

# Estimation and inference in nonlinear nonstationary panel data models

Citation for published version (APA):

Wan, L. (2012). *Estimation and inference in nonlinear nonstationary panel data models*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20120209lw>

## Document status and date:

Published: 01/01/2012

## DOI:

[10.26481/dis.20120209lw](https://doi.org/10.26481/dis.20120209lw)

## 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

De analyse van niet-stationaire tijdreeksen is een van de grote onderzoeksgebieden geweest binnen de tijdreeksconometrie in de laatste tientallen jaren. Empirische studies tonen aan dat tijdreeksen voor variabelen als het bruto binnenlands product, wisselkoersen en aandelenprijzen in het algemeen  $I(1)$ , oftewel geïntegreerd, zijn. Het lange termijn evenwicht tussen zulke variabelen wordt cointegratie genoemd. Recentelijk zijn er veel empirische onderzoeken gedaan over lineaire panel data modellen met geïntegreerde tijdreeks componenten, iets dat vergemakkelijkt is door de constructie en beschikbaarheid van veel belangrijke panel data sets die gegevens bevatten over verschillende individuen of landen. In het algemeen bevatten deze panel data sets zowel een grote cross-sectionele dimensie ( $n$ ) en een groot aantal tijdreeks observaties ( $T$ ). Dit soort situaties hebben de recentelijke vooruitgang teweeg gebracht in theoretisch werk over asymptotiek voor grote  $n$  en grote  $T$ .

Van de andere kant lijkt de economische theorie te veronderstellen dat de verbanden tussen veel macro-economische variabelen waarschijnlijk niet-lineair zijn vanwege economische cycli of veranderingen van beleidsregimes. Een aantal empirische toepassingen van niet-lineaire regressiemodellen, waaronder het Threshold model, het Smooth Transition model en het Markov Switching model, kan men vinden in de literatuur over internationale economische studies. Echter, de analyse van niet-lineaire regressiemodellen slechts gebaseerd op tijdreeksdata lijkt in veel gevallen niet efficiënt genoeg om de niet-lineariteit te kunnen identificeren. Bijvoorbeeld, in het geval van Smooth Transitions modellen bevatten de tijdreeksdata slechts enkele observaties van de overgangperiode in vergelijking tot het aantal observaties van de verschillende economische regimes. In dit geval kan, door middel van het samenvoegen (poolen) van observaties in panel data sets, meer informatie worden verkregen over de parameters die van belang zijn als wordt aangenomen dat de parameters gelijke waarden hebben voor de verschillende eenheden. Daarom lijkt het type model en schattingsmethode dat gebaseerd

is op het poolen van observaties een aantrekkelijke manier om efficiënt niet-lineaire economische verbanden te kunnen identificeren en modelleren.

In dit proefschrift proberen we de elementen niet-stationariteit, niet-lineariteit, panel data en poolende schattingstechnieken te combineren, en nemen we het initiatief om asymptotiek voor grote  $n$  en grote  $T$  te bestuderen voor niet-lineaire panel modellen met niet-stationaire regressoren. Dit proefschrift bevat dus asymptotische resultaten voor een aantal gepoolde schatters, waaronder de Pooled Nonlinear Least Squares schatter, de Pooled Nonlinear Least Squares Dummy Variable schatter, en de aangepaste Common Correlated Effects Pooled schatter, voor niet-lineaire sterke co-summable panel regressiemodellen met zowel grote  $n$  als grote  $T$  dimensies. De belangrijkste resultaten zijn voor panels met cross-sectionele onafhankelijkheid, terwijl de resultaten voor de aangepaste Common Correlated Effects Pooled schatter uitgaan van niet-lineaire panel modellen met persistente cross-sectionele afhankelijkheid, waarvan wordt aangenomen dat die uit een gemeenschappelijke factor structuur volgt. In Hoofdstuk 2 bieden we een overzicht van de instrumenten die nodig zijn voor de statistische interpretatie en analyse van niet-lineaire panel co-summable modellen met grote  $n$  en grote  $T$ , waaronder bestaande asymptotiek voor niet-lineaire transformaties van  $I(1)$  processen, summability en co-summability, en niet-lineaire asymptotische theorie van statistische processen. De aannames van een compacte parameterruimte en een tweemaal differentieerbare doelfunctie lijken onvermijdelijk te zijn. Daarnaast, in tegenstelling tot de analyse van lineaire modellen, vraagt de afleiding van niet-lineaire asymptotiek om een gescheiden aanpak van de eigenschappen van consistentie, door middel van de eigenschappen van de doelfunctie, en asymptotische normaliteit.

In Hoofdstuk 3 richten we ons op het afleiden van sequentiële asymptotiek voor de Pooled Nonlinear Least Squares schatter voor cross-sectioneel onafhankelijke homogene panels met grote  $n$  en grote  $T$ . In aanwezigheid van zowel niet-lineariteit en niet-stationariteit worden de concepten van enkelvoudige sterke co-summability en meervoudige sterke co-summability geïntroduceerd op basis van de definities in Rico (2009). Het lineaire statische cointegratie model gedefinieerd door een verzameling van  $I(2)$  processen en enige  $I(1)$  processen kan worden gezien als een speciaal geval van meervoudige sterke co-summability. De schatter wordt bewezen consistent en asymptotisch normaal te zijn als  $T \rightarrow \infty$  gevolgd door  $n \rightarrow \infty$ . Als de niet-lineaire transformatie  $I$ -regular is, is de convergentiesnelheid  $T^{3/4}\sqrt{n}$ , en is zwakke exogeniteit voldoende voor de asymptotische verdeling. For  $H$ -regular functies is de snelheid  $\nu(T)\sqrt{n}$ , waar  $\nu(T)$  de homogene orde van de functie is, en is strikte exogeniteit noodzakelijk om geen onbekende parameters in de asymptotische normale verdeling te hebben. In het geval van meervoudige sterke co-summability impliceert de afleiding van

consistentie een consistente  $k$ -staps Pooled NLS schatter die niet noodzakelijkerwijs equivalent is aan de 1-stap Pooled NLS schatter en die een andere convergentiesnelheid en limietverdeling kan hebben, door de aanwezigheid van niet-lineaire componenten. Daarnaast toont de herparametrisering aan dat het Logistic Smooth Transition Co-summable regressiemodel eigenlijk een speciaal geval is van het meervoudige sterke co-summable regressiemodel. Zowel theoretische als simulatieresultaten tonen aan dat de Pooled NLS schatter goed werkt voor zulke modellen. Er zijn geen problemen om de overgangparameters te identificeren. Ten slotte tonen de simulatieresultaten dat, met een groeiende  $T$ , de verdeling van de statistiek gebaseerd op de consistente schatters van de covariantie matrix, heel dicht bij de standaard normale verdeling ligt.

In Hoofdstuk 4 introduceren we de Pooled Nonlinear Least Squares Dummy Variables schatter voor de modellen in Hoofdstuk 3 aangevuld met additieve vaste individuele effecten. In tegenstelling tot de interpretatie van het verwijderen van het gemiddelde in de lineaire situatie, is de Pooled NLSDV schatter gedefinieerd als de Pooled NLS schatter voor een auxiliaire regressievergelijking die gedefinieerd is als het verschil tussen de originele regressievergelijking en de vergelijking van het gemiddelde over tijd. Deze auxiliaire vergelijking definieert een andere doelfunctie dan die gedefinieerd door de originele regressievergelijking, maar handhaaft de parameters die van belang zijn. Daarnaast is de auxiliaire regressievergelijking altijd correct door de wiskundige constructie. Daarom is de Pooled NLSDV schatter eigenlijk een Pooled NLS schatter voor een ander regressiemodel. Zo doende heeft de Pooled NLSDV schatter dezelfde convergentiesnelheid als de Pooled NLS schatter als  $T \rightarrow \infty$  gevolgd door  $n \rightarrow \infty$ . Als de niet-lineaire functie  $H$  - *regular* is, kan de Pooled NLSDV schatter een sterkere verzameling van identificatiecondities vereisen dan de Pooled NLS schatter. Van de andere kant, als de functie  $I$  - *regular* is, heeft de Pooled NLSDV schatter dezelfde asymptotische eigenschappen als de Pooled NLS schatter. Dit bevestigt de conclusie van Chang et al. (2001) dat functies die  $I$  - *regular* zijn, asymptotisch orthogonaal zijn ten opzichte van de deterministische componenten. De simulatiestudie gebaseerd op het Logistic Smooth Transition model bevestigt de toepassingen in González et al. (2005) en Fok et al. (2005), als de daar gebruikte data worden beschouwd als I(1).

In Hoofdstuk 5 bekijken we een persistente error multifactor structuur voor panel polynomiale co-summable regressiemodellen. We breiden de CCEP schatter van Pesaran (2006) uit om de parameters van belang te schatten. We onderscheiden twee situaties, te weten homogene en heterogene parameters over  $i$ . Voor ieder van deze situaties bekijken we de effecten van zowel de aanwezigheid als afwezigheid van cross-sectionele cointegratie tussen de regressoren. Onze heuristische analyse en de

simulatiestudie geven de indruk dat de aangepaste CCEP schatter nog steeds consistent is met snelheid  $\sqrt{n}$  en asymptotisch normaal verdeeld als de coëfficiënten heterogeen zijn over  $i$ . Verder wijzen de simulatieresultaten erop dat de convergentiesnelheid van  $T$  lijkt af te hangen als de coëfficiënten homogeen zijn.