

Wolfgang Domschke • Andreas Drexl

Einführung in Operations Research

Siebente, überarbeitete Auflage

Mit 96 Abbildungen und 63 Tabellen

Springer

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Symbolverzeichnis	XIII
Kapitel 1: Einführung	1
1.1 Begriff des Operations Research	1
1.2 Modelle im Operations Research	3
1.2.1 Charakterisierung verschiedener Modelltypen	3
1.2.2 Optimierungsmodelle	4
1.2.2.1 Formulierung eines allgemeinen Optimierungsmodells	4
1.2.2.2 Beispiele für Optimierungsmodelle	5
1.2.2.3 Klassifikation von Optimierungsmodellen	6
1.2.3 Bedeutung einer effizienten Modellierung	7
1.3 Teilgebiete des Operations Research	7
1.4 Arten der Planung und Anwendungsmöglichkeiten des OR	10
1.5 Anhang	12
Kapitel 2: Lineare Optimierung	13
2.1 Definitionen	13
2.2 Graphische Lösung von linearen Optimierungsproblemen	14
2.3 Formen und Eigenschaften von LPs	16
2.3.1 Optimierungsprobleme mit Ungleichungen als Nebenbedingungen	16
2.3.2 Die Normalform eines linearen Optimierungsproblems	17
2.3.3 Eigenschaften von linearen Optimierungsproblemen	18
2.4 Der Simplex-Algorithmus	21
2.4.1 Der Simplex-Algorithmus bei bekannter zulässiger Basislösung	22
2.4.1.1 Darstellung des Lösungsprinzips anhand eines Beispiels	22
2.4.1.2 Der primale Simplex-Algorithmus	23
2.4.2 Verfahren zur Bestimmung einer zulässigen Basislösung	25
2.4.2.1 Der duale Simplex-Algorithmus	25
2.4.2.2 Die M-Methode	28
2.5 Dualität und Analyse von LP-Lösungen	31
2.5.1 Dualität	31
2.5.2 Sonderfälle von LPs und ihre Identifikation	35
2.5.3 Reduzierte Kosten, Schattenpreise, Opportunitätskosten	37

2.5.4	Sensitivitätsanalyse	42
2.5.4.1	Änderung von Zielfunktionskoeffizienten	43
2.5.4.2	Änderung von Ressourcenbeschränkungen	45
2.5.4.3	Zusätzliche Alternativen	46
2.6	Modifikationen des Simplex-Algorithmus	48
2.6.1	Untere und obere Schranken für Variablen	48
2.6.2	Der revidierte Simplex-Algorithmus	51
2.7	Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung	55
2.7.1	Lexikographische Ordnung von Zielen	56
2.7.2	Zieldominanz	56
2.7.3	Zielgewichtung	57
2.7.4	Berücksichtigung von Abstandsfunktionen	57
2.8	Spieltheorie und lineare Optimierung	59
	Softwarehinweise und weiterführende Literatur zu Kapitel 2	63
	Kapitel 3: Graphentheorie	65
3.1	Grundlagen	65
3.1.1	Begriffe der Graphentheorie	65
3.1.2	Speicherung von Knotenmengen und Graphen	69
3.2	Kürzeste Wege in Graphen	71
3.2.1	Baumalgorithmen	72
3.2.2	Der Tripel-Algorithmus	76
3.3	Minimale spannende Bäume und minimale 1-Bäume	77
3.3.1	Bestimmung eines minimalen spannenden Baumes	78
3.3.2	Bestimmung eines minimalen 1-Baumes	79
3.4	Software, Animationen, Literatur	80
	Kapitel 4: LP mit spezieller Struktur	81
4.1	Das klassische Transportproblem	81
4.1.1	Problemstellung und Verfahrenüberblick	81
4.1.2	Eröffnungsverfahren	83
4.1.3	Die MODI-Methode	87
4.1.4	Transportprobleme bei ganzzahligen Angebots- und Nachfragemengen	92
4.2	Das lineare Zuordnungsproblem	93
4.3	Umladeprobleme	94
	Softwarehinweise und weiterführende Literatur zu Kapitel 4	95

Kapitel 5: Netzplantechnik und Projektmanagement	97
5.1 Einführung und Definitionen	97
5.2 Struktur- und Zeitplanung mit Vorgangsknotennetzplänen	100
5.2.1 Strukturplanung	100
5.2.1.1 Grundregeln	100
5.2.1.2 Transformation von Vorgangsfolgen	101
5.2.1.3 Beispiel	102
5.2.2 Zeitplanung	104
5.2.2.1 Ermittlung frühester und spätester Zeitpunkte	104
5.2.2.2 Pufferzeiten, kritische Vorgänge und Wege	107
5.2.2.3 Zeitplanung mit linearer Optimierung	109
5.2.3 Gantt-Diagramme	110
5.3 Struktur- und Zeitplanung mit Vorgangspfeilnetzplänen	110
5.3.1 Strukturplanung	110
5.3.1.1 Grundregeln	111
5.3.1.2 Ein Beispiel	113
5.3.2 Zeitplanung	113
5.3.2.1 Ermittlung frühester und spätester Zeitpunkte	113
5.3.2.2 Pufferzeiten, kritische Vorgänge und Wege	114
5.4 Kostenplanung	115
5.5 Kapazitätsplanung	117
Softwarehinweise und weiterführende Literatur zu Kapitel 5	120
 Kapitel 6: Ganzzahlige und kombinatorische Optimierung	 121
6.1 Klassifikation und Beispiele	121
6.2 Komplexität und Lösungsprinzipien	126
6.2.1 Komplexität von Algorithmen und Optimierungsproblemen	126
6.2.2 Lösungsprinzipien	127
6.3 Grundprinzipien heuristischer Lösungsverfahren	129
6.4 Branch-and-Bound-Verfahren	133
6.4.1 Das Prinzip	133
6.4.2 Erläuterung anhand eines Beispiels	134
6.4.3 Komponenten von B&B-Verfahren	135

6.5	Knapsack-Probleme	139
6.5.1	Das binäre Knapsack-Problem	139
6.5.1.1	Lösung mittels Branch-and-Bound	139
6.5.1.2	Lösung mittels Branch-and-Cut	140
6.5.2	Das mehrfach restringierte Knapsack-Problem	141
6.6	Traveling Salesman - Probleme	143
6.6.1	Heuristiken	144
6.6.1.1	Deterministische Eröffnungsverfahren	145
6.6.1.2	Deterministische Verbesserungsverfahren	146
6.6.1.3	Ein stochastisches Verfahren	147
6.6.2	Ein Branch-and-Bound-Verfahren für TSPe in ungerichteten Graphen	149
6.6.2.1	Die Lagrange-Relaxation und Lösungsmöglichkeiten	150
6.6.2.2	Das Branch-and-Bound-Verfahren	154
6.7	Software, Animationen, Literatur	157
Kapitel 7: Dynamische Optimierung		159
7.1	Mit dynamischer Optimierung lösbare Probleme	159
7.1.1	Allgemeine Form von dynamischen Optimierungsproblemen	159
7.1.2	Ein Bestellmengenmodell	161
7.1.3	Klassifizierung und graphische Darstellung von DO-Modellen	162
7.2	Das Lösungsprinzip der dynamischen Optimierung	164
7.2.1	Grundlagen und Lösungsprinzip	164
7.2.2	Lösung des Bestellmengenmodells	166
7.3	Weitere deterministische, diskrete Probleme	167
7.3.1	Bestimmung kürzester Wege	167
7.3.2	Das Knapsack-Problem	168
7.3.3	Ein Problem mit unendlichen Zustands- und Entscheidungsmengen	171
7.4	Ein stochastisches, diskretes Problem	173
	Weiterführende Literatur zu Kapitel 7	175
Kapitel 8: Nichtlineare Optimierung		176
8.1	Probleme und Modelle der nichtlinearen Optimierung	177
8.1.1	Allgemeine Form nichtlinearer Optimierungsprobleme	177
8.1.2	Beispiele für nichtlineare Optimierungsprobleme	178
8.2	Grundlagen und Definitionen	180

8.3	Optimierungsprobleme ohne Nebenbedingungen	185
8.3.1	Probleme mit einer Variablen	185
8.3.2	Probleme mit mehreren Variablen	187
8.4	Allgemeine restringierte Optimierungsprobleme	190
8.4.1	Charakterisierung von Maximalstellen	190
8.4.2	Überblick über Lösungsverfahren	194
8.5	Quadratische Optimierung	195
8.5.1	Quadratische Form	195
8.5.2	Der Algorithmus von Wolfe	197
8.6	Konvexe Optimierungsprobleme	200
8.6.1	Die Methode der zulässigen Richtungen bzw. des steilsten Anstiegs	200
8.6.2	Hilfsfunktionsverfahren	205
8.7	Optimierung bei zerlegbaren Funktionen	208
8.8	Anhang	210
	Kapitel 9: Warteschlangentheorie	212
9.1	Einführung	212
9.2	Binomial-, Poisson- und Exponentialverteilung	213
9.3	Wartemodelle als homogene Markovketten	217
9.3.1	Homogene Markovketten	217
9.3.2	Der Ankunftsprozess	219
9.3.3	Berücksichtigung der Abfertigung	220
9.4	Weitere Wartemodelle	222
	Softwarehinweise und weiterführende Literatur zu Kapitel 9	224
	Kapitel 10: Simulation	225
10.1	Grundlegende Arten der Simulation	226
10.1.1	Monte Carlo-Simulation	226
10.1.2	Diskrete Simulation	227
10.1.3	Kontinuierliche Simulation	227
10.2	Stochastischer Verlauf von Inputgrößen	228
10.2.1	Kontinuierliche Dichtefunktionen	228
10.2.2	Diskrete Wahrscheinlichkeitsfunktionen	229
10.2.3	Empirische Funktionsverläufe	229
10.2.4	Signifikanztests	229

10.3	Erzeugung von Zufallszahlen	230
10.3.1	Grundsätzliche Möglichkeiten	230
10.3.2	Standardzufallszahlen	231
10.3.3	Diskret verteilte Zufallszahlen	232
10.3.4	Kontinuierlich verteilte Zufallszahlen	233
10.4	Anwendungen der Simulation	235
10.4.1	Numerische Integration	235
10.4.2	Auswertung stochastischer Netzpläne	236
10.4.3	Analyse eines stochastischen Lagerhaltungsproblems	237
10.4.4	Simulation von Warteschlangensystemen	239
10.5	Simulationssprachen	239
	Weiterführende Literatur zu Kapitel 10	241
	Kapitel 11: OR und Tabellenkalkulation	242
11.1	(Ganzzahlige) Lineare Optimierung	242
11.2	Kürzeste Wege in Graphen	245
11.3	Simulation eines Warteschlangenproblems	247
	Weiterführende Literatur zu Kapitel 11	249
	Literaturverzeichnis	250
	Sachverzeichnis	265