

Quantitative Systemanalyse mit Markovschen Ketten

Eine Darstellung für Informatiker und Ingenieure

Von Dr. Peter Buchholz

Informatik IV, Universität Dortmund

Dr. Jürgen Dunkel

Software-Industrie Support Zentrum GmbH, Dortmund

Prof. Dr. Bruno Müller-Clostermann

Fachbereich Mathematik und Informatik, Universität GH Essen

Dipl.-Inf. Michael Sczitnick

Informatik IV, Universität Dortmund

Dipl.-Inf. Siegmur Zäske

Informatik IV, Universität Dortmund

Technische Hochschule Darmstadt
FACHBEREICH INFORMATIK

B I B L I O T H E K

Inventar-Nr.: M 96 - 00938

Sachgebiete: F-6

Standort: 1996



B. G. Teubner Verlagsgesellschaft
Stuttgart · Leipzig 1994

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	13
1.1	Modellgestützte quantitative Systemanalyse	14
1.2	Modellgestützte Analyse als entwurfsbegleitender Prozeß	16
1.3	Übersicht über die Organisation des Buches	17
1.4	Anmerkungen zur Entstehung dieses Buchs	18
2	Grundlagen	19
2.1	Zeitdiskrete Markovketten	19
2.2	Zeitkontinuierliche Markovketten	25
3	Algorithmen	27
3.1	Algorithmen zur stationären Analyse	27
3.1.1	Direkte numerische Verfahren	29
3.1.2	Das Iterationsverfahren nach Gauß-Seidel	34
3.1.3	Das SOR-Iterationsverfahren	35
3.1.4	Aggregierung nach Courtois	42
3.1.5	Iterative Aggregierung/Disaggregierung	47
3.2	Algorithmen zur transienten Analyse	54
3.2.1	Problemstellung	54
3.2.2	Randomisierung	56
3.2.3	Integrationsverfahren	58
3.2.4	Stiff Markov Chains – Starre Markovketten	67

3.3	Die Momentenmethode	71
4	Tutorium und Beispiele	74
4.1	Analyse eines Kommunikationskanals	74
4.1.1	Modellbildung	74
4.1.2	Beschreibung als Markovkette	77
4.1.3	Stationäre Analyse	79
4.1.4	Erweiterungsmöglichkeiten für das Kanalmodell	82
4.2	Modellierung mit Warteschlangennetzen	83
4.2.1	Warteschlangennetze und ihre Beschreibung als Markov- kette	83
4.2.2	Beispiel: Modellierung von Lastausgleich	84
4.3	Analyse eines fehlertoleranten Systems	86
4.3.1	Modellierung von Zuverlässigkeitsaspekten	86
4.3.2	Beschreibung als Markovkette	89
4.3.3	Stationäre Analyse	90
4.3.4	Absorptionszeiten und Verweildauern	92
4.3.5	Transiente Analyse	94
5	Spezifikationstechniken	98
5.1	Komponenten der Markovketten-Beschreibung	98
5.1.1	Die Zustandsmenge	98
5.1.2	Zustandsübergänge	99
5.1.3	Bewertung der Übergänge	101
5.2	Weitere Beschreibungsmöglichkeiten für Markovketten	103
5.2.1	Zustands-Übergangssysteme	103
5.2.2	Andere Beschreibungsmöglichkeiten	105
5.3	Abbildungen zwischen Beschreibungen	109

6	Generierung von Übergangsmatrizen	110
6.1	Zustandsraumgenerierung	110
6.1.1	Zustandsraumgenerierung durch Traversierung	111
6.1.2	Weitere Generierungsmethoden	115
6.2	Matrixaufbau	116
7	Ein Software-Werkzeug zur Markovschen Analyse	119
7.1	Die Struktur des Analysetools USENUM	119
7.1.1	Die Modellbeschreibung	120
7.1.2	Die Auswertungsbeschreibung	123
7.1.3	Weitere Möglichkeiten von USENUM	125
7.1.4	Die Architektur von USENUM	126
7.2	Die Anwendung von USENUM	128
7.2.1	Analyseschritte	128
7.2.2	Beispiel: Ein Bediensystem mit Prozessorausfällen	128
8	Markovsche Analyse von Stochastischen Petrinetzen	136
8.1	Einleitung	136
8.2	Petrinetze	137
8.2.1	Beispiel	138
8.2.2	Konflikte	138
8.2.3	Erweiterungen	139
8.3	Stochastische Petrinetze	140
8.3.1	Beispiel	141
8.3.2	Bewertung und Einordnung stochastischer Petrinetze	142
8.3.3	Analyse stochastischer Petrinetze	143
8.4	GSPNs	144
8.4.1	Beispiel	146
8.4.2	Verwendung zeitloser Transitionen	148
8.5	Lösung von GSPNs	148

8.5.1	Eliminierung zeitloser Zustände	149
8.5.2	Bestimmung von Bewertungsgrößen	155
8.6	Erweiterungen stochastischer Petrinetze	156
8.6.1	Petrinetze mit allgemein verteilten Feuerungsdauern . . .	157
8.6.2	Farbige stochastische Petrinetze	161
8.7	Abschließende Bemerkungen	166
9	Numerische Analyse hierarchischer Modelle	168
9.1	Hierarchien zur Beschreibung und Analyse	169
9.1.1	Motivation	169
9.1.2	Eine zweistufige hierarchische Modellwelt	172
9.2	Zustandsraum und Generatormatrix	180
9.2.1	Die obere Ebene	180
9.2.2	Submodelle	183
9.2.3	Generierung der vollständigen Markovkette	187
9.3	Analyse unter Ausnutzung der Struktur	192
9.3.1	Qualitative Analyse	193
9.3.2	Quantitative Analyse	199
9.4	Beispielmodelle	208
10	Markovsche Ankunftsprozesse	214
10.1	Einführung	214
10.2	Definition des Markovschen Ankunftsprozesses	216
10.3	Unter- und Oberklassen von MAPs	218
10.4	Einsatz von MAPs bei der Modellierung	221
10.4.1	Modellierung von Burst-Quellen	222
10.4.2	Modell eines Überlaufstromes	223
10.5	Der zeitdiskrete Fall	225
10.6	Erweiterungen	227

Inhaltsverzeichnis	11
11 Simulation von Markovschen Modellen	229
11.1 Simulation von Markovketten	229
11.1.1 Durchführung von Simulationsexperimenten	232
11.2 Seltene Ereignisse	234
11.3 Importance Sampling	235
11.3.1 Mögliche Modifikationen der Markovkette	237
11.4 Importance Sampling zur Simulation von Petrinetzen	238
11.4.1 GSPNs	238
11.4.2 DSPNs	243
11.5 Steuerung des Verfahrens	247
11.6 Experimente	252
11.7 Abschließende Bemerkungen	254
 Literaturverzeichnis	 255
 Index	 267