

Wolfgang Domschke • Andreas Drexl

Einführung in Operations Research

Achte Auflage

fyj 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	29
2.5 Dualität und Analyse von LP-Lösungen	32
2.5.1 Dualität	32
2.5.2 Sonderfälle von LPs und ihre Identifikation	36

2.5.3	Reduzierte Kosten, Schattenpreise, Opportunitätskosten	38
2.5.4	Sensitivitätsanalyse	43
2.5.4.1	Änderung von Zielfunktionskoeffizienten	44
2.5.4.2	Änderung von Ressourcenbeschränkungen	46
2.5.4.3	Zusätzliche Alternativen	47
2.6	Modifikationen des Simplex-Algorithmus	49
2.6.1	Untere und obere Schranken für Variablen	49
2.6.2	Der revidierte Simplex-Algorithmus	52
2.7	Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung	56
2.7.1	Grundlagen	56
2.7.2	Vorgehensweisen zur Lösung von Zielkonflikten	57
2.7.2.1	Lexikographische Ordnung von Zielen	57
2.7.2.2	Zieldominanz	58
2.7.2.3	Zielgewichtung	58
2.7.2.4	Berücksichtigung von Abstandsfunktionen	59
2.8	Spieltheorie und lineare Optimierung	61
Kapitel 3: Graphentheorie		66
3.1	Grundlagen	66
3.1.1	Begriffe der Graphentheorie	66
3.1.2	Speicherung von Knotenmengen und Graphen	70
3.2	Kürzeste Wege in Graphen	72
3.2.1	Baumalgorithmen	73
3.2.2	Der Tripel-Algorithmus	77
3.3	Minimale spannende Bäume und minimale 1-Bäume	78
3.3.1	Bestimmung eines minimalen spannenden Baumes	79
3.3.2	Bestimmung eines minimalen 1-Baumes	80
3.4	Software, Animationen, Literatur	81
Kapitel 4: LP mit spezieller Struktur		82
4.1	Das klassische Transportproblem	82
4.1.1	Problemstellung und Verfahrensüberblick	82
4.1.2	Eröffnungsverfahren	84
4.1.3	Die MODI-Methode	88
4.1.4	Transportprobleme bei ganzzahligen Angebots- und Nachfragemengen	93
4.2	Das lineare Zuordnungsproblem	93
4.3	Umladeprobleme	94

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
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	141
6.5.2 Das mehrfach restringierte Knapsack-Problem	142

6.6	Traveling Salesman - Probleme	144
6.6.1	Heuristiken	145
6.6.1.1	Deterministische Eröffnungsverfahren	145
6.6.1.2	Deterministische Verbesserungsverfahren	146
6.6.1.3	Ein stochastisches Verfahren	148
6.6.2	Ein Branch-and-Bound-Verfahren für TSPe in ungerichteten Graphen	150
6.6.2.1	Die Lagrange-Relaxation und Lösungsmöglichkeiten	150
6.6.2.2	Das Branch-and-Bound-Verfahren	155
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
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
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
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
Literaturverzeichnis.	250
Sachverzeichnis.	265