

Autor:

Schauten, Daniel

Titel:

Evolutionäre Merkmalsselektion und Suchraumpartitionierung für die datenbasierte Fuzzy-Modellierung hochkomplexer Systeme

Zusammenfassung:

Eine zentrale Aufgabenstellung in den ingenieurwissenschaftlichen und wirtschaftswissenschaftlichen Disziplinen besteht in der Analyse, Überwachung und gezielten Beeinflussung von Systemen. Dabei bestimmt häufig das Vorhandensein eines geeigneten Systemmodells den Erfolg, in dem gezielte Systemeingriffe simulativ getestet und optimiert werden können. Datenbasierte Methoden eignen sich insbesondere in denjenigen Anwendungen, bei denen sich die Herleitung und Identifikation eines analytischen Modells aus den Wirkzusammenhängen als zu schwierig oder aufwendig erweist. Dabei nimmt die datenbasierte Fuzzy-Modellierung eine besondere Stellung ein, weil durch sie interpretierbare Modelle auch bei wenig verfügbarem Systemverständnis generiert werden können. Eine Methode zur datenbasierten Fuzzy-Modellierung ist das Fuzzy-ROSA-Verfahren, das nacheinander einzelne Regelhypothesen aufstellt und testet und so die Regelbasis sukzessive aus statistisch abgesicherten WENN-DANN-Regeln aufbaut. In der vorliegenden Arbeit werden neue Strategieelemente vorgestellt, die eine erhebliche Effizienzsteigerung des Fuzzy-Modellierungsverfahrens bewirken und zudem die Bearbeitung von noch komplexeren Aufgabenstellungen erlaubt. Hierzu zählt in erster Linie ein evolutionäres Verfahren, das aus einer Menge von potenziellen Einflussgrößen eines gegebenen Modellierungsproblems automatisiert einen relevanten Merkmalsatz selektiert. Hierdurch wird eine Komplexitätsreduktion für das nachgeschaltete Modellierungsverfahren erzielt und darüber hinaus dem Anwender durch Angabe der prozessrelevanten Einflussgrößen ein transparenter Einblick zur Erhöhung seines Systemverständnisses gegeben. Ein zentrales Strategiekonzept besteht dabei in der Berücksichtigung des Zusammenspiels aller betrachteter Einflussgrößen zu einer gesamtheitlichen Relevanzbewertung, wodurch Redundanzen innerhalb des Merkmalsatzes aufgespürt und eliminiert werden. Ein weiteres herausragendes Merkmal besteht in der Berücksichtigung und Optimierung der Partitionierung des Merkmalsraumes, wodurch die Bereitstellung einer den Datenstrukturen gut angepassten Fuzzy-Partitionierung des Merkmalsraumes gewährleistet wird. Aufgrund des starken nichtlinearen Einflusses der Partitionierung und der damit verbundenen Multimodalität der Relevanzbewertungsfunktion werden höchste Anforderungen an das eingesetzte Optimierungsverfahren, der Evolutionsstrategie, gestellt, so dass hieraus einige Strategieelemente zur Effizienzsteigerung von Evolutionsstrategien motiviert und umgesetzt worden sind. Der wesentliche Kern besteht dabei in der Einführung adaptiv diskretisierter Suchräume, wodurch mehrfache Fitnessauswertungen vermieden und eine inhärente Diversität der Population erzielt werden kann. Der deutlich Effizienzgewinn für einen Anwender durch Einsatz sämtlicher Strategieelemente für komplexe Modellierungsprobleme zeigt sich in Fuzzy-Modellen mit deutlich erhöhter Modellgenauigkeit bei gleichzeitig reduzierter Regelanzahl. Dies wird anhand vieler in der Literatur verbreiteter Benchmarkproblemen sowie einigen hochkomplexen realen industriellen Anwendungen belegt. Ausgehend von den überragenden Ergebnissen bei Modellierungsproblemen ist die Grundidee der evolutionären Merkmalsselektion auf einen schrittweisen relevanzbasierten Entwurf von TSK-Fuzzy-Reglern für nichtlineare Systeme übertragen worden. Der wesentliche Vorteil dieser neuen evolutionären Methode zum Reglerentwurf besteht darin, dass eine strukturelle Anpassung und Parameteroptimierung kombiniert angewendet wird.