

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Bottom-up Modelle, komplexe Systeme und naturanaloge Verfahren der KI und KL	11
2.1	Bottom-up, Top-down und KI/KL	11
2.2	Dynamiken komplexer Systeme	20
2.3	Erweiterungen und Anwendungsmöglichkeiten eines universalen Modellschemas	32
2.4	Methodologische Schlussbemerkungen	39
3	Selbstorganisierende Systeme: Zellularautomaten, Boolesche Netze und Algorithm for Neighborhood Generating	43
3.1	Zellularautomaten	44
3.1.1	Allgemeine Darstellung	45
3.1.2	Stochastische Zellularautomaten	54
3.1.3	Aktuelle Trends in ZA	57
3.2	Boolesche Netze	58
3.2.1	Aktuelle Trends in BN	64
3.3	Regeln, Topologie und Dynamik – die Ordnungsparameter	65
3.4	Die Generierung topologischer Strukturen durch den <i>Algorithm for Neighborhood Generating</i> (ANG)	81
3.4.1	Aktuelle Trends in ANG	88
3.5	Analyse konkreter Modelle	88
3.5.1	Modellierung mit ZA	89
3.5.1.1	Stochastische ZA zur Analyse der Auswirkung unterschiedlicher Impfquoten auf die Influenza-Ausbreitung	89
3.5.1.2	Lösung von Sudoku Rätseln auf der Basis eines ZA	95

3.5.2	Modellierung mit Booleschen Netzen	99
3.5.2.1	Die Konstruktion von Schaltdiagrammen durch Boolesche Netze	99
3.5.2.2	Modellierung der Formularauswahl für die Körperschaftsteuer mit BN	106
3.5.3	Datenstrukturierung durch den Algorithm for Neighborhood Generating	109
3.5.3.1	Vorselektion möglicher Standorte für Windkraftanlagen durch einen ANG	109
3.5.3.2	ANG für die Analyse der Influenza-Erkrankungen in den USA	113
4	Die Modellierung adaptiver Prozesse durch Evolutionäre Algorithmen.	121
4.1	Allgemeine Charakterisierungen	122
4.2	Genetische Algorithmen (GA)	125
4.3	Evolutionsstrategien (ES)	135
4.4	Der Regulator Algorithmus (RGA)	138
4.4.1	Aktuelle Trends in GA, ES und RGA	144
4.5	Simulated Annealing (SA)	145
4.6	Analyse konkreter Modelle	153
4.6.1	Entwicklung eines Mehrkomponentenklebers durch eine ES	153
4.6.2	Minimierung der Länge von Kabelnetzen durch einen Genetischen Algorithmus	158
4.6.3	Steuerung einer sozialen Gruppe durch einen GA, eine ES und ein SA im Vergleich	163
4.6.4	Ein Vergleich zwischen ES, GA und RGA.	173
4.6.5	Optimierung eines Spiel-Astronauten mit einem RGA und einer RES.	175
4.6.6	Optimierung der Planungen an der Universität Duisburg-Essen durch einen RGA	178
5	Modellierung lernender Systeme durch Neuronale Netze (NN).	189
5.1	Biologische Vorbilder.	189
5.2	Grundbegriffe und Grundlogik überwachter lernender Netzwerke	191
5.2.1	Interne Topologie, Funktionen und Schwellenwerte von NN	192
5.2.2	Erweiterungen: Einschichtige und mehrschichtige Modelle	198
5.2.3	Informationsfluss: Feed forward, feed back und rekurrente Netzwerke.	202
5.2.4	Lernregeln für überwachter-lernende Netzwerke	203
5.2.5	Ein allgemeines Lernparadigma.	209
5.2.6	Exkurs: Graphentheoretische Darstellung neuronaler Netze	210
5.2.7	Informationsverarbeitung in neuronalen Netzen	214

5.3	Modelle des selbstorganisierten Lernens	217
5.3.1	Selbstorganisierende Karte	218
5.3.2	Das Self-Enforcing Network (SEN).	221
5.4	Zusammenfassung: (Klassische) NN-Typen im Vergleich	227
5.4.1	Aktuelle Trends	231
5.5	Maschinelles Lernen: Deep Learning	232
5.5.1	Tiefe Netze (Deep Learning)	233
5.5.2	Convolutional Neural Networks (CNN).	233
5.5.3	Long-Short-Term-Memory (LSTM)	237
5.5.4	Unüberwachtes, semi-überwachtes, selbst-überwachtes und verstärkendes Lernen.	240
5.5.4.1	Unüberwachtes Lernen	240
5.5.4.2	Semi-überwachtes und selbst-überwachtes Lernen	241
5.5.4.3	Verstärkendes Lernen (reinforcement learning)	244
5.5.5	Aktuelle Trends: Transformer	246
5.6	Analyse konkreter Modelle	250
5.6.1	Optische Erkennung handgeschriebener Zahlen	251
5.6.2	Transfer-Learning: Bildgebende Diagnostik mit einem Residual Network (ResNet)	255
5.6.3	ChatGPT für die Bestimmung einer Fitnessfunktion, zur Optimierung von LSTM und CNN	262
5.6.4	Auswahl von Standorten für Offshore-Windkraftanlagen durch ein SEN	275
5.6.5	Auswirkungen des cue validity factors auf die Analyse der Influenzaausbreitung durch SEN	279
6	Modellierung des Ungenauen: Fuzzy-Mengenlehre und Fuzzy-Logik	285
6.1	Einführung in die Grundbegriffe: Von der Unschärfe der Realität	287
6.2	Ein Begriffsexkurs: Wahrscheinlichkeit und Unschärfe	297
6.3	Variationen der Operatoren und unscharfe Logik	301
6.4	Unschärfe Relationen.	303
6.5	Experten- und Produktionssysteme sowie Defuzzifizierungen.	306
6.6	Aktuelle Trends	312
6.7	Darstellung und Analyse konkreter Modelle	317
6.7.1	Die Modellierung von Wahlverhalten mit einem Fuzzy-ZA	317
6.7.2	Ampelsteuerungen durch ein Fuzzy-System	322
6.7.3	Aufwandschätzung in einer Poker Party mit Fuzzy-Logik	327
7	Hybridisierungen der Basismodelle	333
7.1	Hybride Systeme und Metaparameter	335
7.2	Darstellung von Beispielen	340
7.2.1	Referenztypenbildung durch SEN zur Reduktion der Trainingsdatenmenge in überwacht-lernenden Netzwerken	340

7.2.2	SEN trifft R: shinySENalytics	347
7.2.3	ZA trifft ANG: COVID-19-Pandemie in Deutschland.	350
7.2.4	Modellierung und Steuerung von Verkehrsaufkommen auf Autobahnen durch die horizontale Koppelung eines ZA mit einer SOM	358
7.2.5	Die Modellierung kognitiver Ontogenese: Ein horizontal gekoppeltes hybrides System	366
8	Resümee und Perspektiven	379
	Literatur.	383
	Stichwortverzeichnis.	403