 L'evoluzione storica	33
2.1.1 Nuove unità e nascita del sistema CGS	34
2.1.2 La Convenzione del Metro e nascita del sistema MKS	35
2.1.3 L'introduzione delle grandezze elettriche	36
2.2 Il Sistema Internazionale di Unità di Misura SI	38
2.3 Le definizioni delle unità base	38
2.3.1 Massa	39
2.3.2 Lunghezza	40
2.3.3 Temperatura termodinamica	40
2.3.4 Intervallo di tempo	41
2.3.5 Intensità di corrente elettrica	42
2.3.6 Intensità luminosa	43
2.3.7 Ammontare di sostanza	43
2.4 Unità derivate	44
2.5 Unità non del Sistema Internazionale	44
2.6 Prefissi	44
2.7 Regole di scrittura	45
2.7.1 Disposizioni di legge	46
2.8 Nuovo Sistema Internazionale	46
2.8.1 Criticità del precedente SI	47

2.8.2	Le nuove definizioni per le unità base	48
3	Definizioni metrologiche	51
3.1	Storia della normativa	51
3.2	Definizioni metrologiche di base	53
3.3	Campioni di misura	54
3.4	I metodi di acquisizione	55
3.5	Metodi diretti e indiretti	57
3.6	Risultato della misurazione	58
3.7	Misure singole e ripetute	59
3.8	Errori di misura	60
3.9	Valore vero di una grandezza	61
3.10	Ripetibilità e riproducibilità	62
3.11	Accuratezza, giustezza e precisione	63
3.12	Strumenti di misura	64
3.13	Curva di risposta e taratura di uno strumento	67
3.14	Riferibilità	69
3.15	Sensibilità di uno strumento	70
3.16	Risoluzione di uno strumento	73
3.17	Caratteristiche metrologiche di uno strumento	77
4	Rappresentazione e analisi di dati di misura	81
4.1	Origini della statistica	82
4.2	Basi di statistica descrittiva	83
4.2.1	Frequenza dei dati	84
4.3	Visualizzazione di dati indipendenti	85
4.3.1	Istogramma di dati	86
4.3.2	Ottimizzazione della larghezza dei bin	89
4.3.3	Rappresentazione della frequenza cumulativa	89
4.4	Indici di posizione	91
4.4.1	Teoria dei centri di ordine r	94
4.4.2	Considerazioni sugli indici di posizione	94
4.5	Indici di dispersione	94
4.5.1	Omoscedasticità ed eteroscedasticità	96
4.6	Indici per dati raggruppati e trasformati	96
4.7	Forma della distribuzione	96
4.8	Visualizzazione di dati dipendenti	97
4.8.1	Grafici cartesiani	98
4.8.2	Grafici polari	100
4.9	Interpolazione e approssimazione	102
4.10	Metodi di interpolazione	103
4.10.1	Interpolazione lineare	103
4.10.2	Interpolazione spline cubica	104
4.11	Metodi di approssimazione	106
4.11.1	Approssimazione con smoothing spline	107

4.12	Correlazione di dati	107
4.13	Regressione lineare	111
4.13.1	Regressione lineare pesata	114
4.14	Regressione polinomiale	115
4.15	Metodi di linearizzazione	116
4.16	Modelli di regressione logistica	117
5	Probabilità e distribuzioni	125
5.1	Definizioni di probabilità	126
5.1.1	Probabilità soggettiva	127
5.1.2	Probabilità assiomatica	128
5.2	Teoremi di base	130
5.2.1	Teorema della probabilità totale	130
5.2.2	Teorema di Bayes	131
5.3	Probabilità a priori e posteriori	131
5.4	Variabili aleatorie	133
5.4.1	Probabilità per variabili aleatorie discrete	134
5.4.2	Probabilità per variabili aleatorie continue	134
5.5	Parametri di una distribuzione	135
5.5.1	Valor medio	135
5.5.2	Varianza e scarto quadratico medio	136
5.5.3	Disuguaglianza di Chebishev	137
5.6	Entropia	137
5.7	Distribuzioni di probabilità	138
5.7.1	Distribuzione discreta uniforme	138
5.7.2	Distribuzione binomiale	139
5.7.3	Distribuzione di Poisson	141
5.7.4	Distribuzione continua uniforme	143
5.7.5	Distribuzione normale	143
5.8	Teoria dei campioni	147
5.8.1	Teoria del limite centrale	148
5.8.2	Distribuzione della media campionaria	149
5.8.3	Distribuzione della varianza campionaria	150
6	Stima dei parametri e test statistici	153
6.1	Intervalli di confidenza per la media	154
6.1.1	Intervallo di confidenza con varianza nota	155
6.1.2	Intervallo di confidenza con varianza incognita	157
6.1.3	Tabella degli intervalli di confidenza	158
6.2	Test di ipotesi	159
6.2.1	Tipi di errore	159
6.3	Test di ipotesi sulla media	163
6.3.1	Test di ipotesi sulla differenza della media	164
6.4	Test di adattamento χ^2	165
6.4.1	Tabella dei valori critici di χ^2	166

6.5	Test di adattamento di Kolmogorov-Smirnov	167
6.5.1	Tabella dei valori critici di Kolmogorov-Smirnov . . .	168
6.6	Test di indipendenza	170
6.7	Metodo della massima verosimiglianza	171
6.7.1	Metodo della massima verosimiglianza per pdf normali	173
6.8	Metodo Monte Carlo	175
6.9	Generatori di numeri (pseudo)casuali	178
6.9.1	Generatori di distribuzioni uniformi	179
6.9.2	Generatori di distribuzioni non uniformi	181
7	Rappresentazione e propagazione dell'incertezza	185
7.1	Fonti di incertezza	185
7.1.1	Metodi di misurazione diretti	185
7.1.2	Metodi di misurazione indiretti	186
7.2	Modello deterministico di stima dell'incertezza	187
7.2.1	Propagazione dell'incertezza	187
7.3	Modello probabilistico di stima dell'incertezza	189
7.3.1	Valutazione di categoria A dell'incertezza	190
7.3.2	Valutazione di categoria B dell'incertezza	191
7.3.3	Determinazione del fattore di copertura	192
7.4	Funzione di una variabile aleatoria	195
7.4.1	Lettura singola	196
7.4.2	Caso di funzioni di più variabili	197
7.4.3	Lecture ripetute	199
7.5	Propagazione della distribuzione di probabilità	201
7.5.1	Caso di variabili correlate	205
8	Qualità e prestazioni	209
8.1	Misure e qualità	209
8.1.1	Misura della qualità	211
8.1.2	Gestione e controllo della qualità	211
8.1.3	Affidabilità	211
8.2	Teoria della decisione	213
8.2.1	Teoria dell'utilità attesa	215
8.3	Processo inferenziale	216
8.3.1	Inferenza statistica	217
8.3.2	Inferenza fuzzy	218
8.4	Verifica di conformità	221
8.4.1	Quadro normativo	222
8.4.2	Rischio in zona di conformità	225
8.4.3	Calcolo dell'incertezza obiettivo	225
8.4.4	Metodo iterativo PUMA di verifica di conformità . . .	230
8.4.5	Enti metrologici in Italia	231
8.5	Valutazione statistica di prestazioni	233

8.5.1	Stima della potenza dissipata	234
8.5.2	Verifica della funzionalità	240
8.6	Ottimizzazione delle prestazioni	247
8.6.1	Tecniche di ottimizzazione	248
8.6.2	Ottimizzazione vincolata	252
8.6.3	Tecniche evolutive di ottimizzazione	255
8.6.4	Ottimizzazione della resa	257
Elenco delle figure		261
Indice delle definizioni		263
Lista delle citazioni		267
Indice dei nomi		270