University of Groningen

Deterministic identification of dynamical systems

Heij, Christiaan

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1988

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Heij, C. (1988). *Deterministic identification of dynamical systems*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

SAMENVATTING

Deterministische identificatie van dynamische systemen

In dit proefschrift worden methoden beschreven voor het bepalen van een model, uitgaande van numerieke gegevens. Het centrale thema is derhalve "van data tot model".

Een model is een beknopte, vaak sterk vereenvoudigde weergave van informatie. Modellen worden gevormd en gebruikt om gegevens te ordenen en overzichtelijk te maken, om verschijnselen te beschrijven en te voorspellen, en om beslissingen voor te bereiden.

Een voorwaarde voor wetenschappelijk modelleren is, dat de informatie en doeleinden op basis waarvan een model is gevormd expliciet worden beschreven. *Identificatie* is het bepalen van een model op basis van expliciet gespecificeerde informatie en doeleinden.

Een verzameling onderling samenhangende verschijnselen wordt een *systeem* genoemd. Indien de verschijnselen zich ontwikkelen over de tijd spreekt men van een *dynamisch* systeem. Een wiskundig model van een systeem beschrijft de verschijnselen met behulp van variabelen en de samenhang tussen de verschijnselen met behulp van wiskundige relaties tussen deze variabelen.

Voor identificatie van een wiskundig model wordt aangenomen dat de informatie bestaat uit numerieke waarden van een aantal variabelen en dat de doeleinden zijn geformuleerd in termen van een criterium dat de kwaliteit van een model voor het modelleren van de numerieke data aangeeft. Identificatie betreft dan het probleem om voor de beschikbare data een model van optimale kwaliteit te bepalen. Indien de gegevens bestaan uit een tijdreeks van waarnemingen van de systeemvariabelen komt het modelleringsprobleem neer op het identificeren van een dynamisch systeem.

De kwaliteit van een model voor het weergeven van data hangt samen met de complexiteit van het model en met de mate waarin de data aansluiten bij de relaties die door het model worden beschreven. Doel is het bepalen van een

eenvoudig model dat door de data wordt ondersteund. In het algemeen zijn er geen eenvoudige relaties waaraan exact wordt voldaan door de data. Deze discrepantie tussen de data en eenvoudige relaties wordt veelal gemodelleerd door het introduceren van verstoringen met een bepaalde waarschijnlijkheidsverdeling. De identificatiemethoden beschreven in dit proefschrift zijn echter gebaseerd op de overtuiging dat de gemodelleerde verschijnselen in het algemeen eerder complex dan onzeker van aard zijn. Modelfouten ontstaan omdat een eenvoudig model slechts een benaderende beschrijving kan geven van complexe systemen en ook omdat deze systemen veelal ten dele onbekend zijn.

Omdat geen gebruik wordt gemaakt van stochastiek beschrijft dit proefschrift methoden voor *deterministische identificatie van dynamische systemen*.

Het volgende geeft een overzicht van de inhoud van dit proefschrift.

Hoofdstuk I bevat een beschrijving in algemene termen van *modelleren* en *identificeren*. Voorts wordt een overzicht van het proefschrift gegeven en een samenvatting van de voornaamste resultaten.

In hoofdstuk II wordt een methodologie voor *deterministisch modelleren* geformuleerd. De kwaliteit van een model voor het modelleren van data wordt uitgedrukt in termen van de complexiteit van het model en de mate waarin het model wordt ondersteund door de data. Verder wordt een klasse deterministische dynamische systemen gedefinieerd en wordt ingegaan op verschillende mogelijke modelrepresentaties die een belangrijke rol spelen in de identificatieprocedures beschreven in de volgende hoofdstukken.

Het probleem van *exact modelleren* wordt geanalyseerd in hoofdstuk III. In dit geval moeten de data exact voldoen aan de relaties van het geïdentificeerde model. Speciale aandacht wordt besteed aan het identificeren van een exact model op basis van een waargenomen tijdreeks van eindige lengte. Na formalisering van een aantal intuïtieve concepten wordt een exacte identificatieprocedure met wenselijke eigenschappen afgeleid.

Hoofdstuk IV behandelt het probleem van *model-approximatie*. Doel is het benaderen van een gegeven model door een model met geringere complexiteit. Voor approximatie van dynamische systemen worden natuurlijke maten voor complexiteit en afstand geïntroduceerd. Deze maten worden numeriek expliciet uitgedrukt met behulp van speciale modelrepresentaties. Voorts wordt een

heuristische methode gegeven voor approximatie van een gegeven dynamisch systeem.

Tenslotte worden in hoofdstuk V deterministische methoden voor *approximatief modelleren* gepresenteerd. Aangenomen wordt dat model-restricties zijn gespecificeerd in de vorm van een maximaal toelaatbare complexiteit van modellen of een maximaal toelaatbare afwijking van een model ten opzichte van de data. Er worden procedures en algoritmen gegeven voor het identificeren van optimaal beschrijvende of voorspellende modellen op basis van een waargenomen multivariabele tijdreeks. Bij deze methoden ontstaan geen problemen van identificeerbaarheid of ordebepaling als in stochastische tijdreeksanalyse. Bovendien wordt niet vooraf een onderscheid gemaakt tussen oorzaken (inputs) en gevolgen (outputs), dit in tegenstelling tot de meeste systeemtheoretische identificatie-algoritmen. De representatie, orde en causaliteit van het geïdentificeerde model worden direct bepaald door de data en de specificatie van de doeleinden. De geïdentificeerde modellen zijn robuust met betrekking tot wijzigingen in de data. Verder zijn de identificatieprocedures consistent. Dit betekent dat de procedures modellen identificeren die, indien het aantal waarnemingen onbeperkt toeneemt, convergeren naar een optimaal model van het systeem dat de data genereert.

De ontwikkelde deterministische procedures voor model-identificatie worden geïllustreerd met een aantal voorbeelden en simulaties.