



ASSIC

Austrian Smart Systems Integration Research Center

Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies

Programmlinie: K1-Zentren

COMET Unterprojekt, Dauer und Art des Projektes:

New MEMS Sensors for Harsh Environment, 07/2015 – 12/2018, strat.

Innovative Modellierung von Computer-Experimenten

Die Verbesserung der Zuverlässigkeit von Sensorgeräten bei gleichzeitiger Minimierung der Produktionskosten stellt eine der größten Herausforderungen der modernen Industrie dar. Das Entwicklungsverfahren solcher Systeme basiert weitestgehend auf sehr komplexen Computersimulationsmodellen, wobei die Berechnungszeit eines spezifischen Systems immens sein kann. Daher ist es fast unmöglich, standardisierte Optimierungsverfahren zu verwenden, die eine große Anzahl an unterschiedlichen Simulationsläufen erfordern, um angemessene Systemkonfigurationen zu erhalten. CTR hat eine innovative statistische Methode entwickelt, die mit einer relativ kleinen Anzahl an Simulationsläufen funktioniert. Diese Methode gibt einen Überblick über das allgemeine Verhalten des zugrundeliegenden physikalischen Systems und bietet zudem die Möglichkeit, eine zeiteffiziente Optimierung der Computersimulationen durchzuführen.



Hintergrund: Entwicklung von Computerexperimenten

Eine der größten Herausforderungen der modernen Wissenschaft besteht darin, Lösungen für mathematische Modelle zu finden, die hochtechnologische Verfahren beschreiben. Solche Systeme können oftmals nicht direkt gelöst werden und erfordern eine Annäherung durch Computersimulationsverfahren wie die Finite-Elemente-Methode (FEM). Die Komplexität des zugrundeliegenden Problems erhöht jedoch auch die Rechenzeit der FEM, wobei die Simulation einer spezifischen Systemkonfiguration Stunden oder sogar mehrere Tage dauern kann. Das wird vor allem im Zusammenhang mit Optimierungsaufgaben problematisch, die üblicherweise viele aufeinanderfolgende Systemauswertungen erfordern. Um dieses Problem anzugehen, soll die maximale Datenmenge aus der minimalen Anzahl an kostenaufwendigen

Computersimulationsläufen erhalten werden. In klassischen Laborexperimenten werden derartige Ansätze in der wohlbekannten Theorie der statistischen Versuchsplanung (Design of Experiments - DOE) zusammengefasst, aber da sich reale Messungen durch die deterministische Betrachtungsweise von Simulationsdaten von Letzteren unterscheiden, muss diese Theorie für die Verwendung im Zusammenhang mit Simulationsdaten angepasst werden und ist dann unter dem Begriff DACE („Design of Computer Experiments“) bekannt. Diese Methode beschreibt ein Verfahren in zwei Schritten, wobei im ersten Schritt entschieden wird, für welche Systemkonfigurationen die Computersimulation durchgeführt werden muss, und in einem zweiten Schritt ausgehend von diesen Simulationsläufen ein statistisches Ersatzmodell konstruiert wird, welches das allgemeine Verhalten des physika-

lischen Systems beschreibt. Die Optimierungsaufgabe kann dann am statistischen Modell durchgeführt werden, was viel weniger Zeit in Anspruch nimmt als die alleinige Verwendung von Simulationsläufen, siehe Abb.1.



Abb. 1: Flussdiagramm des Optimierungsansatzes basierend auf Ersatzmodellen.

Es ist allgemein bekannt, dass Gaußsche Prozesse die Methode erster Wahl sind, um solche Simulationsdaten zu beschreiben, da sie flexibler sind als viele andere Interpolationsverfahren wie beispielsweise Splines. Herkömmliche Gaußsche Prozessmodelle haben jedoch häufig mit unbeständigen Korrelationsparameterschätzungen zu kämpfen und werden mit steigender Dimension zunehmend komplex.

Entwicklung & Validierung von robusten additiven Gauß-Prozessmodellen

CTR hat einen neuen Ansatz basierend auf additiven Modellen und Gaußschen Prozessen entwickelt. Er beinhaltet sämtliche Vorteile der Gaußschen Prozesse zur Konstruktion herausragender Ersatzmodelle auf der Grundlage einer minimalen Anzahl an Eingabedatenpunkten und umgeht das dimensionale Problem durch die neue additive Struktur. Zudem wird das Problem der Parameterschätzung durch die Einführung des Grundsatzes der Robustheit aus der Bayesschen Statistik gelöst.

Der Additive Gaußsche Prozess (AGP) wurde bereits in drei verschiedenen Testfunktionen mit bis zu fünf Dimensionen getestet und validiert und hat stets bessere Ergebnisse erzielt als die üblichen Gaußschen Prozessmodelle und andere herkömmliche Standardmethoden.

Auswirkungen und Folgen

Die Brauchbarkeit des AGP-Modells wurde mit einem kleinen, vereinfachten magnetischen Positions- und Orientierungssensorsystem validiert. Dies ist vor allem interessant, da oft-

mals teure FE-Simulationen verwendet werden müssen, wenn weiche ferromagnetische Elemente enthalten sind oder nichtlineare Materialeigenschaften berücksichtigt werden müssen. Unser Beispiel basiert auf einem linearen Positionserkennungssystem für einen AlNiCo-Magneten, wobei die nichtlineare Entmagnetisierungskurve die Verwendung von FE-Simulationen erfordert.

Das Hauptziel besteht in der Maximierung der Empfindlichkeit des Sensorsystems. Gleichzeitig soll das Volumen des Magneten im Sinne einer optimalen Kosteneffizienz minimiert werden, wobei jedoch die Amplitude über einem bestimmten festgelegten Wert bleiben soll, um eine zuverlässige Sensorausgabe zu gewährleisten. Abb. 2 zeigt die FEM-Eingabedaten (links) und die AGP-Prognose (rechts) für einen zylindrischen AlNiCo-Magneten, wobei die zu optimierenden Parameter der Radius r und die Höhe h des Magneten sind.

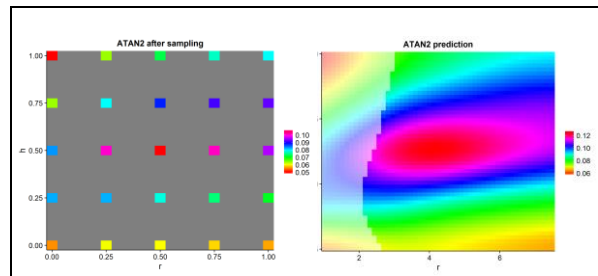


Abb. 2: Die Grafik rechts zeigt die AGP-Prognose basierend auf den 25 stichprobenartigen FE-Datenpunkten, die in der linken Grafik dargestellt sind. Der schraffierte Bereich definiert Parameterinstellungen, in denen die Amplitude zu klein ist.

Durch Verwendung des AGP Modells sind die optimalen Werte nun leicht auffindbar. Da die Fehlerrate sehr niedrig ist (die maximale Fehlerrate liegt unter 10 %, und die Fehlerrate im Bereich um das Optimum liegt bei 1 %), zeigt diese vereinfachte Fallstudie erfolgreich, dass das AGP-Modell ausgehend von einer begrenzten Anzahl an Simulationspunkten gute Vorhersagen ermöglicht. Auf der Grundlage dieses Erfolges ist es unser Ziel, das Simulationsmodell weiter zu verbessern und auch für komplexere Probleme zu verwenden.

Kontakt und Informationen

K1-Zentrum ASSIC

CTR Carinthian Tech Research AG
 Europastraße 12, 9524 Villach
 T +43 (0) 4242-56300-0
 E info@ctr.at, www.ctr.at

Projektkoordinator

Dipl.Ing. Natalie Vollert

Weitere Informationen über COMET – Competence Centers for Excellent Technologies: www.ffg.at/comet

Diese Erfolgsgeschichte wurde vom Konsortialleiter/Centermanagement für die Veröffentlichung auf der Webseite von FFG zur Verfügung gestellt. FFG ist nicht für die Korrektheit, Vollständigkeit und Aktualität der veröffentlichten Informationen verantwortlich.