

GLEAM

General Learning Evolutionary Algorithm and Method

Ein Evolutionärer Algorithmus und seine Anwendungen

von

Christian Blume

Wilfried Jakob

Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Grundlagen Evolutionärer Algorithmen | 7 |
| 2.1 | Die biologische Evolution - das Vorbild Evolutionärer Algorithmen | 8 |
| 2.2 | Aufbau Evolutionärer Algorithmen | 11 |
| 2.3 | Bewertung und Mehrzieloptimierung | 16 |
| 2.4 | Konvergenz Evolutionärer Algorithmen | 17 |
| 2.5 | Strukturierte Populationen und Parallelität | 17 |
| 2.6 | Grundformen Evolutionärer Algorithmen | 19 |
| 2.7 | Einsatzbereich Evolutionärer Algorithmen | 20 |
| 3 | Klassische Evolutionäre Algorithmen | 23 |
| 3.1 | Genetische Algorithmen | 23 |
| 3.2 | Evolutionstrategie | 28 |
| 3.3 | Schlußfolgerungen für GLEAM | 32 |
| 4 | Evolutionärer Algorithmus GLEAM | 33 |
| 4.1 | Definition und Struktur des genetischen Codes von GLEAM | 33 |
| 4.2 | Aktionskonzept für die Planung und Steuerung von Prozessabläufen | 36 |
| 4.2.1 | Anwendungsbeispiel für das Aktionskonzept | 37 |
| 4.2.2 | Typen von Aktionen und Aktionsketten | 40 |
| 4.3 | Statische Interpretation des Genmodells | 41 |
| 4.4 | Genetische Operatoren von GLEAM | 41 |
| 4.4.1 | Segmentmutationen | 42 |
| 4.4.2 | Aktionsmutationen | 44 |
| 4.4.3 | Parametermutationen | 46 |
| 4.4.4 | Crossover-Operatoren | 48 |
| 4.5 | Plausibilitätstest und Genetic Repair | 48 |
| 4.6 | Evolutionablauf bei GLEAM | 49 |
| 4.6.1 | Initialisierung der Startpopulation | 49 |
| 4.6.2 | Erzeugung von Nachkommen mit Genetic Repair | 51 |
| 4.6.3 | Stagnationsorientierte Abbruchkriterien | 51 |
| 4.7 | Simulation des Evolutionsergebnisses | 52 |
| 4.8 | Bewertung von Aktionsketten | 53 |
| 4.8.1 | Prioritätssteuerung der Bewertung | 57 |

| | |
|--|------------|
| 4.8.2 Beispiel einer Bewertung | 58 |
| 4.9 Vergleich von GLEAM mit anderen EAs | 59 |
| 5 Industrietaugliche Evolutionäre Algorithmen H!GLEAM und HyGLEAM | 61 |
| 5.1 Anforderungen an einen industrietauglichen Evolutionären Algorithmus | 61 |
| 5.2 Hybride Evolutionäre und Memetische Algorithmen | 64 |
| 5.3 H!GLEAM | 67 |
| 5.3.1 Konzept der Heuristik für Aktionsketten | 68 |
| 5.3.2 Roboterprogrammierung und Kollisionsvermeidung | 69 |
| 5.3.3 Definition der heuristischen Operatoren | 70 |
| 5.3.3.1 Kinematische Ableitung | 71 |
| 5.3.3.2 Heuristischer Anteil von Individuen mit Suchbewegungen bei der Initialisierung der Startpopulation | 72 |
| 5.3.3.3 Einfügen heuristisch konstruierter Codesegmente durch genetische Operatoren während der Evolution | 73 |
| 5.3.3.4 Automatische Zielfindung durch Anfügen von Bewegungen | 75 |
| 5.3.3.5 Implementierung auf einer industriellen Robotersteuerung | 75 |
| 5.4 HyGLEAM | 77 |
| 5.4.1 Konzept der Kosten-Nutzen basierten Adaption | 79 |
| 5.4.2 Adaptiver multi-memetischer Algorithmus in HyGLEAM | 83 |
| 5.4.3 Experimente mit HyGLEAM | 84 |
| 5.4.3.1 Testaufgaben | 84 |
| 5.4.3.2 Experimente mit den Basisalgorithmen und den beiden einfachen MAs | 88 |
| 5.4.3.3 Experimente mit dem multi-memetischen Algorithmus von HyGLEAM | 93 |
| 5.4.3.4 Empfohlene HyGLEAM-Parametrierung | 97 |
| 5.4.4 Andere Ansätze zur Adaption bei Memetischen Algorithmen | 99 |
| 6 Anwendungen von GLEAM, H!GLEAM und HyGLEAM | 103 |
| 6.1 LESAK - das erste Experiment | 106 |
| 6.1.1 Grundidee des Roboterexperiments | 107 |
| 6.1.2 Bewertungskriterien und Resultate | 110 |
| 6.2 Roboteranwendungen mit GLEAM | 115 |
| 6.2.1 Mitsubishi-Roboter R500, RV-M1 und RV-E2 | 116 |
| 6.2.2 ABB-Industrieroboter IRB 2400 | 117 |
| 6.2.3 KUKA R15 Roboter bei DaimlerChrysler | 120 |
| 6.3 H!GLEAM: Heuristik und Robotersteuerung | 121 |
| 6.4 Parallelimplementierung von GLEAM mit dem LESAK-Experiment | 125 |

| | | |
|------------------|--|------------|
| 6.5 | Verfahrwegoptimierung eines Portalroboters | 127 |
| 6.6 | Stapelsortierung in der Bauindustrie | 131 |
| 6.6.1 | Evolutionsparameter | 133 |
| 6.6.2 | Interpretation der Aktionen | 133 |
| 6.6.3 | Resümee dieser Anwendung | 134 |
| 6.7 | Schedulingprobleme | 134 |
| 6.7.1 | Scheduling und Ressourcenoptimierung in der Verfahrenstechnik | 136 |
| 6.7.1.1 | Genmodell | 137 |
| 6.7.1.2 | Bewertung | 138 |
| 6.7.1.3 | Ergebnisse | 142 |
| 6.7.2 | Scheduling und Ressourcenoptimierung in einer Härtereier | 144 |
| 6.7.2.1 | Daten zur Anlagen- und Auftragsbeschreibung | 144 |
| 6.7.2.2 | Aufgabenstellung und Kriterien zur Bewertung | 145 |
| 6.7.2.3 | Permutationsoperator zur Veränderung einer Warteschlange ... | 147 |
| 6.7.2.4 | Verschiebung der Abarbeitung bei Öfen | 148 |
| 6.7.2.5 | Stationen gleichen Typs | 148 |
| 6.7.2.6 | Zusammenfassung zu Chargen | 149 |
| 6.7.2.7 | Überschreiten der maximalen Anzahl von Arbeitsschritten | 149 |
| 6.7.2.8 | Bewertung | 150 |
| 6.7.2.9 | Einfaches Beispiel mit nur einer Station eines Stationstyps | 151 |
| 6.7.2.10 | Akzeptanz der Planerstellung | 153 |
| 6.7.2.11 | Zeitmessungen von Testläufen | 154 |
| 6.7.3 | Schnelles Scheduling und Ressourcenplanung im Grid | 155 |
| 6.7.3.1 | Komplexität des Problems | 156 |
| 6.7.3.2 | Ressourcenmanagement mit GORBA | 157 |
| 6.7.3.3 | Bewertung | 157 |
| 6.7.3.4 | Heuristiken zur Gridjobreihenfolge und zur Ressourcenauswahl | 158 |
| 6.7.3.5 | Zwei alternative Genmodelle und geno- sowie phänotypische Reparatur | 159 |
| 6.7.3.6 | Spezielle Crossover-Operatoren | 162 |
| 6.7.3.7 | Experimente und Ergebnisse | 162 |
| 6.7.3.8 | Fehlschläge | 168 |
| 6.8 | Designoptimierung | 168 |
| 6.8.1 | Heterodynempfänger | 169 |
| 6.8.1.1 | Bewertung | 170 |
| 6.8.1.2 | Ergebnisse | 173 |
| 6.8.2 | Mikrostrukturierte Aktorplatte | 173 |
| 6.8.2.1 | Plausibilitätstest, Simulation und Bewertung | 174 |
| 6.8.2.2 | Genmodelle | 176 |
| 6.8.2.3 | Ergebnisse | 176 |
| Literatur | | 179 |
| Index | | 189 |