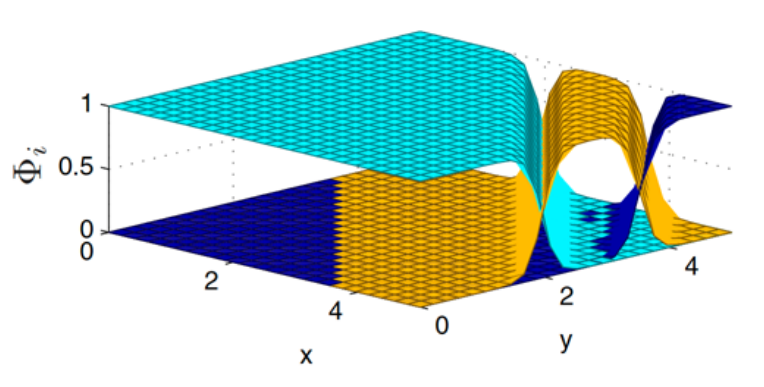
DA Control-Oriented Neuro-Fuzzy Networks

Entwicklung und didaktische Aufbereitung eines Anwendungsbeispiels zu Neuro-Fuzzy-Netzwerken für die Regelung nichtlinearer Systeme für die Neuauflage des Skriptums „Intelligente Regelverfahren“

Hintergrund und Motivation



Viele moderne regelungstechnische Systeme arbeiten in stark nichtlinearen, betriebspunktabhängigen Bereichen und liefern umfangreiche Mess- und Prozessdaten – etwa aus Sensorik, Zustandsbeobachtern, Prüfständen oder Simulationen. Für die Modellierung und Regelung solcher Systeme sind Methoden gefragt, die **Nichtlinearitäten** strukturiert abbilden, **interpretierbar** bleiben und sich **regelungstechnisch gezielt** einsetzen lassen. **Control-Oriented Neuro-Fuzzy Networks** verbinden die Lernfähigkeit neuronaler Netze mit der Struktur und Interpretierbarkeit von fuzzy-basierten lokalen Modellen. Typisch ist die Darstellung nichtlinearer Dynamiken mittels lokaler Teilmodelle und eine gewichtete Fusion mittels Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen. Dadurch entstehen **lokale Modellnetzwerke**, die sowohl für datengetriebene Identifikation als auch für regelungsorientierte Entwürfe (z. B. modellbasierte Regelung) sehr geeignet sind. Für die Lehre bieten sie einen idealen Zugang, weil sich zentrale Konzepte wie die **Partitionierung des Zustands-/Eingangsraums, Interpretierbarkeit, Bias-Varianz, Stabilität/Robustheit, Generalisierung und der Übergang von der Modellbildung zur** Regelung anschaulich darstellen lassen.

Vor diesem Hintergrund entsteht eine überarbeitete Version des Skriptums „Intelligente Regelverfahren“ begleitend zur Wiederaufnahme und Aktualisierung der gleichnamigen Lehrveranstaltung zu AI-Methoden in der Regelungstechnik. Ziel dieser Diplomarbeit ist es, die vorhandenen Unterlagen zu *control oriented* Neuro-Fuzzy Netzwerken fachlich und didaktisch zu überarbeiten und ein anschauliches, modernes Beispielpaket (Grafiken + Code + kurze Erklärtexte) zu überarbeiten/entwickeln, das Studierenden einen intuitiven und sauberen Einstieg in **Neuro-Fuzzy Modellbildung und Regelung nichtlinearer Systeme mit lokalen Modellnetzwerken** ermöglicht.

Aufgaben

- Einarbeitung in Neuro-Fuzzy-Netzwerke mit Fokus auf *control-oriented* Strukturen
- Sichtung, Überarbeitung und Strukturierung vorhandener Unterlagen (inhaltliche Konsistenz, Notation, didaktischer Aufbau, typische Missverständnisse)
- Konzeption eines regelungstechniknahen, verständlichen Lehr-/Anwendungsbeispiels zur Regelung eines nichtlinearen Systems mit lokalen Modellnetzwerken (z. B.

nichtlinearer Prozess mit betriebspunktabhängigem Verhalten, vereinfachtes Antriebssystem, Tank-/Thermo-/Mechanikbeispiel)
- Implementierung in Python oder MATLAB
- Aufbau eines didaktischen Workflows inkl.:
  - Datenerzeugung / Datensatzaufbereitung (Simulation oder Messdaten), Skalierung und Trainings-/Test-Splits
  - Identifikation eines lokalen Modellnetzwerks (Strukturwahl, Anzahl lokaler Modelle, usw.)
  - Training/Optimierung der Parameter (z. B. lokale lineare Modelle + Membership-Parameter), Metriken und Lernkurven
  - Vergleich unterschiedlicher Modellkomplexitäten (Anzahl lokaler Modelle, Regularisierung, Overfitting/Generalization)
  - Ableitung und Demonstration eines regelungsorientierten Konzepts
- Erstellung eines didaktischen Bausteins zur Integration in Skriptum/Vorlesung: Grafiken, Code-Ausschnitte, kurze, gut verständliche Beschreibung (inkl. „Takeaways“ und typischer Fehlerquellen)

Anforderungen

- Interesse an **Regelungstechnik** und KI-Methoden (insb. Neuro-Fuzzy / lokale Modelle)
- Grundkenntnisse in **Python oder MATLAB**
- Selbstständige Arbeitsweise und Freude daran, Inhalte **didaktisch** aufzubereiten (klare Beispiele, reproduzierbarer Code)

Benefits

- Fundierter Einstieg in Neuro-Fuzzy-Modellbildung und deren regelungsorientierte Anwendung
- Praxisnahes Arbeiten an einem Beispiel mit unmittelbarer Verwendung in der Lehrveranstaltung „Intelligente Regelverfahren“
- Sichtbarer Beitrag zur aktualisierten Lehrunterlage „Intelligente Regelungsverfahren“
- Sehr gute Grundlage für spätere Forschungs- oder Industriearbeiten im Feld AI & Regelungstechnik

Kontakt

Assoc. Prof. Dr. Christoph Hametner
Telefon + 43 1 58801 325515
E-Mail christoph.hametner@tuwien.ac.at

Institut für Mechanik und Mechatronik
Regelungstechnik und Prozessautomatisierung E325-04
TU Wien, Getreidemarkt 9 BA / 6. Stock, 1060 Wien

Univ. Ass. DI Christoph Markler
Telefon + 43 1 58801 325 540
E-Mail christoph.markler@tuwien.ac.at

Institut für Mechanik und Mechatronik
Regelungstechnik und Prozessautomatisierung E325-04
TU Wien, Getreidemarkt 9 BA / 6. Stock, 1060