

W. A. R. — Bibliothek
Inv.-Nr. D 18473

INSTITUT WAR — Bibliothek —
Wasserversorgung, Abwassertechnik
Abfalltechnik und Raumplanung
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt
TEL. 0 61 51/16 36 59 + 16 27 48
FAX 0 61 51/16 37 58

Jörg Kahlert

01.4 KAH

Fuzzy Control für Ingenieure

Analyse, Synthese und Optimierung
von Fuzzy-Regelungssystemen



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung: Der Mensch - ein vorbildlicher Regler!?	1
2	Grundlagen der Fuzzy-Logik	7
2.1	Einführung.....	7
2.2	Fuzzy-Mengen und Fuzzy-Relationen.....	9
2.2.1	Klassische Mengen und Fuzzy Sets.....	9
2.2.2	Linguistische Variablen und Terme.....	17
2.2.3	Operatoren auf Fuzzy Sets.....	20
2.2.4	Fuzzy-Relationen.....	23
2.3	Fuzzy-Inferenz.....	28
2.3.1	Fuzzy-Implikation.....	28
2.3.2	Fuzzy-Inferenz.....	31
2.3.3	Alternative Inferenzmechanismen: SUM-MIN- und SUM-PROD-Inferenz.....	50
2.4	Defuzzifizierung.....	52
2.4.1	Maximum-Methoden.....	54
2.4.2	Schwerpunktmethode.....	56
2.4.3	Schwerpunktmethode mit SUM-MIN-Inferenz.....	58
2.4.4	Höhenmethode (Schwerpunktmethode für Singletons).....	61
2.4.5	Vergleichendes Beispiel.....	62
3	Der Fuzzy Controller als nichtlinearer Regler	65
3.1	Einführung: Lineare Systeme - Theorie und Realität.....	65
3.2	Struktur des Fuzzy Controllers.....	66
3.3	Übertragungsverhalten des Fuzzy Controllers.....	68
3.4	Entwurfsschritte.....	84
3.4.1	Konzepte zum Wissenserwerb.....	87
3.4.2	Wahl der Ein- und Ausgangsgrößen.....	89
3.4.3	Skalierung der Ein- und Ausgangsgrößen.....	90
3.4.4	Tuning der Zugehörigkeitsfunktionen.....	91
3.4.5	Die Regelbasis.....	92
3.4.6	Operatoren, Inferenzmechanismus und Defuzzifizierung.....	96
3.5	Spezielle Typen von Fuzzy Controllern.....	97
3.5.1	Fuzzy-PID-Regler.....	97
3.5.2	Sliding-Mode-Fuzzy Controller.....	103
3.5.3	Fuzzy Controller vom Sugeno/Takagi-Typ.....	109

4	Stabilität von Fuzzy-Regelungssystemen	115
4.1	Klassifizierung möglicher Regelkreisstrukturen	115
4.2	Stabilitätsanalyse in der Phasenebene.....	117
4.3	Die direkte Methode von Ljapunov	120
4.4	Das Stabilitätskriterium von Popov	123
4.5	Das Kreiskriterium	126
4.6	Methode der Harmonischen Balance.....	127
4.7	Die Bifurkationstheorie	133
5	Hybride und adaptive Fuzzy-Regelungssysteme.....	139
5.1	Einführung.....	139
5.2	Nichtadaptive Systeme mit konventionellem Regler	140
5.3	Umschaltregelungen mit Fuzzy-Komponente.....	145
5.4	Adaptive Konzepte.....	146
6	Numerische Optimierung von Fuzzy-Systemen.....	155
6.1	Motivation	155
6.2	Grundproblem der Parameteroptimierung	155
6.3	Lösungsmethoden	157
6.3.1	Deterministische Verfahren.....	158
6.3.2	Zufallsverfahren.....	162
6.3.3	Evolutionsstrategien	163
6.4	Vektorielle Optimierung	170
6.5	Anwendung auf Fuzzy-Systeme	177
6.5.1	Rechnergestützte Optimierung der Regelbasis	178
6.5.2	Optimierung der Zugehörigkeitsfunktionen.....	180
6.5.3	Wahl der Gütekriterien.....	182
7	Regelbasierte Prozeßüberwachung: Fuzzy Supervision.....	185
7.1	Grundprinzipien der Fehlerdiagnose	185
7.2	Fuzzy-Fehlerdiagnose.....	190
8	Neuro-Fuzzy Controller.....	195
8.1	Grundlagen neuronaler Netze	195
8.1.1	Aufbau und Modellierung von Neuronen	195
8.1.2	Aufbau und Arbeitsweise neuronaler Netze.....	201
8.2	Neuronale Netze und Fuzzy Control	212
9	Die Software zum Buch.....	223
9.1	Übersicht.....	223
9.2	Installation der Software	224
9.3	Entwurf und Analyse von Fuzzy Controllern mit der Fuzzy-Shell FLOP.....	225
9.3.1	Übersicht.....	225
9.3.2	Linguistische Variablen und Terme	226

9.3.3	Definition und Bearbeitung einer Regelbasis.....	233
9.3.4	Inferenz und Defuzzifizierung	238
9.4	Simulation und Optimierung von Fuzzy-Regelungssystemen mit BORIS.....	243
9.4.1	Übersicht	243
9.4.2	Komponenten des BORIS-Hauptfensters	244
9.4.3	Einfügen und Bearbeiten von Systemblöcken	246
9.4.4	Verbinden der Systemblöcke.....	251
9.4.5	Textblöcke und Rahmenfunktion.....	252
9.4.6	Struktur-Übersicht.....	253
9.4.7	Steuerung der Simulation	254
9.4.8	Die BORIS-Systemblock-Bibliothek.....	256
9.4.9	Fuzzy Controller und Fuzzy Debugger.....	260
9.4.10	Arbeiten mit Superblöcken	263
	Literatur- und Quellenverzeichnis	265
	Sachwortverzeichnis	279