

Renato Morbidelli, Corrado Corradini

**METODI QUANTITATIVI
PER LA GESTIONE OTTIMALE
DELLE ACQUE**

Morlacchi Editore *U.P.*

Prima edizione: Margiacchi Galeno Editrice 2011
Seconda edizione rivista e ampliata: Morlacchi Editore 2015
Terza edizione rivista e ampliata: Morlacchi Editore 2025

“Qualunque tipo di ricavo ottenuto dagli autori per la vendita di questo libro verrà devoluto al Comitato Umbria dell’AIRC (Associazione Italiana per la Ricerca sul Cancro)”

Progetto grafico di copertina: Elisa Vozzi

Isbn/Ean: 978-88-9392-539-6

Copyright © 2025 by Morlacchi Editore, Perugia. Tutti i diritti riservati.
È vietata la riproduzione, anche parziale, con qualsiasi mezzo effettuata, compresa la copia fotostatica, non autorizzata. Finito di stampare nel mese di marzo 2025 presso la tipografia Logo spa, Borgoricco (PD).
Mail to: redazione@morlacchilibri.com | www.morlacchilibri.com/universitypress

a Fabrizio

INDICE

PREMESSA	9
----------	---

1. IDROSISTEMI

1.1	Generalità	11
1.2	Stato di un idrosistema e sua trasformazione	12
1.3	Problemi da risolvere nella ingegneria degli idrosistemi	13
1.4	Alcuni esempi di idrosistema	15
1.5	Modello matematico da risolvere	20
1.6	Ottimizzazione e non-inferiorità	22
	Problemi	23
	Bibliografia	24

2. PROGRAMMAZIONE LINEARE

2.1	Forma standard	27
2.2	Forma canonica	29
2.3	Operazioni elementari per la riduzione di un modello LP a forma standard o a forma canonica	31
2.4	Soluzioni fattibili	32
2.5	Soluzioni ottimali	32
2.6	Combinazioni convesse nello spazio euclideo	32
2.7	Soluzioni fattibili di modelli LP nello spazio euclideo	34
2.8	Vertici di un poliedro convesso e punti interni	35
2.9	Soluzione ottimale di un modello LP e vertici	37
2.10	Individuazione dei vertici del poliedro convesso	38
2.11	Metodo del Pivot (o metodo Jordan) per la soluzione di sistemi lineari algebrici	39
2.12	Algoritmo del simplesso	41

2.13	Proprietà ulteriori usate nell'algoritmo del simplesso	44
2.14	Tabella del simplesso	45
2.15	Un semplice problema risolto con l'algoritmo del simplesso	46
	2.15.1 Formulazione del problema	46
	2.15.2 Definizione del modello matematico	47
	2.15.3 Riduzione del modello a forma standard	48
	2.15.4 Ricerca della soluzione di partenza	49
	2.15.5 Algoritmo del simplesso in forma tabellare	49
2.16	Determinazione di una soluzione di base ammissibile del problema dei vincoli associato al modello LP	52
2.17	Metodo del Big M	56
2.18	Interpretazione grafica del problemi di LP	57
2.19	Cenni sul concetto di dualità	58
2.20	Strumenti pratici per risolvere problemi di LP	59
	Problemi	60
	Bibliografia	76

3. PROGRAMMAZIONE DINAMICA

3.1	Premesse	79
3.2	La scomposizione di un problema in sottoproblemi	80
3.3	Determinazione della soluzione in forma tabellare	86
3.4	Ottimizzazione dei ricavi con gestione adattiva	93
3.5	Ottimizzazione dei ricavi con gestione stocastica	94
3.6	Modelli di ottimizzazione per riserva singola a scopi multipli	100
	Problemi	106
	Bibliografia	110

4. DERIVAZIONE DELLE ACQUE

4.1	Premesse	113
4.2	Serbatoi di regolazione	114
	4.2.1 Regolazione su base deterministica e su base stocastica	116
	4.2.2 Regolazione dei serbatoi con approccio deterministico	118
	4.2.2.1 Criteri di base per la regolazione dei serbatoi artificiali e soluzione richiesta	118
	4.2.2.2 Parametri fondamentali del regime dei serbatoi	119
4.2.3	Capacità di regolazione totale con portata di deflusso costante come obiettivo	122
4.2.4	Capacità di regolazione totale con portata di deflusso variabile con andamento prestabilito come obiettivo	125

4.2.5	Regolazione parziale con portata di deflusso costante come obiettivo	126
4.2.6	Regolazione parziale con portata di deflusso variabile con andamento prestabilito come obiettivo	129
4.3	Impianti ad acqua fluente	132
4.3.1	La configurazione ottimale delle turbine	134
	Problemi	137
	Bibliografia	146

5. PROCESSI STOCASTICI E GENERAZIONE DEI DATI

5.1	Premesse	149
5.2	Processi stocastici	151
5.2.1	Stazionarietà	155
5.2.2	Ergodicità	155
5.2.3	Indipendenza	157
5.2.4	Invertibilità	157
5.3	Modelli idrologici e generazione dei dati	157
5.4	Esame degli autocorrelogrammi empirici	161
5.5	La classe dei processi <i>ARIMA</i>	162
5.5.1	Il processo lineare autoregressivo $AR(p)$	163
5.5.2	Il processo di media mobile $MA(q)$	165
5.5.3	Il processo misto autoregressivo e di media mobile $ARMA(p,q)$	166
5.6	La costruzione di un modello <i>ARIMA</i>	167
5.6.1	Analisi preliminari	167
5.6.2	L'identificazione del modello	168
5.6.3	La stima dei parametri	170
5.6.4	La verifica del modello	171
	Problemi	172
	Bibliografia	177

PREMESSA

Questo volume contiene una sintesi delle principali problematiche affrontate nel corso di Gestione delle Risorse Idriche tenuto presso l'Università degli Studi di Perugia.

Tale disciplina è stata strutturata e si è poi sviluppata con l'obiettivo di fornire strumenti e conoscenze che consentano di gestire adeguatamente la risorsa acqua, bene primario che si rinnova grazie ad un ciclo naturale mantenuto attivo dal sole.

Come noto, la disponibilità di acqua si dimostra sempre più inadeguata se confrontata con i crescenti fabbisogni dell'umanità, in un contesto di evidenti cambiamenti climatici in atto. A causa di ciò la risorsa idrica sta acquistando un valore economico in continua ascesa e sembra che in un futuro non troppo lontano possa divenire la principale causa di pericolosi conflitti bellici.

In tali circostanze assumono grande importanza le attività di programmazione, volte ad individuare nuove fonti di attingimento ma soprattutto a disciplinarne l'uso, cui sono dedicati gli argomenti trattati in questo testo.