

Computational Intelligence

M. Sc. Andreas Buschermöhle, M. Sc. Jan H. Schoenke

Übungsblatt 9 - Fuzzy-Systeme II: ANFIS, Clustering & Takagi-Sugeno-Systeme

Abgabe bis Mittwoch, 09.07.2014, 12:00 Uhr

In diesem Übungsblatt werden Algorithmen in Matlab geschrieben und zur Auswertung ein- und zweidimensionale Plots angefertigt. Erstellen Sie im Dateiordner Ihrer Gruppe in Stud.IP einen Ordner mit dem Namen **Blatt 9** und laden Sie zu zweit sowohl die m-Files, als auch die fertigen Matlab-Figures mit sinnvoller Achsenbeschriftung rechtzeitig in diesen Ordner hoch. Geben Sie in Vips je nach Aufgabenstellung die textuelle Interpretationen Ihrer Ergebnisse sowie ggf. die Namen der Dateien an, die sich auf die jeweilige Aufgabe beziehen.

Aufgabe 9.1: ANFIS (15 + 10 + 0 = 25 P)

ANFIS ermöglicht es, ein Fuzzy-System aus Daten zu Lernen. Um dies an einem Beispiel zu erproben, ist in Stud.IP ein Datensatz (`steeringDynamics.mat`) zur Dynamik der Steuerung eines Autos gegeben. Dieser enthält in einer Matrix 3825 Einträge, die die Fahrsituation durch eine Lenkaktion $\in [0, 1]$ rad und eine Geschwindigkeit $\in [0, 10]$ m/s beschreiben und die Reaktion des Fahrzeugs darauf durch die Veränderung der Ausrichtung des Fahrzeugs $\in [0, 1]$ rad/s.

- Aus den gegebenen Daten soll in Matlab mit dem Tool `anfisedit` ein ANFIS-Netz trainiert werden und das Resultat interpretiert werden. Analysieren Sie die Daten mit `anfisedit` und versuchen Sie herauszufinden, mit wie vielen Fuzzymengen für die beiden Prämissen sich die Daten beschreiben lassen. Welche Form der Zugehörigkeitsfunktionen haben Sie gewählt? Nach welchem Kriterium haben Sie die Anzahl der Fuzzymengen bestimmt? Wie haben Sie die Daten zum Training genutzt?
- Ordnen Sie den Fuzzymengen sinnvolle Namen zu und interpretieren Sie die entstandenen Regeln. Was lässt sich über das Verhalten des Autos sagen?
- (freiwillig) In Stud.IP befindet sich ein weiterer Datensatz (`accDynamics.mat`) zur Dynamik der Beschleunigung des selben Autos. Dieser Datensatz enthält ebenfalls eine Matrix mit 3825 Einträgen, die die Fahrsituation durch eine Beschleunigungsaktion (Gaspedal) $\in [0, 1]$ % und eine Geschwindigkeit $\in [0, 10]$ m/s beschreiben und die Reaktion des Fahrzeugs darauf durch die Veränderung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs $\in [0, 1]$ m/s². Führen Sie die in Aufgabenteil a) und b) beschriebene Analyse für diesen Datensatz durch.

Aufgabe 9.2: Fuzzy-C-Means (20 + 15 = 35 P)

In dieser Aufgabe soll eine Fuzzy-Beschreibung zum Clustering durch Fuzzy-C-Means eingesetzt werden. Hierzu ist in Stud.IP der Iris-Datensatz ¹ (`iris.data`) gegeben. Dieser besteht aus den Größenangaben zu Kron- und Blütenblättern dreier verschiedener Pflanzensorten. Für jede Sorte liegen 50 Daten vor. In der Datei sind die ersten vier Werte jeder Zeile die Blattgrößen und in der fünften Zeile die Zuordnung zu der Pflanzensorte (1, 2 oder 3).

¹Quelle: <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Iris>

- a) Setzen Sie den Fuzzy-C-Means-Algorithmus aus der Vorlesung um, um die Daten des Iris-Datensatzes (nur die ersten vier Werte) zu clustern. Überprüfen Sie Ihr Resultat, indem Sie für jede der drei Pflanzenarten bestimmen, ob sie von Ihrem Clustering-Algorithmus zu einem Cluster zusammengefasst wurde und diskutieren Sie Ihre Ergebnisse.
- b) Untersuchen Sie den Einfluss der Unschärfegewichtung m . Welche Einstellung dieses Wertes eignet sich am Besten, um die korrekten Iris-Cluster zu erhalten?

Aufgabe 9.3: **Fuzzy-Control** **(10 + 20 + 7 + 3 = 40 P)**

In dieser Aufgabe wird eine Fahrzeugsteuerung für das aus Blatt 2 bzw. 6 bekannte Autorennen in Form eines Takagi-Sugeno-Fuzzy-System entwickelt. Die Fahrzeugphysik ist im Vergleich zu den früheren Versionen verändert und folgt qualitativ dem Verhalten der in Aufgabe 9.1 behandelten Datensätze. Für das Design des Fuzzy-Systems soll daher das in Aufgabe 9.1 gewonnene Wissen über das Verhalten des Fahrzeugs genutzt werden.

Die Fahrzeugsteuerung generiert (wie bisher auch) Vorgaben für die Beschleunigung und Lenkung des Fahrzeugs, jeweils aus dem Intervall $[-1, 1]$. Dafür stehen ihr folgende Eingaben zur Verfügung:

1. eigene x-Position x
2. eigene y-Position y
3. eigene Geschwindigkeit v .
4. eigene Ausrichtung ϕ .
5. Winkeldifferenz zum aktuellen Zielpunkt $\Delta\phi_1$
6. Abstand zum aktuellen Zielpunkt r_1
7. Winkeldifferenz zum nächsten Zielpunkt $\Delta\phi_2$
8. Abstand zum nächsten Zielpunkt r_2

In Stud.IP steht die Datei `simCar.m` zur Verfügung, welche die Simulation eines Autorennens für eine gegebene Fahrzeugsteuerung durchführt. In der Datei `simCar.m` wird die Funktion

```
function fit = simCar(driver, n, show)
```

implementiert, die im Parameter `driver` entweder ein `function_handle` einer Fahrzeugsteuerung oder ein `cell`-Array von `function_handles` von Fahrzeugsteuerungen erwartet. Der Parameter `n` bestimmt die Anzahl der Simulationsschritte, die durchgeführt werden sollen und das Flag `show` zeigt an ob die Simulation visualisiert werden soll. Der Rückgabewert `fit` gibt je Fahrzeugsteuerung die Anzahl der während der Simulation erreichten Ziele an.

Im Folgenden soll ein Takagi-Sugeno-Fuzzy-System 0. Ordnung entworfen werden, um die Fahrzeugsteuerung zu realisieren.

- a) Treffen Sie aus den zur Verfügung stehenden Eingaben (1. - 8.) an die Fahrzeugsteuerung eine sinnvolle Auswahl, um eine möglichst gute Steuerung entwickeln zu können. Entwerfen Sie für die von Ihnen gewählten Eingaben Fuzzymengen, geben Sie diesen sinnvolle Namen und stellen Sie sie graphisch dar.

Ihre Auswahl muss wenigstens zwei Eingaben enthalten, sowohl für die Beschleunigung, als auch für die Lenkung. Prüfen Sie welche Eingaben und zugehörigen Fuzzymengen Sie sowohl für die Bestimmung der Beschleunigung als auch des Lenkwinkels verwenden können und entwerfen Sie ggf. zwei separate Fuzzy-Systeme für die beiden Ausgaben.

- b) Entwickeln Sie für die von Ihnen bestimmten Fuzzymengen eine Regelbasis unter Berücksichtigung der in Aufgabe 9.1 gewonnenen Erkenntnisse zur Fahrzeugdynamik.
- c) Setzen Sie die von Ihnen gewählten Fuzzymengen und Regeln mit Hilfe der Fuzzy-Toolbox in ein (ggf. zwei) Takagi-Sugeno-Fuzzy-System(e) um.
- d) Schreiben Sie eine Matlabfunktion mit dem Namen `driverTSgroupXX` (XX durch Gruppennummer ersetzen), die von der Simulation `simCar` aufgerufen werden kann, um die Fahrzeugsteuerung zu implementieren. Für die Auswertung müssen Sie zunächst aus allen Eingaben an `driverTSgroupXX` diejenigen auswählen, die Sie in Aufgabenteil a) gewählt haben. Anschließend müssen Sie das in Aufgabenteil c) entwickelte `fis`-Objekt mit Hilfe der Funktion `evalfis` auswerten, um die Ausgabe zu bestimmen. Wie viele Ziele erreicht Ihre Fahrzeugsteuerung innerhalb von 5000 Simulationsschritten?