

## *XI Nota degli autori*

### **1 Capitolo 1 Introduzione alla ricerca operativa**

- 1 1.1 Premessa
- 1 1.2 Problemi di ottimizzazione
- 6 1.3 Primi approcci ai modelli di ottimizzazione
- 13 1.4 Uso del risolutore della Microsoft Excel 2010 ©

SI

### **23 PARTE I Modelli di ottimizzazione**

#### **25 Capitolo 2 Modelli di Programmazione Lineare**

- 25 2.1 Introduzione
- 26 2.2 Modelli di pianificazione della produzione
- 30 2.3 Modelli di miscelazione
- 35 2.4 Modelli di flusso su rete
  - 2.4.1 Problema di flusso a costo minimo, p. 35 – 2.4.2 Problema del cammino orientato di costo minimo, p. 38 – 2.4.3 Problema del massimo flusso, p. 41 – 2.4.4 Problema di trasporto, p. 43 – 2.4.5 Problema dell'assegnamento, p. 48
- 51 2.5 Modelli multiperiodo
- 54 Esercizi proposti

SI

#### **61 Capitolo 3 Modelli di Programmazione Intera**

- 61 3.1 Introduzione
- 63 3.2 Modelli di taglio ottimo
- 65 3.3 Modelli dello zaino
- 71 3.4 Modelli di ottimizzazione con costi fissi di avviamento
- 73 3.5 Modelli di localizzazione
- 81 3.6 Modelli di caricamento di contenitori
- 86 3.7 Modelli di copertura, di riempimento e di partizionamento d'insieme

91	3.8	Altri usi delle variabili di decisione di tipo binario nella programmazione intera
	3.8.1	Rappresentazione di condizioni logiche, p. 91 – 3.8.2 Rappresentazione di vincoli alternativi, p. 94 – 3.8.3 Rappresentazione di funzioni obiettivo non lineari, p. 96
103		Esercizi proposti
111		<b>Capitolo 4 Altri modelli di ottimizzazione</b>
111	4.1	Introduzione
111	4.2	Modelli di ottimizzazione multi-obiettivo
115	4.3	Modelli di ottimizzazione in condizioni di incertezza
	4.3.1	Modelli di programmazione stocastica, p. 115 – 4.3.2 Modelli di ottimizzazione robusta, p. 120
124		Esercizi proposti

## 133 PARTE II **Programmazione Lineare**

### 135 **Capitolo 5 Elementi di algebra lineare e geometria poliedrale**

135	5.1	Vettori e matrici
146	5.2	Geometria poliedrale
155	5.3	Soluzioni di base
164		Esercizi proposti

### 169 **Capitolo 6 Teoria della Programmazione Lineare**

169	6.1	Concetti preliminari
173	6.2	Condizioni geometriche di ottimalità e illimitatezza
175	6.3	Condizioni algebriche di ottimalità
183		Esercizi proposti

### 189 **Capitolo 7 Teoria della dualità nella Programmazione Lineare**

189	7.1	Problema duale
195	7.2	Proprietà della coppia primale-duale
209	7.3	Analisi di sensitività
	7.3.1	Variazione di un coefficiente di costo, p. 209 – 7.3.2 Variazione di un coefficiente di risorsa, p. 211 – 7.3.3 Variazione di un coefficiente della matrice dei vincoli, p. 213 – 7.3.4 Introduzione di una ulteriore variabile, p. 215 – 7.3.5 Introduzione di un ulteriore vincolo, p. 216
217	7.4	Interpretazione economica della dualità
221		Esercizi proposti

SI

## 227 **Capitolo 8 Algoritmo del simplesso per la Programmazione Lineare**

- 227 8.1 Aspetti preliminari
- 231 8.2 Schema generale dell'algoritmo del simplesso
- 237 8.3 Matrice di pivot
- 246 8.4 Inizializzazione dell'algoritmo del simplesso
- 261 8.5 Convergenza dell'algoritmo del simplesso
- 267 8.6 Algoritmo del simplesso rivisto
- 278 Esercizi proposti

## 283 **Capitolo 9 Altri algoritmi per la Programmazione Lineare**

- 283 9.1 Algoritmo del simplesso duale
  - 9.1.1 Convergenza dell'algoritmo del simplesso duale, p. 289
- 289 9.2 Algoritmo primale-duale
  - 9.2.1 Convergenza dell'algoritmo primale-duale, p. 296 – 9.2.2 Inizializzazione dell'algoritmo primale-duale, p. 298

- 303 9.3 Algoritmo di Fourier-Motzkin
- 310 Esercizi proposti

## 315 **PARTE III Programmazione Intera**

### 317 **Capitolo 10. Teoria della Programmazione Intera**

- 317 10.1 Concetti preliminari
- 322 10.2 Arrotondamenti e approssimazioni nella Programmazione Intera
- 324 10.3 Rappresentazioni lineari di un problema di Programmazione Intera
- 330 10.4 Proprietà di interezza e totale unimodularità di una matrice
- 342 10.5 Rilassamenti di un problema di Programmazione Intera
  - 10.5.1 Rilassamento per eliminazione di vincoli, p. 343 – 10.5.2 Rilassamento Lagrangiano, p. 344
- 357 Esercizi proposti

### 361 **Capitolo 11. Metodi per la Programmazione Intera**

- 361 11.1 Classificazione dei metodi per la Programmazione Intera
- 362 11.2 Algoritmo di «branch & bound»
- 377 11.3 Algoritmo dei piani di taglio
- 382 Esercizi proposti

SI

- 387 **PARTE IV Ottimizzazione su reti**
- 389 **Capitolo 12 Cenni di teoria dei grafi**
- 389 12.1 Grafo: definizioni e proprietà fondamentali  
12.1.1 Altre definizioni e proprietà dei grafi, p. 410
- 417 12.2 Digrafo: definizioni e proprietà fondamentali
- 426 12.3 Algoritmi di ricerca
- 433 12.4 Flusso, divergenza, reti
- 440 12.5 Rappresentazioni di una rete
- 451 Esercizi proposti
- 457 **Capitolo 13 Problema di flusso a costo minimo**
- 457 13.1 Introduzione
- 466 13.2 Algoritmo del simplesso su rete  
13.2.1 Inizializzazione dell'algoritmo del simplesso su rete, p. 481
- 488 13.3 Algoritmo del simplesso generalizzato su rete  
13.3.1 Inizializzazione dell'algoritmo del simplesso generalizzato su rete, p. 496
- 502 Esercizi proposti
- 507 **Capitolo 14 Problema del percorso ottimo**
- 507 14.1 Introduzione
- 509 14.2 Condizioni di ottimalità
- 511 14.3 Problema dei percorsi orientati ottimi singola origine-destinazione multipla  
14.3.1 Algoritmi ad assegnazione di etichetta, p. 523 – 14.3.2 Algoritmi a correzione di etichetta, p. 531
- 542 14.4 Problema del percorso orientato ottimo singola origine-singola destinazione  
14.4.1 Applicazione nella gestione dei progetti del problema del cammino orientato massimo su digrafi aciclici, p. 546
- 551 14.5 Problema dei percorsi orientati ottimi origine multipla-destinazione multipla
- 558 Esercizi proposti
- 563 **Capitolo 15 Problema del massimo flusso**
- 563 15.1 Introduzione
- 567 15.2 Algoritmo dei cammini aumentanti
- 585 15.3 Algoritmo di Ford & Fulkerson
- 590 15.4 Caso di reti con capacità minima e massima  
15.4.1 Calcolo di una distribuzione di flusso ammissibile, p. 593
- 597 15.5 Implicazioni di natura combinatoria
- 602 Esercizi proposti

**607 Capitolo 16 Problema del minimo albero ricoprente**

- 607 16.1 Introduzione
- 609 16.2 Formulazione del problema
- 614 16.3 Condizioni di ottimalità
- 618 16.4 Algoritmo di Prim
- 621 16.5 Algoritmo di Kruskal
- 623 Esercizi proposti

**627 Capitolo 17 Problema di trasporto**

- 627 17.1 Introduzione
  - 629 17.2 Algoritmo del simplesso su rete
    - 17.2.1 Determinazione di una soluzione ammissibile di base iniziale, p. 630 – 17.2.2 Operazione di pivot, p. 642
  - 646 17.3 Algoritmo primale-duale
    - 17.3.1 Algoritmo primale-duale per il problema dell'assegnamento, p. 654
  - 661 Esercizi proposti
- 665 *Riferimenti bibliografici*