

# Mixed causal-noncausal models

## Citation for published version (APA):

Telg, S. (2017). *Mixed causal-noncausal models: identification, estimation and inference*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20171206jt>

## Document status and date:

Published: 01/01/2017

## DOI:

[10.26481/dis.20171206jt](https://doi.org/10.26481/dis.20171206jt)

## 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](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

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

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

---

# Nederlandse Samenvatting

*"You can never understand one language until you understand at least two."*

-Geoffrey Willans (1911-1958)



Dit proefschrift bestudeert het causale/non-causale autoregressief model, aangeduid als MAR, en de economische toepassingen waarvoor het kan worden gebruikt. De introductie van een vooruitziend element leidt tot het abandonneren van de gebruikelijke Box-Jenkins methodiek om tijdreeksen te modelleren. Vooral de veronderstelling dat de storingsterm normaal verdeeld is, dient te worden opgegeven om identificatie te bewerkstelligen. Dit heeft tot direct gevolg dat de bestaande representatie theorie alsmede schattings- en testmethoden heroverwogen en aangepast dienen te worden voor causale/non-causale modellen. Deze dissertatie heeft twee doelen. Het eerste doel behelst het toegankelijk maken van deze modellen voor empirische onderzoekers. Dit wordt gerealiseerd door het beschikbaar stellen van ontwikkelde software om eenvoudig deze causale/non-causale modellen te schatten en te selecteren. Tevens wordt de bruikbaarheid getoetst in verscheidene Monte Carlo simulaties en empirische toepassingen op echte macro-economische en financiële data. Het tweede doel bestaat uit het uitbreiden van reeds bestaande modellen, schatters, testen en andere methoden met betrekking tot gevolgtrekking.

Het eerste hoofdstuk bevat een uitgebreide literatuurstudie, waarbij de voornaamste kenmerken en toepassingen van het MAR model worden gepresenteerd. In het bijzonder wordt stilgestaan bij het feit dat een explosief autoregressief proces in kalendertijd kan worden geïnterpreteerd als een stationair proces in omgekeerde tijd, daar de unieke stationaire oplossing afhangt van huidige en toekomstige storingstermen. Hiertoe worden economische variabelen die afhankelijk zijn van aanstaande verwachtingen (zoals inflatie) vaak beter gemodelleerd door de toevoeging van een non-causaal element. Het MAR model introduceert een set van non-fundamentele oplossingen voor structurele economische modellen. De introductie van deze toekomstige informatie zorgt in vele empirische applicaties voor betere voorspellingen van data. Dit kan ook verklaard worden door het feit dat non-causale modellen, in tegenstelling tot puur causale modellen, complexe dynamische patronen (bijvoorbeeld speculatieve bubbels en asymmetrische cycli) in tijdreeksen kunnen nabootsen. Voorgenoemde thematiek wordt uitvoerig besproken en geïllustreerd.

Hoofdstuk twee kan worden gezien als een gids voor empirische onderzoekers om succesvol MAR modellen te implementeren. Daartoe worden er software programma's aangeboden die dit soort modellen schatten en selecteren volgens het voorgestelde stappenplan. De werking van dit plan wordt geïllustreerd in twee empirische applicaties, bestaande uit het modelleren van een zonnepanelen-bubbel in Wallonië (België) en financiële aandelenindices van verschillende landen. De wer-

king van twee schattingsmethoden, de  $t$ -Maximum-Likelihood Estimator ( $t$ -MLE) en de Least Absolute Deviation (LAD) schatter, wordt onderzocht in situaties waar essentiële veronderstellingen, die ten grondslag liggen aan het model, worden geschonden. Voor beide schatters wordt tevens de asymptotische distributie afgeleid die een gesloten analytische vorm bezit, waardoor instabiele numerieke methoden niet langer noodzakelijk zijn om (bijvoorbeeld) standaardfouten te berekenen.

In het derde hoofdstuk wordt de aandacht verlegd naar seizoencorrectie van data en onderzocht hoe standaard methoden (gebaseerd op lineaire filters) de selectie van MAR modellen beïnvloeden. Resultaten in simulatie studies en een empirische applicatie op inflatie data van de G7 landen tonen aan dat de onderzochte methoden voor seizoencorrectie nieuwe dynamische patronen introduceren in tijdreeksen. Deze patronen zijn zowel causaal als non-causaal en leiden tot de selectie van dynamischere modellen. De voorspellingen van deze modellen zijn vaak zeer verschillend van de geselecteerde modellen voor ruwe data. Foutieve seizoencorrectie kan hierdoor grote gevolgen hebben voor economisch beleid.

In hoofdstuk vier wordt het MAR model uitgebreid met exogene regressoren (MARX). Deze uitbreiding maakt het mogelijk om standaard schattingsmethoden, zoals ordinary least squares (OLS), ook toe te passen op causale/non-causale modellen, daar de kruiscovarianties identificatie bewerkstelligen. Er wordt aangetoond dat het MARX model kan worden gezien als een nieuwe set oplossingen voor rationele verwachtingsmodellen. Een groot voordeel is dat de impact van exogene regressoren op de afhankelijke variabele direct waarneembaar is. De consistentie van de maximum-likelihood schatter wordt aangetoond en een asymptotische distributie afgeleid voor de  $t$ -MLE en LAD schatter, die beide een gesloten analytische vorm bezitten. De compatibiliteit van het stappenplan van hoofdstuk twee wordt getest voor het MARX model in Monte Carlo simulaties en geïllustreerd in een empirische applicatie die de relatie tussen grondstofprijzen en de wisselkoers beschouwt. Tevens wordt ook voor het modelleren van MARX processen een software programma aangeboden.

Hoofdstuk vijf beschouwt het meerdimensionale causale/non-causale model, aangeduid als MVAR, en biedt een nieuwe uitleg voor het probleem dat conventionele testen gemeenschappelijke kenmerken in tijdreeksen niet detecteren terwijl deze wel aanwezig zijn. Er wordt aangetoond dat de gemeenschappelijke kenmerken aanwezig kunnen zijn in het non-causale gedeelte van de dataset, welke in vele gevallen niet ontdekt kunnen worden door conventionele causale modellen. Bestaande testen worden uitgebreid om ook compatibel te zijn voor non-causale

tijdreeksen. De aanwezigheid van verminderde rang dynamiek in, hetzij het causale deel hetzij het non-causale deel, bewerkstelligt identificatie van puur causale en puur non-causale modellen met normaal-verdeelde storingstermen wanneer de dynamische order hoger is dan één.

In het laatste hoofdstuk wordt het **R** software pakket **MARX** besproken. Het kan gebruikt worden voor de analyse van MARX processen. Het software pakket bestaat uit verschillende functies die het mogelijk maken om causale/non-causale autoregressieve modellen (zowel met als zonder exogene variabelen) te simuleren, te schatten en te selecteren. De geïmplementeerde methoden zijn gebaseerd op de theorie van hoofdstuk vier. Het pakket is op een gebruiksvriendelijke wijze samengesteld zodat onderzoekers van verschillende wetenschappelijke disciplines relatief eenvoudig toegepast onderzoek kunnen doen met deze modellen.

Dit proefschrift hoopt een waardevolle bijdrage te leveren aan de literatuur over tijdreeksen met een vooruitziend element. Het causale/non-causale autoregressief model lijkt toepasbaar op vele macroeconomische en financiële data. Dit komt voornamelijk door het feit dat deze modellen dynamische patronen kunnen genereren die voorheen slechts met nonlineaire, complexe modellen konden worden gecreëerd. Hopelijk kunnen de resultaten in dit proefschrift zowel toegepaste als theoretische onderzoekers verder op weg helpen.