

University of Groningen

Relationship between Granger non-causality and network graph of state-space representations

Jozsa, Monika

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:

2019

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

Citation for published version (APA):

Jozsa, M. (2019). *Relationship between Granger non-causality and network graph of state-space representations*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen.

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

In dit proefschrift bestuderen we dynamische systemen die uit onderling verbonden deelsystemen bestaan. We onderzoeken de relatie tussen enerzijds het netwerk van deelsystemen en anderzijds de statistische eigenschappen van het uitgangproces van het dynamische systeem. We beschouwen de volgende systemen: lineaire tijdsonafhankelijke toestandsruimte-representaties (LTI-SS), lineaire tijdsonafhankelijke overdrachtmatrix-representaties en algemene bilineaire toestandsruimte-representaties (GB-SS).

Het netwerk van deelsystemen van het dynamische systeem representeren we met een gerichte graaf, die we de netwerkgraaf noemen. De knopen van deze netwerkgraaf corresponderen met de deelsystemen en de kanten corresponderen met de gerichte communicatie tussen deze deelsystemen. De statistische eigenschap van het uitgangproces is, in LTI systemen, de zogeheten conditionele en onconditionele Granger-causaliteit en, in de GB-SS representatie, de zogeheten GB-Granger-causaliteit.

Om te beginnen onderzoeken we de relatie tussen de netwerkgraaf van een LTI-SS representatie en het gebrek aan Granger-causaliteit tussen twee componenten van een bijbehorend uitgangproces. We laten zien dat als het ene output-component niet wordt veroorzaakt door het andere component middels Granger-causaliteit, dan is dat equivalent met het bestaan van een LTI-SS representatie waarvan de netwerkgraaf bestaat uit twee knopen en een gerichte kant. Met andere woorden, dit type LTI-SS representaties bestaat uit twee deelsystemen, waarbij elk deelsysteem een component van het uitgangproces voortbrengt. Het deelsysteem behorende bij het component dat niet het andere component veroorzaakt, verstuurt bovendien geen informatie naar het andere deelsysteem; informatie kan slechts in één richting stromen.

Bovenstaande resultaten worden uitgebreid naar een collectie van conditionele

en onconditionele Granger-causaliteiten van een uitgangproces van LTI-SS representaties. We tonen aan dat het bestaan van een LTI-SS representatie waarvan de netwerkgraaf een transitieve cykelvrije graaf is, gekarakteriseerd kan worden door een collectie van conditionele en onconditionele Granger-causaliteiten. Zulke LTI-SS representaties bestaan uit onderling verbonden deelsystemen die corresponderen met de knopen van de netwerkgraaf, waarbij deze deelsystemen informatie uitwisselen via de gerichte kanten van de transitieve en cykelvrije netwerkgraaf.

Naast het veralgemeniseren van bovenstaande resultaten naar complexere grafen, breiden we deze ook uit naar complexere systemen, te weten GB-SS representaties. LTI-SS representaties zijn een deelklasse van GB-SS representaties waarvoor GB-Granger-causaliteit herleidt tot Granger-causaliteit. Vervolgens tonen we aan dat als het ene output-component van een GB-SS representatie niet wordt veroorzaakt door het andere component middels Granger-causaliteit, dan is dat equivalent met het bestaan van een GB-SS representatie waarvan de netwerkgraaf bestaat uit twee knopen en een gerichte kant.

Alle in dit proefschrift behandelde dynamische systemen kunnen algoritmisch worden berekend. Na het uiteenzetten van de resultaten voor elke representatie met een gegeven netwerkgraaf, geven we realisatie-algoritmes waarvan de uitkomst de gevraagde representaties met de vastgelegde netwerkgraaf zijn, indien deze bestaan. De input van deze algoritmes zijn ofwel willekeurige representaties van het uitgangproces, ofwel tweede-orde statistieken van het uitgangproces. Omdat de tweede-orde statistieken geschat kunnen worden aan de hand van data van het uitgangproces, geeft dit de mogelijkheid om de voornoemde realisatie-algoritmes te gebruiken om identificatie-algoritmes te definiëren. Om het praktische nut van deze algoritmes te illustreren, geven we identificatie-algoritmes om, aan de hand van data, LTI-SS representaties met een gegeven netwerkgraaf te berekenen. De identificatie-algoritmes bieden de mogelijkheid om de gedistribueerde toestand en parameters te schatten, wat mogelijk een kleinere schattingsfout heeft in vergelijking met andere algoritmes om LTI-SS representaties te berekenen. Deze eigenschap van de algoritmes wordt vervolgens geïllustreerd aan de hand van simulaties.

Samenvattend biedt dit proefschrift een formele relatie tussen het netwerk van deelsystemen van een dynamisch systeem en statistische eigenschappen van het uitgangproces. Daarnaast geven we realisatie- en identificatie-algoritmes om een gegeven dynamisch systeem te construeren. De resultaten kunnen toepassingen vinden in bijvoorbeeld systeembioogie, neurowetenschappen en economie.