

Bayesian inference in multivariate nonlinear state-space models

Citation for published version (APA):

Shapovalova, Y. (2019). *Bayesian inference in multivariate nonlinear state-space models*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. ProefschriftMaken Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20190919ys>

Document status and date:

Published: 01/01/2019

DOI:

[10.26481/dis.20190919ys](https://doi.org/10.26481/dis.20190919ys)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Nederlandse Samenvatting

Als wetenschappers proberen we de wereld te begrijpen door verhelderende vragen te stellen. Ontwikkelingen op het gebied van statistiek en informatica leveren een steeds breder scala aan methoden om antwoorden op deze vragen te vinden. De analyse van experimentele en observationele data staat hierbij centraal. Zowel binnen als buiten de econometrie moet de onderzoeker echter ook rekening te houden met niet-geobserveerde variabelen. Voorbeelden zijn: (1) variabelen die niet voldoende vaak waargenomen zijn (bijvoorbeeld economische grootheden die slechts maandelijks maar niet wekelijks of dagelijks vastgelegd zijn) of (2) variabelen die we veronderstellen te bestaan, maar die niet waargenomen kunnen worden (bijvoorbeeld de volatiliteit van financiële tijdreeksen). In dit proefschrift modelleren we deze latente variabelen met behulp van niet-lineaire ‘state-space’ modellen. Een voorbeeld van deze soort modellen zijn de zogenaamde stochastische volatiliteitsmodellen. Deze modellen worden gedetailleerd besproken in de hoofdstukken 2 en 3. Het onderwerp van hoofdstuk 4 is teldata. Bij teldata is er veelal sprake van aantallen en zijn de uitkomsten dus gehele getallen. Het gebruik van latente processen maakt het hierbij mogelijk om complexe verbanden in deze tijdreeksen te modelleren.

In hoofdstuk 2 bespreken we de methoden uit de Bayesiaanse statistiek en ‘machine learning’ die recentelijk gebruikt zijn om stochastische volatiliteitsmodellen te schatten. Deze schattingsmethodes zijn meestal al inge-

wikkeld als we een enkele financiële tijdreeks willen analyseren. Een goed begrip van de voor- en nadelen is dus noodzakelijk voordat multivariate uitbreidingen aan bod komen. Er is meestal een compromis nodig tussen de nauwkeurigheid van de schatting en de benodigde rekentijd om tot die schatting te komen. Daarom besteden we aandacht aan zowel nauwkeurige maar gecompliceerde methoden, als snelle maar minder nauwkeurige methoden. We bespreken deze methoden vanuit vier perspectieven. Allereerst bespreken we rekenkundige complexiteit en de nauwkeurigheid van de schatting. Ten tweede bespreken we de flexibiliteit van de schattingsmethoden. Als derde onderzoeken we of deze methoden toegepast kunnen worden in multivariate en hoog-dimensionele modellen. Dit is van belang, aangezien sommige methoden voordelen bieden in het univariate geval (zoals geïntegreerde, geneste, Laplace Approximations met sparse matrix computations) die niet langer gelden in hogere dimensies. Als laatste bespreken we welke methode volgens ons de beste procedure is voor de schatting van multivariate stochastische volatiliteitsmodellen.

In hoofdstuk 3 introduceren we een methode om volatiliteit-spillovers te kwantificeren met behulp van multivariate stochastische modellen. Het begrijpen van de verbanden tussen de financiële markten van verschillende regio's/landen kan beleidsmakers en portfolio managers helpen om betere beslissingen te nemen. Allereerst gebruiken we de inzichten van hoofdstuk 2 om deze multivariate modellen Bayesiaans te schatten. Hierna leggen we uit hoe deze modellen ons in staat stellen de volatiliteit-spillovers te meten. Het Bayesiaanse framework levert ook de posterior verdeling van deze spillovers zodat we het interval met de hoogste posterior density kunnen gebruiken om de onzekerheden omtrent deze volatiliteit-volatiliteit-spillovers te kwantificeren. We illustreren onze methode aan de hand van verschillende gesimuleerde voorbeelden en twee empirische toepassingen. We beperken ons tot een maximum van vijf latente processen. Er zijn meerdere uitbreidingen denkbaar. Een combinatie van exacte methodes en benaderingen kan voordeling zijn bij het vinden van een evenwicht tussen de rekentijd en de precisie van de schatting. Daarnaast kunnen methoden die de geometrische informatie in de posterior distribution gebruiken (zoals Hamiltonian

Monte Carlo) gebruikt worden om nog meer latente processen toe te staan.

Het modelleren van multivariate teldata is het onderwerp van hoofdstuk 4. We bespreken zowel parameter- als observatie-gedreven modellen en vergelijkingen deze modellen op basis van hun voorspellende kwaliteiten. We bespreken allereerst enkele moeilijkheden en mogelijke oplossingen. De univariate Poisson verdeling wordt veelvuldig gebruikt om univariate teldata te beschrijven maar de multivariate uitbreiding is te gecompliceerd om bruikbaar te zijn. Andere modellen, zoals bijvoorbeeld ‘Autoregressive Conditional Intensity’ modellen, vereisen positieve parameters. Deze positieve parameters impliceren dat zulke modellen alleen in staat zijn processen te beschrijven waarin de correlatie positief is. Een log-lineaire specificatie laat ook negatieve parameters toe. Het blijft echter lastig om de multivariate verdeling van teldata correct te beschrijven. Als laatste alternatief stellen we voor om niet-lineaire ‘state space’ modellen te gebruiken. Deze klasse van modellen is zeer flexibel: zowel positieve als negatieve correlaties zijn mogelijk, evenals positieve en negatieve Granger-causal feedback. We vergelijken de modelvoorspellingen aan de hand van verschillende criteria en komen tot de conclusie dat het gebruik van ‘state space’ modellen de voorkeur heeft.