
Inhaltsverzeichnis

Teil I Einführung

1	Prädikatenlogik	3
1.1	Signaturen und Strukturen	3
1.2	Terme, Formeln und Gültigkeit	5
1.3	Aufgaben	11
2	Logische Programmierung	13
2.1	Syntax	13
2.1.1	Listen	16
2.2	Substitutionen und Unifikation	17
2.3	Die Semantik logischer Programme	21
2.3.1	Logische Konsequenz und korrekte Antwort	21
2.3.2	SLD-Resolution und berechnete Antwort	23
2.3.3	Negation und Clarksche Vervollständigung	29
2.4	PROLOG	32
2.4.1	Die Berechnungsstrategie von PROLOG	33
2.4.2	Arithmetik	33
2.4.3	Cut	36
2.4.4	Negation	40
2.5	Logische Programmierung mit Constraints – CLP	41
2.6	Aufgaben	48

Teil II Constraints, Constraint-Systeme und Constraint-Löser

3	Constraints und Constraint-Löser	53
3.1	Constraints und Constraint-Systeme	53
3.2	Erfüllbarkeit und Lösungen	58
3.3	Constraint-Löser	60
3.3.1	Erfüllbarkeit	60

3.3.2	Folgerbarkeit	63
3.3.3	Projektion	66
3.3.4	Determination	68
3.3.5	Simplifikation	69
3.3.6	Constraint-Löser in der Praxis	69
3.4	Aufgaben	70
4	Constraints über endlichen Wertebereichen – Finite-Domain-Constraints	71
4.1	Constraint-Satisfaction-Probleme	72
4.2	Konsistenztechniken	73
4.2.1	Knotenkonsistenz	73
4.2.2	Kantenkonsistenz	74
4.2.3	Lokale Konsistenz	78
4.2.4	Erfüllbarkeit	80
4.2.5	Grenzenkonsistenz	81
4.3	Lösungssuche durch Rücksetzen (Backtracking)	90
4.4	Praktische Programmierung	94
4.5	Aufgaben	95
5	Lineare Arithmetische Constraints	97
5.1	Lineare (Un-)Gleichungen	97
5.2	Die Simplex-Methode	99
5.2.1	Lineare Optimierungsprobleme	99
5.2.2	Der Lösungsalgorithmus	103
5.3	Erfüllbarkeit, Projektion und Folgerbarkeit	117
5.4	Praktische Programmierung	123
5.5	Aufgaben	124

Teil III Constraint-Sprachen

6	Constraint-logische Programmierung (CLP)	127
6.1	Zustandsübergangssysteme	127
6.2	Syntax und Auswertung Constraint-logischer Programme	128
6.3	Deklarative Semantik	137
6.4	Logische Programmierung als CLP	138
6.5	Aufgaben	140
7	Nebenläufige Constraint-logische Programmierung	141
7.1	Das Modell der nebenläufigen Constraint-Programmierung	142
7.2	Nebenläufige Constraint-logische Programme	143
7.2.1	Syntax	143
7.2.2	<i>Blocking ask</i> und <i>atomic tell</i>	145
7.2.3	Operationale Semantik	147

7.2.4	Deklarative Semantik	152
7.2.5	Don't know versus Don't care	153
7.2.6	Verwandte Modelle und nebenläufige Sprachen	154
7.3	Anwendungen und Beispiele	155
7.3.1	Erzeuger-Verbraucher-Konfigurationen	155
7.3.2	Unendliche Reihen und endliche Präfixe	157
7.3.3	Nichtdeterminismus	160
7.4	Aufgaben	161
8	Constraint Handling Rules	163
8.1	Syntax	164
8.2	Deklarative Semantik	165
8.3	Operationale Semantik	167
8.3.1	Zustände und Zustandsübergänge	167
8.3.2	Startzustände, Endzustände und CHR-Ableitungen ...	172
8.3.3	Voraussetzungen für die Berechenbarkeit	174
8.4	Semantische Zusammenhänge	176
8.5	Anwendungen	177
8.5.1	Ein CHR-Löser für Boolesche Constraints	177
8.5.2	Lokale Suche mit CHR	178
8.6	Anmerkungen und Literaturhinweise	180
8.7	Aufgaben	181
9	Constraint-imperative und Constraint-objektorientierte Programmierung	183
9.1	Constraint-imperative Programmierung mit Turtle	184
9.1.1	Constraint-imperative Programmierung	185
9.1.2	TURTLE und TURTLE++	186
9.1.3	Programmiermuster	193
9.2	Constraint-Programmierung in JAVA mit firstcs	199
9.2.1	Unterschiede zur Constraint-logischen Programmierung	199
9.2.2	Ein Überblick über firstcs	200
9.2.3	Benutzerdefinierte Constraint-Verarbeitung	204
9.2.4	Realisierung von Suchverfahren	205
9.2.5	Modellierung und Lösung eines Optimierungsproblems	211
9.3	Aufgaben	215

Teil IV Modellierung von Constraint-Problemen

10	Realisierung und Verwendung globaler Constraints	219
10.1	Paarweise Verschiedenheit	220
10.1.1	Graph-Matching zur Herstellung der lokalen Konsistenz	221
10.1.2	Hall-Intervalle zur Herstellung der Grenzkonsistenz ..	223
10.2	Exklusive Belegung einer Ressource	232

10.2.1	Betrachtung von Task-Intervallen	234
10.2.2	Inkonsistenzen durch Überlasten	235
10.2.3	Verbotene Zonen in den Startzeiten von Arbeitsgängen	238
10.2.4	Ordnung von Arbeitsgängen bei erkannten Flanken	238
10.3	Anmerkungen und Literaturhinweise	246
10.4	Aufgaben	247
11	Symmetrien und Redundanzen	251
11.1	Erkennen von Symmetrien	251
11.2	Aufbrechen von Symmetrien	253
11.3	Redundante Constraints	254
11.3.1	Unterscheidung und Nutzung implizierter Constraints	255
11.3.2	Implizierte Constraints helfen Rechtecke zu platzieren	256
11.4	Anmerkungen und Literaturhinweise	261
11.5	Aufgaben	262
12	Modellierungsbeispiele	263
12.1	Kürzeste Golomb-Lineale	263
12.2	Teambildung bei Managerseminaren	268
12.3	Anmerkungen und Literaturhinweise	272

Teil V Lösung von Constraint-Problemen

13	Die Suche nach Lösungen von CSP	275
13.1	Generelle Suchverfahren	275
13.2	Das Labeling	280
13.2.1	Variablenreihenfolge (<i>Variable Ordering</i>)	283
13.2.2	Wertereihenfolge (<i>Value Ordering</i>)	285
13.3	Verallgemeinerte Lösungssuche	288
13.3.1	Trennebenen (<i>Cutting Planes</i>)	288
13.3.2	Lineare Ordnung von Arbeitsgängen	290
13.4	Anmerkungen und Literaturhinweise	295
13.5	Aufgaben	296
14	Optimale Lösungen von CSP	299
14.1	Constraint-Optimierungsprobleme (COP)	299
14.2	Ein Lösungsverfahren für COP	300
14.3	Dichotomisches Optimieren	303
14.4	Gleichzeitige Optimierung mehrerer Zielfunktionen	306
14.5	Anmerkungen und Literaturhinweise	312
14.6	Aufgaben	313
A	Lösungen	315
	Literatur	367
	Index	379