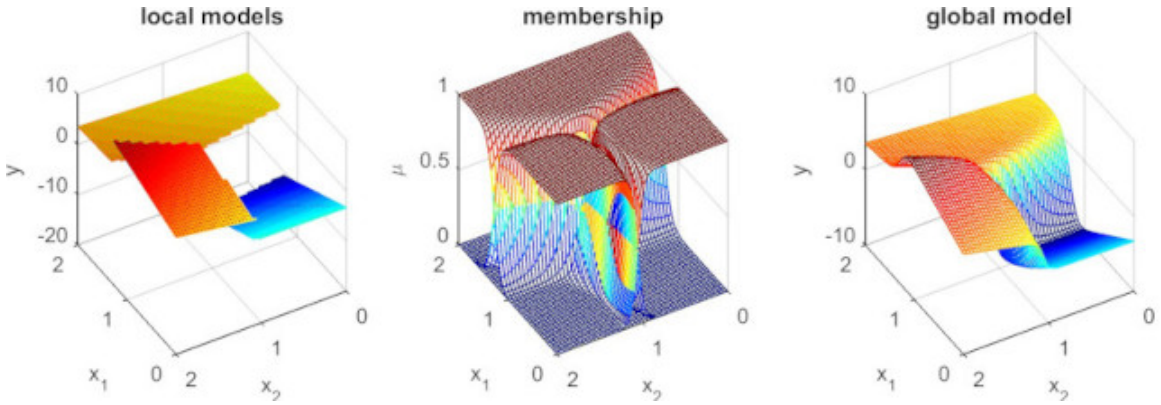
TS-Toolbox

Matlab-Toolbox zur nichtlinearen Systemidentifikation mittels lokal affiner Tagaki-Sugeno-Modelle



Version: 1.3 vom 14.9.2020

Prof. Dr.-Ing. Andreas Kroll, FG Mess- und Regelungstechnik, FB 15 Maschinenbau, Universität Kassel

mrt

URL: http://www.uni-kassel.de/go/mrt

Author: Axel Dürrbaum (mailto:axel.duerrbaum@mrt.uni-kassel.de)

Contents

Aufgabe: Nichtlineare Systemidentifikation und Regression

- für statische MISO-Modelle

$$y(t) = f(u_1(t), \ldots, u_m(t))$$

- oder dynamische MISO-Modelle

$$y(t) = f(u_1(t), \ldots, u_1(t-m_1), \ldots, u_m(t-1), \ldots, u_m(t-m_m), \ldots, y(t-1), \ldots, y(t-n)$$

Modellansatz: lokal affine Tagaki-Sugeno-Modelle (TS)

Überlagerung der c lokal affinen Teilmodelle $y_i(x)$ zu einem Gesamtmodell

$$\hat{y}(t) = \sum_{i=1}^{c} \mu_i(z) \cdot \hat{y}_i(x)$$

- mit den Eingangssignalen $u(t)$ und dem Ausgangssignal $y(t)$,
- der Scheduling-Variablen $z(u, y)$,
- der Zugehörigkeitsfunktionen $\mu_i(z)$,
- der Regressor-Variablen $x(u, y)$
- und den lokalen TS-Modellen $\hat{y}_i(x)$

Funktionsprinzip

- Datensatz $\{u(t), (y(t)\}$, ggf. Normierung und Split in Identifikations- und Validierungsdaten
- Ggf. Anpassung der Standard-Einstellungen der Hyperparameter * Clusterung ν, c, c_{FCM} * Multistart (Anzahl) * NL-Optimierung (Abbruch-Kriterien)
- Vorgabe der Anzahl der lokalen Modelle c und des Unschärfeparameters ν
- Clustering zur Emittlung der Partitionierung bzw. Lage der Teilmodelle im Scheduling-Raum, Multistartstrategie mit Auswahl des besten Ergebnisses auf Basis des Modellfehlers auf Identtifikationsdaten
- Initiale Schätzung der lokalen Modelle mittels Least-Squares-Verfahren (lokal oder global)
- Optionale Optimierung der Zugehörigkeitsfunktionen μ_i und/oder der lokalen Teilmodelle $\hat{y}_i$ mittels nichtlinearer Optimierung der Simulation (Matlab-Funktion `lsqnonlin`)
- Unterschiedliche Wahl der Scheduling- und Regeressor-Variablen möglich
- Validierung auf neuen Daten

Clusterung

Eingangs- (u) oder Produktraum $(u|y)$

Implementierte Algorithmen:

- Abstandsnormen: Euklid, Mahalanobis
- Fuzzy C-Means (FCM)
- Gustafson-Kessel (GK)

Verfügbare Zugehörigkeitsfunktionen

- FCM-Type-Funktionen
- Gauss-Funktionen

Lokale TS-Modelle

- Linear: $y(t) = \sum_{i=0}^{n} a_i \cdot u_i(t) + a_0$
- ARX: $y(t) = A \cdot y(t - dt) + B \cdot u(t) + C$
- OE: $y(t) = A \cdot y(t - dt) + B \cdot u(t) + C + e(t)$

Modellgütemaße

auf Identifikations- und Validierungsdaten

- Maximum Absolute Error (MAE)
- Sum of Squared Errors (SSE)
- Mean Squared Error (MSE)
- Root Mean Squared Error (RMSE)
- Normalized Mean Squared Error (NMSE)
- Best Fit Rate (BFR)
- Akaike Information Criterion (AIC)
- Bayesian Information Criterion (BIC)

Visualisierung

- Clusterung (2D, n-dimensional als mehrfache 2D)
- ??? Zugehörigkeitsmaße / Regelaktivierung
- Residuen
- ??? Residualhistogramm
- Simulation oder 1-Schritt-Prädiktion auf Identifikations- oder Validierungsdaten

Dokumentation

Benötigte Software

- Matlab R2019a oder höher (Windows/Linux/MacOS)
- Matlab Fuzzy Toolbox (Funktion fcm)
- Matlab Optimzation Toolbox (Funktion lsqnonlin)

Installation

1. Das Archiv `TS_Modell-<datum>-dist.zip` in ein beliebiges Verzeichnis entpacken
2. Das Verzeichnis mit der Klasse `TSModel` muss in den Matlab-Suchpfad aufgenommen werden:

```
addpath('.../TS_Toolbox/TSModel')
```

Verzeichnisse

- TS_Toolbox: Hauptverzeichnis der Toobox
- TS_Toolbox/TSModel: Klasse für TS-Modell
- TS_Toolbox/Functions: ohne Klasse TSModel nutzbare Funktionen
- TS_Toolbox/Examples: Beispielprojekte

Musterprojekte

im Verzeichnis `Examples` befinden sich einige Projekte, die den typischen Workflow bei der Arbeit mit der Toolbox zeigen:

- statisch: Akademisches Beispiel `LiP_Akad`
- statisch: Friedmann-Funktion 2D/3D `LiP_Friedman`
- statisch: Kompressor-Kennlinie 3D `LiP_Kompressor`
- dynamisch: Narendra (SISO) `NARX_Narendra.m`
- dynamisch: Narendra (SISO) `NOE_Narendra.m`
- dynamisch: Regelkappe (SISO) `NARX_Throttle.m`
- dynamisch: Drosselkappe IAV (MISO) `NARX_Ladedruck.m`

Implementierung

Objektorientierte Realisierung:

- Objekt Modell `tsModel`: Daten, Premisse, Konklusion
- Objekt Daten `tsm_DataSet`: $u(t), y(t)$
- Objekt Premisse `tsm_Prem`: Scheduling / Zugehörigkeitsfunktion (ToDo)

- Objekt Konklusion `tsm_Conc`: Regressor / lokale Modelle (LiP/ARX/OE) (ToDo)

Verfügbare Objekte

(ToDo)

- Daten Parameter, Methoden
- Modell Parameter, Methoden

Verfügbare Funktionen

Funktionen, die nicht auf Objekten arbeiten (ToDo)

$Id: tsm_Manual.m | Fri Jan 21 12:12:21 2021 +0100 | Axel Dürrbaum $

Published with MATLAB® R2020a