

Probleme bei der Diagnose technischer Systeme

Natke, H. Günther

Veröffentlicht in:
Jahrbuch 1997 der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.99-100



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

H. G. NATKE, Hannover

Probleme bei der Diagnose technischer Systeme

Braunschweig, 14. November 1997*

Einleitend wird auf die medizinische Diagnostik eingegangen, die auf Symptomen und Laborwerten basiert. Symptome sind sensitive Größen hinsichtlich bestimmter Defekte, Schäden. Sie weisen demzufolge bestimmte Eigenschaften auf, und sie müssen zumindest Teilinformationen zum Schaden (zur Krankheit) liefern. Diese Informationen sind für die vorliegende Aufgabenstellung unsicher und unvollständig. Mathematisch liegt ein inverses Problem vor, das im allgemeinen schlecht gestellt ist: Entweder existiert keine Lösung, oder sie ist nicht eindeutig, oder/und sie ist instabil.

Das Systemverhalten ist lebenszeitabhängig. Mögliche Defekte, Schäden des Systems ergeben sich während seiner Lebensdauer ebenfalls lebenszeitabhängig (→ Schadensevolution). Demzufolge muß eine Systembeschreibung neben der Momentdynamik (schnelle Zeitkoordinate) auch die Systemevolution (langsame Zeitkoordinate) enthalten: Holistische Modelle mit zwei verschiedenen Zeitskalen. Die modellgestützte Diagnose nutzt die verschiedenen Skalen zur Überführung des zeitvarianten Problems in zeitinvariante Modelle, die für bestimmte Lebenszeitintervalle gültig sind.

Die modellgestützte Diagnose wird anhand eines Beispiels (Norderelb-Brücke) einführend illustriert. Die Diagnose basiert auf einem Referenzmodell, das ist ein an den gemessenen (ungeschädigten) Istzustand angepaßtes Finite Element-Modell, und auf einem zweiten Rechenmodell, mit dem ein zu einem bestimmten Zeitpunkt vorliegender geschädigter Zustand rechnerisch simuliert wurde. Schäden sind als Modellparameteränderungen definiert, die Änderungen der Eigenschwingungsgrößen der zugeordneten ungedämpften Rechenmodelle bewirken, die gleichzeitig als Symptome dienen. Der Vergleich der Eigenschwingungsgrößen des Referenzmodells mit denen des den simulierten geschädigten Zustand beschreibenden Rechenmodells dient der Schadensdetektion und der Lokalisierung des Schadens.

Anschließend wird das allgemeine Vorgehen vorgestellt, das darin besteht, daß Rechenmodelle an gemessene Systemzustände für erforderliche Zeiten während der Lebensdauer des Systems angepaßt und miteinander verglichen werden. Das Werkzeug hierzu ist die Systemidentifikation, speziell sind es die Methoden zur Korrektur von Rechenmodellen anhand gemessener Werte. Diese Methoden mit ihren Eigenschaften und ihrer Problematik werden kurz diskutiert. Die Signifikanz der Abweichungen und damit die der Systemmodifikationen, hervorgerufen durch Schäden, wird mit Hilfe von

* Zusammenfassung des Vortrages gehalten am 14. November 1997 während der Sitzung der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Eine Langfassung wird in den Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft erscheinen.

statistischen Fehlern und Konfidenzuntersuchungen beurteilt. Bewertungen und Entscheidungen nutzen die Rechenmodelle über Simulationen und Trendaussagen. Insgesamt werden die Schwierigkeiten und offenen Probleme der modellgestützten Diagnose diskutiert, wie z.B. Auswirkungen der Modellformulierungen auf die Lösungseigenschaften, der Modell- und Meßunsicherheiten und der Unvollständigkeit der Messungen auf die Identifikationsaufgabe sowie solche, welche die Auswerteverfahren betreffen.

Die symptomgestützte Diagnose wird danach kurz erläutert und die symptombasierte Zuverlässigkeitsaussage über das System eingeführt. Anschließend wird das Ergodentheorem für die Diagnose in den Fällen herangezogen, in denen keine Stichprobe existiert, wie es z.B. häufig im Bauwesen vorkommt.

Wesentliche Ergebnisse des Vortrages sind enthalten in:

1. Natke, H.G.; Cempel, C., 1997, Model – Aided Diagnosis of Mechanical Systems – Fundamentals, Detection, Localization, Assessment, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg
2. Natke, H.G., 1997, Uncertainties in mechanical system modelling: definitions, models, measures, applications, in: [3], 45–68
3. Natke, H.G.; Ben-Haim, Y. (Hrg.), 1997, Uncertainly: Models and Measures. Akademie-Verlag Berlin, Math. Research Vol. 99
4. Natke, H.G., 1992, Einführung in Theorie und Praxis der Zeitreihen- und Modalanalyse – Identifikation schwingungsfähiger elastomechanischer Systeme, Vieweg Braunschweig, Wiesbaden
5. Natke, H.G.; Cempel, C., 1998, Holistic Dynamics and Subsystem Modelling-Principles, wird veröff. in: Int. J. of Systems Science
6. Cempel, C.; Natke, H.G., 1995, The passive diagnostic experiment and ergodicity problem, 2nd Internat. Symposium on „Acoustical and Vibratory Surveillance Methods and Diagnostic Techniques“, Senlis, France, Oct. 95, 487–494

