

Dipl.-Ing. Thomas A. Runkler, Darmstadt

**Automatische Selektion
signifikanter scharfer
Werte in unscharfen
regelbasierten Systemen
der Informations- und
Automatisierungstechnik**

Reihe **10**: Informatik/
Kommunikationstechnik Nr. **417**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Unscharfe regelbasierte Systeme	3
2.2	Regelbasis	4
2.3	Unscharfe Mengen	4
2.4	Verknüpfungen unscharfer Mengen	5
2.5	Fuzzifizierung	6
2.6	Inferenz	7
2.7	Komposition	7
2.8	Defuzzifizierung	7
3	Implementierung unscharfer Systeme	10
3.1	Direkte Regelauswertung mit Wertetabellen	10
3.2	Charakteristische Parameter	11
3.3	Approximative Operatoren	13
3.4	Tabellierte Kennfelder	14
3.5	Approximierte Kennfelder	14
4	Selektion signifikanter Elemente	16
4.1	Definition	16
4.2	Grundlegende statische Eigenschaften	17
4.2.1	Universalmenge und leere Menge	17
4.2.2	Einermenge	18
4.2.3	Ausschnittinvarianz	19
4.2.4	Monotonie	19
4.3	Graphisch motivierte Eigenschaften	23
4.3.1	Lineare Abbildungen der Grundmenge	24
4.3.2	Skalierung der Zugehörigkeitswerte	27
4.3.3	Unstetigkeit des Selektionsoperators	27
4.3.4	Translation der Zugehörigkeitswerte	28
4.4	Zusammenhänge mit anderen Operatoren	29
4.4.1	Mehrstellige Funktionen	30
4.4.2	Einstellige Funktionen	31

4.5	Anwendungsmotivierte Eigenschaften	34
4.5.1	Unschärfe Zahlen	34
4.5.2	Negative Information	35
4.6	Dynamische Eigenschaften	36
4.6.1	Verstärkung der Fuzzifizierung	36
4.6.2	Verstärkung der Inferenz	36
4.6.3	Verstärkung von Komposition und Defuzzifizierung	37
4.6.4	Unschärfe assoziative Karte	38
4.6.5	Charakteristik der Defuzzifizierung	38
4.7	Statistische Eigenschaften	39
4.7.1	Zufällige Zugehörigkeitsfunktionen	40
4.7.2	Verteilung der Ausgangswerte	40
4.7.3	Verteilung der Zugehörigkeitswerte	42
4.8	Implementierungsaufwand	44
5	Operatoren für die Elementsektion	46
5.1	Standardoperatoren	46
5.1.1	Schwerpunktmethode	46
5.1.2	Schwerpunktapproximation	56
5.1.3	Flächenmitte	65
5.1.4	Maximalwertmethoden	76
5.2	Parametrische Operatoren	90
5.3	Operatoren mit höheren Freiheitsgraden	103
5.3.1	Defuzzifizierung als Entscheidungsproblem	103
5.3.2	Defuzzifizierung durch Datenanalyse	110
5.3.3	Neuronale Defuzzifizierung	113
5.4	Zusammenfassende Übersicht	117
6	Selektion signifikanter Teilmengen	119
6.1	Definition	119
6.2	Maximierung von Inklusionsgraden	120
6.2.1	Beispiel	122
6.2.2	Beobachtungen	123
6.3	Rückführung auf die Elementsektion	125
6.3.1	Beispiele	126
6.3.2	Parametrische Teilmengendefuzzifizierung	127
6.4	Eigenschaften	129
6.4.1	Grundlegende statische Eigenschaften	129
6.4.2	Graphisch motivierte Eigenschaften	130
6.4.3	Zusammenhänge mit anderen Operatoren	131
6.4.4	Anwendungsmotivierte Eigenschaften	131
6.4.5	Dynamische und statistische Eigenschaften	132
6.5	Implementierungsaufwand	132

7	Anwendungsbeispiele	136
7.1	Manövrierhilfe für Sattelzüge	136
7.1.1	Schaltungstechnischer Aufbau	137
7.1.2	Unscharfes regelbasiertes System	139
7.1.3	Auswahl der Defuzzifizierungsmethode	140
7.1.4	Ergebnisse	143
7.2	Autonomes Fahrzeug	144
7.2.1	Schaltungstechnischer Aufbau	144
7.2.2	Unscharfes regelbasiertes System	146
7.2.3	Auswahl der Defuzzifizierungsmethode	148
7.2.4	Ergebnisse	150
7.3	Strahlentherapieplanung	151
7.3.1	Ablauf der Tumorbehandlung	152
7.3.2	Unscharfes regelbasiertes System	154
7.3.3	Auswahl der Defuzzifizierungsmethode	155
7.3.4	Ergebnisse	157
8	Zusammenfassung	161
	Index	163
	Literaturverzeichnis	170
	Eigene Veröffentlichungen	178
	Betreute Studien- und Diplomarbeiten	181