

Bachelorthesis Tobias Wulf

Winkelmessung durch magnetische Sensor-Arrays und Toleranzkompensation mittels Gauß-Prozess

Motivation

Magnetische Sensoren erlauben die berührungslose Erfassung von Drehzahlen und Winkelinformationen. In modernen Automobilen werden sie unter anderem in der Motorelektronik und im Bremssystem eingesetzt. Die Arbeitsgruppe Sensorik an der HAW Hamburg erforscht die Signalverarbeitung für magnetische Sensor-Arrays. Dies umfasst die Kompensation von mechanischen Toleranzen für die Winkelmessung mit Hilfe neuer Algorithmen, welche sowohl die Vielzahl der Messwerte eines Arrays als auch die Ansätze des maschinellen Lernens mit einbeziehen. Ziel ist die Verbesserung der Messgenauigkeit, indem individuelle Abweichungen des Einzelexemplars trainiert werden.

Ziele

In der Bachelorarbeit von Herrn Tobias Wulf soll ein Ansatz systematisch untersucht werden, der auf statistischen Verfahren beruht. Ausgehend von der Literatur (C. E. Rasmussen & C. K. I. Williams, Gaussian Processes for Machine Learning, the MIT Press, 2006.) und eigenen Vorarbeiten ist eine Basis-Software entwickelt worden. Die Software arbeitet in einer Trainings- und Arbeitsphase. Beide sollen systematisch bezüglich einer Reihe von variierten Parametern, Eingangsdaten und Teilfunktionen erprobt und verbessert werden. In der Arbeitsphase soll die Verifikation der Gesamtfunktion anhand der Messgenauigkeit der auszugebenden Winkelinformation erfolgen. Als Eingangsdaten stehen sowohl Simulations- als auch Messdaten zur Verfügung.

Zu den Parametern der Trainingsphase gehören:

- Anzahl der Referenzwinkel und deren zugehörigen Eingangswert-Matrizen
- Die Parameter der gegenwärtig genutzten Kovarianzfunktion (fractional covariance, a und b)

In der Arbeitsphase sollen Eingangsdaten mit Toleranz-Abweichungen repräsentativ und systematisch genutzt werden. Dazu gehören:

- Variation des Abstandes zwischen Sensor und Encoder (Luftspalt, z-Achse)
- Variation der seitlichen Verschiebung der Rotationsachse (x- und y-Achse)
- Optional im exemplarischen Umfang: Variation des Verkipfungswinkels zwischen Sensor und Encoder bzw. der magnetischen Ausrichtung des Encoders

Die Optimierung soll bezüglich des maximalen als auch des mittleren Winkelfehlers erfolgen. Für das Sensor-Array wird zunächst eine quadratische Form mit typischerweise 8x8 Sensoren festgelegt. Ebenso wird zunächst von der Nachbildung eines Kugelmagneten als punktförmige Feldquelle ausgegangen. Nachdem die Optimierung damit erfolgt ist, kann optional die Anzahl der Sensoren variiert werden. Hierzu sind sowohl Simulation als auch Interpolation auf 15x15 Sensoren möglich. Abhängig von den erzielten Verbesserungen sind optional Experimente mit weiteren veränderten Kovarianzfunktionen durchzuführen.

Für die Simulation soll die Softwareumgebung Matlab genutzt werden. Dies gilt auch für die Optimierungszyklen. Hierzu sind eigene Skripte und Funktionen zu implementieren. Ein besonderes Augenmerk

ist auf eine systematische Planung der Optimierungsschritte und auf eine aussagekräftige Darstellung der Ergebnisse zu legen.

Aufgabenstellung

Herr Tobias Wulf soll in der Bachelorarbeit folgende Arbeitspakete behandeln:

1. Grundlagen
 - Magnetische Sensortypen und mechatronische Anwendungen
 - Kennfeldmethode zur Modellierung der Sensoren
 - Prinzip des Sensor-Arrays
 - Simulationsansatz über Feldgleichung
 - Benutzte Methode der Gauß-Prozesse und der Kovarianzfunktion
2. Entwicklung von Software für die Optimierungs-Experimente
 - Implementierung der Optimierungsumgebung
 - Anpassung, Nutzung und Dokumentation der vorhandenen Simulationssoftware
 - Messdaten aus der Kennfeldmessung zur Nachbildung der Sensorfunktion
 - Darstellungs- und Ausgabefunktionen
 - Optional: Verwendung von Messreihen mit Sensor-Arrays in Hardware
3. Erprobungs- und Optimierungsexperimente
 - Planung der Parameter und Eingangsdaten
 - Steuerung des Durchlaufs der Optimierungsschritte in Abhängigkeit von Zwischenergebnissen (Nutzung von Symmetrien, schrittweise verfeinerte Parametersuche)
 - Simulationsdurchläufe, Aufzeichnen und Erfassen von Ergebnissen
 - Variation zwischen idealen (lineares Verhalten) und realen Sensoren (z.B. Kennfelder)
 - Optional: Anpassung der Kovarianzfunktion in Abhängigkeit der Zwischenergebnisse
 - Optional: Rausch aufprägung bzw. Quantisierung der Eingangsdaten
 - Optional: Verteilung von Rechenexperimenten auf mehrere Computer
4. Auswertung
 - Vollständige Darstellung der Ergebnisse der Experimente (Anhang bzw. Datensätze)
 - Verdichtete grafische Darstellung der Ergebnisse
 - Beschreibung/Darstellung von Einflüssen einzelner Parameter oder -kombinationen
 - Bewertung des Rechenaufwandes z.B. für die Anzahl der Referenzmatrizen und ggf. Größe des Sensor-Arrays
 - Benennung besonders kritischer Einflussgrößen und weiterer Fehlermöglichkeiten
5. Zusammenfassung und Bewertung
 - Kurzdarstellung der Ergebnisse der Arbeit
 - Offene Punkte und Probleme
 - Ansätze zur Weiterführung für zukünftige Arbeiten
 - Bewertung der Ergebnisse in Bezug auf die Anwendung

Dokumentation

Zu den Grundlagen ist geeignete Literatur zu recherchieren. Die gewählten Lösungen der Softwarestruktur sind gut nachvollziehbar und für die zukünftige Nutzung zu dokumentieren. Die Ergebnisse sind systematisch zu erfassen und kritisch zu bewerten. Dabei ist Wert auf einfache Nachvollziehbarkeit zu legen. Softwarestrukturen für spätere Verbesserungen und Erweiterungen sind zu berücksichtigen.