
Einführung in die Leistungsbewertung und Vehrkehrstheorie

Von
Phuoc Tran-Gia

2. Auflage

Oldenbourg Verlag München Wien

Inhalt

1	Grundlagen	1
1.1	Verkehrstheoretische Modellbildung	1
1.1.1	Modellbegriff und Abstraktionsebenen	1
1.1.2	Modellbeispiele	4
1.1.3	Notation für einstufige Modelle	9
1.1.4	Theorem von Little	10
1.2	Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie	12
1.2.1	Ereignisse und Wahrscheinlichkeiten	12
1.2.2	Wichtige Begriffe und Gesetze	14
1.2.3	Zufallsvariable, Verteilung und Verteilungsfunktion	16
1.2.4	Erwartungswert und Momente	20
1.2.5	Funktionen zweier Zufallsvariablen	21
1.3	Transformationsmethoden und wichtige Verteilungen	29
1.3.1	Die erzeugende Funktion	29
1.3.2	Laplace- und Laplace-Stieltjes-Transformation	31
1.3.3	Wichtige Verteilungen und ihre Transformierten	34
1.3.4	Wichtige Verteilungsfunktionen und ihre Transformierten	39
1.3.5	Wichtige Zusammenhänge	43
	Literatur zu Kapitel 1	46
	Übungsaufgaben zu Kapitel 1	47
2	Elementare Zufallsprozesse	51
2.1	Stochastische Prozesse	51
2.1.1	Definition	51
2.1.2	Markov-Prozesse	53
2.1.3	Elementare Prozesse in Verkehrsmodellen	54
2.2	Erneuerungsprozesse	58
2.2.1	Definitionen	58
2.2.2	Analyse der Rekurrenzzeit	59
2.3	Analyse Markovscher Zustandsprozesse	63
2.3.1	Übergangsverhalten von Markov-Zustandsprozessen	63
2.3.2	Zustandsgleichungen und –wahrscheinlichkeiten	64

2.3.3	Beispiele für Übergangswahrscheinlichkeitsdichten.....	73
2.3.4	Geburts- und Sterbeprozesse.....	76
	Literatur zu Kapitel 2	80
	Übungsaufgaben zu Kapitel 2	81
3	Analyse Markovscher Systeme	85
3.1	Das Verlustsystem M/M/n	85
3.1.1	Modellbeschreibung und Parameter.....	85
3.1.2	Zustandsraum und Zustandswahrscheinlichkeiten	86
3.1.3	Systemcharakteristiken	89
3.1.4	Verallgemeinerung auf das Verlustsystem M/GI/n.....	90
3.1.5	Modellierungsbeispiele und Anwendungen	91
3.1.6	Bündelungsgewinn.....	93
3.2	Das Wartesystem M/M/n	96
3.2.1	Modellbeschreibung und Parameter.....	96
3.2.2	Zustandsraum und Zustandswahrscheinlichkeiten	97
3.2.3	Systemcharakteristiken	101
3.2.4	Wartezeitverteilungsfunktion	105
3.2.5	Bündelungsgewinn in Wartesystemen	107
3.3	Verlustsystem mit endlicher Quellenzahl.....	110
3.3.1	Modellbeschreibung.....	110
3.3.2	Zustandsraum und Zustandswahrscheinlichkeiten	111
3.3.3	Modellierungsbeispiel: Mobilfunkzelle mit endlicher Quellenzahl	114
3.4	Rufwiederholungsmodell mit endlicher Quellenzahl.....	117
3.4.1	Modellbeschreibung.....	117
3.4.2	Rekursiver Analysealgorithmus	122
3.4.3	Berechnung der Verkehrsflüsse	125
3.4.4	Modellierungsbeispiel: Mobilfunkzelle mit Rufwiederholung	127
3.5	Dimensionsreduktionsverfahren für Markov- Zustandsprozesse	130
3.5.1	Verlustsystem mit mehreren Anforderungsklassen.....	130
3.5.2	Mehrdimensionaler Zustandsraum und globale Gleichgewichtsgleichung	131
3.5.3	Lokale Gleichgewichtsgleichung und Produktformlösung	134
3.5.4	Blockierungswahrscheinlichkeit	136
3.5.5	Dimensionsreduktion und rekursive Zustandsanalyse	138
3.5.6	Modellbeispiel: Code-Blockierungswahrscheinlichkeit in UMTS.....	142
	Literatur zu Kapitel 3	146
	Übungsaufgaben zu Kapitel 3	148
4	Analyse nicht-Markovscher Systeme	153
4.1	Methoden der eingebetteten Markov-Kette.....	153
4.2	Das Wartesystem M/GI/1.....	156

4.2.1	Modell und Zustandsprozess	156
4.2.2	Markov-Kette und Übergangsverhalten	157
4.2.3	Zustandsgleichungen	159
4.2.4	Zustandswahrscheinlichkeiten	160
4.2.5	Wartezeitverteilungsfunktion	163
4.2.6	Weitere Systemcharakteristiken	164
4.2.7	Zustandswahrscheinlichkeiten zu zufälligen Zeitpunkten	167
4.3	Das Wartesystem GI/M/1	170
4.3.1	Modell und Zustandsprozess	170
4.3.2	Übergangsverhalten	171
4.3.3	Zustandsgleichungen	173
4.3.4	Zustandsanalyse mit geometrischem Ansatz	174
4.3.5	Wartezeitverteilungsfunktion	176
4.4	Ein Gruppenbediensystem mit Startschwelle	178
4.4.1	Modell und Zustandsprozess	178
4.4.2	Markov-Kette und Übergangsverhalten	180
4.4.3	Zustandswahrscheinlichkeiten und Systemcharakteristiken	182
	Literatur zu Kapitel 4	185
	Übungsaufgaben zu Kapitel 4	186
5	Analyse zeitdiskreter Systeme	189
5.1	Zeitdiskrete Zufallsprozesse	189
5.1.1	Voraussetzungen und Parameter	189
5.1.2	Zeitdiskrete Erneuerungsprozesse	191
5.2	Transformationsmethoden für zeitdiskrete Analyse	196
5.2.1	Diskrete Fourier-Transformation	196
5.2.2	Das Konzept des komplexen Cepstrums	198
5.3	Das zeitdiskrete Wartesystem GEOM(1)/GI/1	204
5.3.1	Modellbeschreibung	204
5.3.2	Markov-Kette und Zustandsübergänge	205
5.3.3	Zustandswahrscheinlichkeit	206
5.3.4	Wartezeitverteilung	208
5.4	Das zeitdiskrete Wartesystem GI/GI/1	209
5.4.1	Modellbeschreibung	209
5.4.2	Die Lindley-Integralgleichung für zeitkontinuierliche GI/GI/1-Systeme	210
5.4.3	Modifizierte Lindley-Integralgleichung für zeitdiskrete GI/GI/1-Systeme	211
5.4.4	Charakteristische Gleichung im transformierten Bereich	214
5.4.5	Analysealgorithmus im Zeitbereich	218
5.4.6	Analysealgorithmus im transformierten Bereich	220
5.4.7	Numerische Beispiele	226
5.4.8	Weitere Systemcharakteristiken	229

5.5	Zeitdiskretes GI/GI/1-System mit Wartezeitbegrenzung	230
5.5.1	Das GI/GI/1-System mit Wartezeitbegrenzung	230
5.5.2	Modellierungsbeispiel: Analyse eines Spacers	233
	Literatur zu Kapitel 5	238
	Übungsaufgaben zu Kapitel 5	239
6	Matrixanalytische Methode	243
6.1	Die Phasenverteilung (PH).....	243
6.1.1	Von der Erlang-k-Phasendarstellung zur Phasenverteilung	244
6.1.2	Definition der Phasenverteilung.....	245
6.1.3	Beispiele für Phasenverteilungen	250
6.1.4	Funktionen von phasenverteilten Zufallsvariablen	252
6.1.5	Die zeitdiskrete Phasenverteilung (D-PH)	253
6.2	Der Markovsche Ankunftsprozess (MAP).....	255
6.2.1	Definition	255
6.2.2	Wichtige Eigenschaften des Markov-Ankunftsprozesses	257
6.2.3	Der zeitdiskrete Markov-Ankunftsprozess (D-MAP)	260
6.3	Das Wartesystem MAP/GI/1	261
6.3.1	Modellbeschreibung.....	262
6.3.2	Zählprozess der Ankünfte	262
6.3.3	Eingebetteter Markov-Erneuerungsprozess	265
6.3.4	Stationäre Zustandswahrscheinlichkeiten	268
6.3.5	Zustandswahrscheinlichkeit zu beliebigen Zeitpunkten.....	275
6.3.6	Virtuelle Wartezeitverteilungsfunktion.....	276
6.3.7	Zusammenstellung der wichtigsten Algorithmenschritte	277
	Literatur zu Kapitel 6	278
	Übungsaufgaben zu Kapitel 6	279
	Index	281
	Notationskonventionen und Formelzeichen	285