

Autor:

Sternke, Martin

Titel:

Robuste datenbasierte Fuzzy-Modellierung komplexer Systeme: neue Strategieelemente und systematische Entwurfsstrategien

Zusammenfassung:

Für die heutigen komplexen Systeme und Prozesse ist eine klassische mathematische Modellierung oft nicht möglich. Verfahren, die Modelle allein anhand von Daten erstellen, gewinnen daher immer mehr an Bedeutung. Bei der datenbasierten Modellierung haben sich unter anderem Fuzzy-Modelle etabliert, die sich gegenüber anderen Ansätzen durch gute Interpretierbarkeit auszeichnen, da sie WENN-DANN-Regeln verwenden, die der menschlichen Art und Weise, Wissen zu formulieren, stark ähneln. So lassen sich die Regeln auf ihre Plausibilität hin prüfen und Expertenwissen in das Modell integrieren.

Eine Methode zur datenbasierten Fuzzy-Modellierung ist das Fuzzy-ROSA-Verfahren, das Modelle vom Typ Mamdani generiert. Dabei werden nacheinander einzelne Regelhypothesen aufgestellt und getestet und so die Regelbasis sukzessive aus statistisch abgesicherten Regeln aufgebaut. Zur Erhöhung der Approximationsgenauigkeit lässt sich ein Mamdani-Modell nachgelagert in ein Modell vom Typ Takagi-Sugeno-Kang (TSK) transformieren, was jedoch allgemein weniger gut interpretierbar ist. Um die Vorteile beider Modelltypen zu vereinen, kommt ein Ansatz für eine Transformation zum Einsatz, der die Interpretierbarkeit der Regeln erhält.

In der vorliegenden Arbeit werden für das Fuzzy-ROSA-Verfahren verschiedene neue Strategieelemente entwickelt. Hierzu zählt unter anderem ein neues Testverfahren zur Regelgenerierung für den Fall, dass nur wenige Datenpunkte vorliegen, die zudem fehlerbehaftet sein können. Ferner werden neue Strategien zur Transformation eines Mamdani-Modells in ein TSK-Modell entwickelt. Diese erzielen sowohl eine Verbesserung der Approximationsgenauigkeit als auch eine Erhöhung der Robustheit der Transformation gegenüber fehlerbehafteten Datenpunkten. Das Fuzzy-ROSA-Verfahren unterstützt zudem sogenannte negative Mamdani-Regeln. Diese drücken keine Empfehlungen aus, sondern Warnungen oder Verbote. Da Experten ihr Wissen häufig auch in dieser Form artikulieren, kommt diesen Regeln eine große Bedeutung zu. Es wird ein hybrides Fuzzy-System vorgestellt, durch das negative Regeln auch für TSK-Systeme nutzbar gemacht werden. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Formulierung systematischer Entwurfsstrategien für die Modellierung mit dem Fuzzy-ROSA-Verfahren. Da sich industrielle Anwender aus Zeit- und Kostengründen häufig nicht mit der Parametrierung des Fuzzy-ROSA-Verfahrens befassen können, sind Verfahren erforderlich, die für die jeweilige Modellierung automatisch eine möglichst optimale Parametereinstellung vornehmen. Hierzu werden Untersuchungen an verschiedensten Modellierungsproblemen durchgeführt und aus der so aufgebauten Datenbasis problemspezifische Einstellregeln für die freien Parameter des Fuzzy-ROSA-Verfahrens abgeleitet. Dies erfolgte sowohl wissensbasiert als auch mit dem Fuzzy-ROSA-Verfahren selbst.