

## Masterarbeit

# Zur Schätzung zulässiger Parametermengen bei nichtlinearen Takagi-Sugeno-Multi-Modellen mit garantierten Fehlerschranken: Methoden und fertigungstechnische Anwendung

*Felix Wittich*

Bei der Schätzung von Modellparametern interessiert neben dem Schätzwert auch die Unsicherheit. Bei einer Set-Membership-(SM-)Identifikation wird das Parametergebiet ermittelt, das zu einem Prädiktionsfehler innerhalb vorgegebener Fehlerschranken führt. Dies ist bspw. interessant, wenn eine stochastische Behandlung nicht möglich oder zu kompliziert ist. Dabei folgt das Parametergebiet aus der Lösung eines Satzes an Ungleichungen. Bei LiP-Modellen resultiert ein zusammenhängendes Gebiet in Form eines Polytops. Bei TS-Modellen hat das Gebiet i.d.R. eine komplizierte Geometrie und kann auch nicht zusammenhängend sein.

Im Rahmen dieser Masterarbeit soll die Literatur zur SM-Identifikation mit dem Ziel der Ableitung einer auf TS-Modelle angepassten Methode aufgearbeitet werden. Das Problem kann bspw. mit Monte-Carlo-Methoden, mit Lösern für beschränkte Optimierungsproblem oder über Intervallanalyse gelöst werden. Die Arbeitshypothese ist, dass letztere die geeignetste Vorgehensweise ist. Startend von bspw. der SIVIA-Methode soll untersucht werden, wie die Struktur lokal-affiner TS-Modelle zur Problemvereinfachung ausgenutzt werden kann. Dabei stehen Probleme mit spärlicher Datenlagen in höherdimensionalen Räumen im Fokus. Als Anwendungsfall ist die Prädiktion von Eigenspannungsverläufen beim Hartdrehen zu behandeln. Dazu kann auf bestehende Daten zurückgegriffen werden. Die Arbeit baut auf eine Vorarbeit auf, in der die TS-Modellparameter für den Zielprozess mittels Minimierung einer quadratischen Bewertungsfunktion berechnet wurden. Die Teilaufgaben der Masterarbeit sind:

- Einarbeitung in die SM-Identifikation und vergleichende Bewertung alternativer Lösungsansätze.
- Konzipierung, Umsetzung und Analyse einer SM-Identifikationsmethode für lokal-affine statische TS-Modelle.
- Entwicklung von Methoden zur regelungsorientierten Approximation komplexer Gebietsgrenzen oder zur direkten Ermittlung approximativer Gebietsgrenzen und Bewertung der Approximationsverluste insb. bzgl. der Konservativitätszunahme.
- Test und Bewertung der Identifikationsmethode für simulierte Daten zumindest einer Testfunktion sowie für experimentelle Daten eines Hartdrehprozesses. Ableitung von Vorgehenshinweisen für den Experimententwurf.
- Dokumentation und Kolloquiumsvortrag.

**Betreuer:** Kahl, M.Sc., M. Prof. Dr.-Ing. A. Kroll, Dr. H.J. Sommer

**Beginn:** Januar 2019

**Geplantes Ende:** Juli 2019

## Literaturhinweise:

### Set-Membership-Identifikation

- [1] Bemporad, A.; Garulli, A.; Paoletti, S.; Vicino, A.: A bounded-error approach to piecewise affine system identification, *IEEE Trans. on Automatic Control* 50 (10), 1567-1580, 2005.
- [2] Braems, I.; Ramdani, N.; Boundenne, A.; Kieffer, M.; Jaulin, L.; Ibos, L.; Walter, E.; Candau, Y.: New set-membership techniques for parameter estimation in presence of model uncertainty. *Proc. 5th Int. Conf. on Inverse Problems in Engineering: Theory and Practice*, Cambridge, UK, 2005.
- [3] Jaulin, L.; Walter, E.: Set inversion via interval analysis for nonlinear bounded-error estimation, *Automatica* 29 (4) 1053-1064, 1993.
- [4] Jaulin, L.; Kieffer, M.; Didrit, O.; Walter, E.: *Applied interval analysis*, Kap. 6.3, Springer, 2001.
- [5] Kacwicz, B.: Optimal and suboptimal algorithms in set membership identification, *Mathematical and Computer Modeling of Dynamical Systems* 11 (2) 159-169, 2005.
- [6] Keesman, K.J.: *System identification*, Springer, 2011
- [7] Kieffer, M.; Walter, E.: Interval analysis for guaranteed non-linear parameter and state estimation, *Mathematical and Computer Modeling of Dynamical Systems* 11 (2) 171-181, 2005.
- [8] Milanese, M.; Novara, C.: Set membership identification of nonlinear systems, *Automatica* 40, 957-975, 2004.
- [9] Milanese, M.; Novara, C.: Unified set membership theory for identification, prediction and filtering of nonlinear systems, *Automatica* 47 (10) 2141-2151, 2011.
- [10] Milanese, M., Vicino, A.: Optimal estimation theory for dynamic systems with set membership uncertainty: an overview. *Automatica* 27, 997-1009, 1991.
- [11] Novara, C.: Sparse set membership identification of nonlinear functions and application to fault detection, *Int. J. of Adaptive Control and Signal Processing* 30, 206-223, 2016.
- [12] Walter, E.; Piet-Lahanier, H.: Estimation of parameter bounds from bounded error data: a survey. *Mathematics and Computers in Simulation* 32, 449-468, 1990.
- [13] Walter, E.; Prozato, L.: *Identification of parametric models from experimental data*, Springer, 1997.

### Nutzung von Set-Membership-Modellen für die Regelung

- [14] Canale, M.; Fagiano, L.; Signorile, M.C.: Nonlinear model predictive control from data: a set membership approach. *Int. Journal of Robust and Nonlinear Control* 24, 123-139, 2014.

### Datenbasierte Modellierung von Hartdrehprozessen

- [15] Wittich, F.: Zur datengetriebenen Modellierung der Eigenspannungstiefenverteilung beim Hartdrehen, Bachelorarbeit, FG Mess- und Regelungstechnik, Universität Kassel, 2019 (in Bearbeitung).