

Dipl.-Ing. Peter Kortmann, Witten

# **Fuzzy-Modelle zur Systemidentifikation**

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-  
und Regelungstechnik

Nr. **647**

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2. EINFÜHRUNG IN FUZZY-MODELLE</b>	<b>8</b>
2.1. Unscharfe Mengentheorie	8
2.1.1. Unscharfe Mengen und Zugehörigkeitsfunktionen	8
2.1.2. Operatoren auf unscharfe Mengen	12
2.1.3. Erweiterungsprinzip und unscharfe Relationen	13
2.1.4. Linguistische Variablen und Werte	15
2.2. Regelbasierte Fuzzy-Systeme	16
2.2.1. Regelbasis	16
2.2.2. Fuzzy-Inferenzmaschine	18
2.3. Verschiedene Klassen von Fuzzy-Modellen	22
2.3.1. Analytische Modelle mit unscharfen Parametern	22
2.3.2. Regelbasierte Fuzzy-Modelle	23
2.3.3. Funktionale Fuzzy-Modelle nach <i>Takagi</i> und <i>Sugeno</i>	24
2.4. Fuzzy-Modelle zur Beschreibung dynamischer Systeme	28
2.5. Fuzzy-Modelle zur Systemregelung	31
2.6. Fuzzy-modellbasierter Fuzzy-Reglerentwurf	32
2.7. Zur Stabilität funktionaler Fuzzy-Modelle	35
<b>3. VERFAHREN ZUR STRUKTURBESTIMMUNG UND PARAMETEROPTIMIERUNG BEI FUZZY-MODELLEN</b>	<b>38</b>
3.1. Bestimmung der Fuzzy-Modellstruktur	39
3.1.1. "Grid partition"-Verfahren	39
3.1.2. Klassifizierungsverfahren	40
3.2. "Least Squares"-Schätzung der Konklusionsparameter	46
3.3. Optimierung der Prämissenparameter	47
<b>4. NEUE ANSÄTZE ZUR OPTIMIERUNG DER PRÄMISSENPARAMETER BASIEREND AUF PROBABILISTISCHEN VERFAHREN</b>	<b>54</b>
4.1. Das ALOPEX-Suchverfahren	55
4.2. Mutations-Selektions-Verfahren	56
4.2.1. "Threshold accepting"-Verfahren	57
4.2.2. Sintflutverfahren	58
4.3. "Simulated annealing"-Verfahren	58
4.4. Anwendung zur Parameteroptimierung bei Fuzzy-Modellen	60

4.5.	Beispiel	68
<b>5.</b>	<b>EIN NEUES VERFAHREN ZUR STRUKTURIDENTIFIKATION BEI FUZZY-MODELLEN</b>	<b>75</b>
5.1.	Strukturtests	77
5.1.1.	Anpassungsgütemaße	78
5.1.2.	Statistische Strukturbewertungskriterien	79
5.2.	Ein direktes Verfahren zur Bestimmung der Regelbasis	80
<b>6.</b>	<b>PRAKTISCHE ERPROBUNG</b>	<b>92</b>
6.1.	Implementierung unter MATLAB	92
6.1.1.	Die Fuzzy-Logic-Toolbox (FLT)	92
6.1.2.	Die neu entwickelte Fuzzy-Identifikations-Toolbox (FIT)	93
6.2.	Einsatz des Regelselektionsverfahrens zur Systemidentifikation	95
6.2.1.	Simulationsbeispiele	95
6.2.2.	Lageregelung eines Flugmodells	101
6.2.3.	Identifikation eines hydraulischen Vorschubantriebes	105
6.2.4.	Identifikation eines Turbogeneratorsatzes	109
<b>7.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK</b>	<b>113</b>
	<b>ANHANG</b>	<b>115</b>
A1:	Identifikationsergebnisse für die Simulationsbeispiele	115
A2:	Identifikationsergebnisse für die Regelung eines Flugmodells	122
A3:	Identifikationsergebnisse für den Versuchsstand Hydraulikzylinder	124
A4:	Identifikationsergebnisse für den Turbogeneratorsatz	130
	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>134</b>