

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Gradientenbasierte Optimierung	7
1.1 Globale und gradientenbasierte Optimierung	7
1.1.1 Das globale Optimierungsproblem	7
1.1.2 Iterative gradientenbasierte Optimierung	8
1.1.3 Quadratische Approximation einer Funktion	9
1.2 Gradientenbasierte Optimierungsverfahren	9
1.2.1 Liniensuche	10
1.2.2 Gradientenabstieg	10
1.2.3 Verfahren mit adaptiven Lernraten	11
1.2.4 Weight-Backtracking	13
1.2.5 Rprop: Resilient-Backpropagation	14
1.2.6 Der BFGS-Algorithmus	18
1.2.7 Das Verfahren der konjugierten Gradienten	19
1.2.8 Quickprop	20
1.3 Verbesserungen des Rprop-Algorithmus	21
1.3.1 Rprop mit verbessertem Weight-Backtracking	21
1.3.2 Alternatives Rprop ohne Weight-Backtracking	23
1.3.3 Empirische Evaluation auf paraboloiden Fehleroberflächen	24

2	Evolutionäre Algorithmen	31
2.1	Grundlegende Betrachtungen	32
2.1.1	Der kanonische evolutionäre Algorithmus	32
2.1.2	Globale, randomisierte Suche und evolutionäre Algorithmen	37
2.1.3	Die Genotyp-Phänotyp-Abbildung	39
2.1.4	Anmerkungen zum Entwurf evolutionärer Algorithmen	41
2.2	Möglichkeiten allgemeiner Suchalgorithmen	45
2.2.1	Das NFL-Theorem	46
2.2.2	Anteil der unter Permutationen abgeschlossenen Teilmengen	49
2.2.3	Suchräume mit Nachbarschaftsrelationen	52
2.2.4	Diskussion	54
2.3	Adaptation von Strategieparametern	55
2.3.1	Übersicht über Methoden zur Adaptation von Strategieparametern	56
2.3.2	Adaptation der Mutationsverteilung im $\mathbb{R}^n$	59
2.3.3	Adaptation von Operatorwahrscheinlichkeiten	68
2.4	Redundanz in der Codierung	73
2.4.1	Redundanz in biologischen Genotyp-Phänotyp-Abbildungen	73
2.4.2	Beschreibungsgrößen redundanter Codierungen	77
2.4.3	Redundanz in evolutionären Algorithmen	78
2.4.4	Neutralität und Strategieadaptation	79
2.4.5	Benötigte Funktionsauswertungen in Abhängigkeit der Neutralität	81
3	Entwurf von MP-Netzen	87
3.1	Neuronale Netze	88
3.1.1	Grundlagen	89
3.1.2	Datengetriebene Adaptation neuronaler Netze	93
3.1.3	Wichtige Eigenschaften von MP-Netzen	94
3.2	Anwendung des erweiterten Rprop-Algorithmus	96
3.2.1	Vergleich mit anderen Lernverfahren	96
3.2.2	Anmerkungen zur Generalisierung	102
3.2.3	Zusammenfassung und Diskussion	103
3.3	Strukturoptimierung von MP-Netzen	104

3.3.1	Evolutionäre Strukturoptimierung	104
3.3.2	Topologieoptimierung neuronaler Netze	105
3.3.3	Strukturoptimierungsalgorithmen	111
3.4	Operatoradaptation und -bewertung	120
3.4.1	Operatoradaptation	121
3.4.2	Bewertung von Operatoren	128
3.5	Auswirkung phänotypischer Redundanz	130
3.5.1	Genotyp, Phänotyp und Redundanz bei MP-Netzen	131
3.5.2	Graphisomorphismen	132
3.5.3	Phänotypische Redundanz durch isomorphe neuronale Netze	135
3.5.4	Das Competing-Conventions-Problem	137
3.5.5	Der Suchraum bei der Strukturoptimierung neuronaler Netze	138
3.5.6	Experimenteller Nachweis der Auswirkung der Redundanz	145
3.5.7	Nutzung einer Graphdatenbank	150
3.5.8	Zusammenfassung und Diskussion	152
4	Entwurf neuronaler Felder	155
4.1	Neuronale Felder	156
4.2	Gradientenbasierte Optimierung	162
4.2.1	Gradientenbestimmung durch Vorwärtspropagation	163
4.2.2	Gradientenbestimmung durch Rückwärtspropagation	164
4.2.3	Vergleich mit rückgekoppelten MP-Netzen	167
4.3	Evolutionäre Optimierung und ein hybrides Optimierungsverfahren	167
4.4	Experimenteller Vergleich	168
4.4.1	Einschichtiges Feldmodell	169
4.4.2	Zweischichtiges Feldmodell	172
4.4.3	Diskussion	173
4.5	Entwurf eines Modells früher visueller Informationsverarbeitung	174
4.5.1	Neurophysiologische Daten	175
4.5.2	Makroskopische Modellierung	178
4.5.3	Evolutionäre Parameteradaptation	180
4.6	Evolutionäre Algorithmen und biologische Modellierung	181

5 Zusammenfassung und Ausblick	185
A Testdaten	191
B Entwurf neuronaler Felder	195
B.1 Ableitungen der Wechselwirkungskerne und Transferfunktionen	195
B.2 Gradient des zweischichtigen neuronalen Feldes	196
B.3 Stabilität homogener Lösungen des zweischichtigen neuronalen Feldes . . .	199
C Technische Anwendungen der CMA-ES	203
C.1 Parameteranpassung eines Systems zur visuellen Hinderniserkennung . . .	203
C.2 Adaptation eines neuronalen Feldes zur Lenkwinkelsteuerung	209
Literatur	213