

# VU Research Portal

## Periodic Seasonal Time Series Models with applications to U.S. macroeconomic data

Hindrayanto, A.I.W.

2011

### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

### **citation for published version (APA)**

Hindrayanto, A. I. W. (2011). *Periodic Seasonal Time Series Models with applications to U.S. macroeconomic data*. Thela Thesis/Tinbergen Institute.

### **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 ?

### **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.

### **E-mail address:**

[vuresearchportal.ub@vu.nl](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

# Samenvatting (Summary in Dutch)

Veel tijdreeksen aangetroffen in economische, sociale en natuurwetenschappen vertonen regelmatige seizoensgebonden fluctuaties. In modelmatige analyses van dergelijke tijdreeksen kan de seizoensgebonden variantie direct worden opgenomen in het model of vooraf worden verwijderd uit de reeks door seizoenaanpassingsmethoden die (impliciet of expliciet) gebaseerd kunnen zijn op een seizoensmodel. In dit proefschrift worden verschillende soorten *periodieke* seizoensmodellen geanalyseerd en enkele nieuwe ontwikkeld.

In periodieke analyse wordt een set van jaarlijkse tijdreeksen simultaan geanalyseerd. Elk individuele tijdreeks is uitsluitend gerelateerd aan een bepaald seizoen. Deze aanpak staat in contrast met de modellering van een tijdreeks als een stochastisch proces met seizoensgebonden schommelingen. Concentratie op een tijdreeks die enkel gekoppeld is aan een bepaald seizoen, zodanig dat de reeks seizoensvrije dynamiek bezit, omzeilt enkele ingewikkelde aspecten van het modelleren van seizoensgebonden variaties. Periodieke benaderingen zijn onderzocht in het kader van *autoregressief voortschrijdend gemiddelde* (ARMA) modellen en dynamische econometrische modellen, zie bijvoorbeeld het boek van Ghysels & Osborn (2001) of Franses & Paap (2004). In het kader van periodiek latente-componenten modellen in toestandruimte (state-space) formuleringen bouwt dit proefschrift voort op belangrijke bijdragen van Krane & Wascher (1999), Koopman & Ooms (2002, 2006), Proietti (2004), Bell (2004) en Penzer & Tripodis (2007).

In dit proefschrift wordt de periodieke analyse van zowel ARMA als latente-componenten tijdreeksen modellen nader belicht. Het ARMA model is algemeen bekend en wordt behandeld in tal van econometrie boeken. Het latente-componenten model is minder bekend en het ontleedt een tijdreeks in componenten van belang, zoals trend, seizoen, cyclus en residuele component, zie de artikelen van Harvey (1989), Durbin & Koopman (2001) en Commandeur & Koopman (2007) voor algemene verhandelingen en diepgaande beschrijvingen van dit type model. Wij richten ons vooral op de analyse van de macro-economische tijdreeksen waarvoor wij latente-componenten modellen uitbereiden door periodieke coëfficiënten toe te kennen aan de verschillende componenten. Onze bijdrage voor de periodieke ARMA modellen is het ontwikkelen van een state-space formulering waarin de aanname van stationariteit niet nodig is. Verder besteden we speciale aandacht aan de identificatie van de parameters voordat we beginnen met de schatting procedure en laten we zien dat exacte maximum likelihood een geschikte schattingsmethode is, ondanks het grote aantal parameters dat typisch wordt aangetroffen in deze klasse van modellen. We hebben ook een koppeling van periodieke en

niet-periodieke model formuleringen gemaakt door middel van waarschijnlijkheidsratio toetsen, wat mogelijk is door de geneste structuur van de modellen. Empirische illustraties worden gegeven door gebruik te maken van Amerikaanse werkloosheid reeksen voor univariate periodieke modellen (hoofdstukken 2 en 4) en werkgelegenheid data voor multivariate periodieke modellen (hoofdstuk 3).

Een periodieke analyse kan worden uitgevoerd door een univariate analyse te herhalen voor ieder seizoen, of met een multivariate aanpak waarin meerdere tijdreeksen (gelijk de seizoenslengte) tegelijk wordt gemodelleerd. In dit proefschrift pleiten we voor het gebruik van een univariate representatie met tijdsvariërende parameters voor periodieke modellen. We tonen in de hoofdstukken 2 en 3 aan dat deze aanpak identiek is aan de multivariate formulering van periodieke modellen met vaste parameters. Het voordeel van het gebruik van de univariate formulering ligt in de mogelijkheid van uitbreiding van het model voor verschillende tijdreeksen samen zodat we multivariate periodieke modellen verkrijgen, zoals beschreven wordt in hoofdstuk 4.

Hoofdstuk 5 van dit proefschrift beschrijft een speciaal geval van een periodiek UC model waarin het zogenaamde basis structureel model (BSM) wordt uitgebreid door tijdsvariërende trigonometrische seizoenstermen te introduceren voor verschillende seizoensfrequenties. We noemen dit model een frequentie specifieke basis structureel model (FS-BSM). De uitgebreide verzameling van parameters in de FS-modellen kan worden geschat met standaard maximum likelihood procedures op basis van het Kalman filter. We onderzoeken hier de dynamische eigenschappen van FS-BSM en we brengen ze in verband met de eigenschappen van het frequentie specifieke Airline model (FS-AM), zoals beschreven in Aston, Findley, McElroy, Wills & Martin (2007).

De periodiciteit in FS-BSM is geresliceerd tot uitsluitend het seizoen component, zodat elk seizoensfrequentie zijn eigen variantie heeft. Dit bijzondere model is in detail beschreven door Harvey (1989) voor kwartaal reeksen. We breiden de analyse van dit model uit voor de maandelijkse reeksen en we vergelijken schattingsprestaties van FS-BSM met hun FS-AM tegenhanger. De relatie tussen coëfficiënten in FS-AM en FS-BSM is zeer niet-lineair en we gebruiken numerieke technieken om de samenhang tussen beide modellen te onderzoeken. Wij vinden via empirische studies en theoretische simulaties dat de eigenschappen van beide modellen erg dicht bij elkaar kunnen liggen (onder bepaalde voorwaarden). Voor dit onderzoek maken we gebruik van een database uit de Amerikaanse Census Bureau die al eerder werd geanalyseerd met FS-AM.

Dit proefschrift bestaat naast de introductie uit vier hoofdstukken. Een samenvatting van elk hoofdstuk volgt.

## **Hoofdstuk 2: Univariaat periodiek latente-componenten modellen**

In dit hoofdstuk wordt een algemene klasse van periodieke latente componenten tijdreeks modellen met stochastische trend, seizoen, cyclus en residueel component onderzocht. De

algemene state-space formulering van het periodieke latente-componenten model maakt exacte maximum likelihood schatting, signaal-extractie en voorspelling mogelijk. Ook worden de gevolgen voor model gebaseerde seizoensinvloeden besproken. Het nieuwe periodieke model wordt toegepast op de maandelijkse naoorlogse Amerikaanse werkloosheid data, waarin wij een significante periodieke stochastische cyclus identificeren. Een gedetailleerde empirische periodieke analyse wordt gepresenteerd, waaronder een vergelijking tussen de periodieke en de niet-periodieke latente-componenten modellen.

### **Hoofdstuk 3: Multivariaat periodiek latente-componenten modellen**

Dit hoofdstuk analyseert naoorlogse Amerikaanse kwartaal werkgelegenheid data voor zeven industriële sectoren op basis van een nieuw multivariaat periodiek latente-componenten tijdreeksmodel. Het model omvat de sectorale trend, seizoen en residuele componenten met periodieke functies en parameter aanpassingen voor de periode van de zogenaamde ‘Great Moderation’. Het belangrijkste kenmerk van onze multivariate model is de gemeenschappelijke cyclus component die de detectie van periodiek cyclisch gedrag in de werkgelegenheidsreeks mogelijk maakt. Het onderzoek van de periodiciteit in de cyclus component van de tijdreeks is relevant, omdat in correctieprocedures voor seizoensinvloeden hiermee rekening moet worden gehouden wanneer deze periodieke cyclus aanwezig blijkt te zijn. We concluderen dat periodiciteit aanwezig is in de sectorale trend en seizoen componenten, maar vonden geen periodiciteit in de gemeenschappelijke cyclus component. Verder vergelijken we onze bevindingen met een eerder verschenen empirische studie over dit onderwerp.

### **Hoofdstuk 4: Periodieke SARIMA modellen**

In dit hoofdstuk worden state-space formuleringen voor periodieke SARIMA model besproken. Een praktische state-space formulering van de periodieke SARIMA modellen wordt geïntroduceerd om model identificatie, specificatie en exacte maximum likelihood schatting van de periodieke parameters te vergemakkelijken. Deze formuleringen behoeven geen a-priori (seizoen) verschilname van de tijdreeks. De tijdsvariërende state-space voorstelling is een aantrekkelijk alternatief voor de tijd-invariante vector representatie van periodieke modellen, die meestal leidt tot een hoge dimensie van de toestand vector in maandelijkse periodieke tijdreeks modellen. Een belangrijke ontwikkeling is onze methode voor de berekening van de variantie-covariantie matrix van de eerste reeks van waarnemingen die nodig is voor de exacte maximum likelihood schatting. We illustreren het gebruik van periodieke SARIMA modellen voor het voorspellen van een maandelijkse naoorlogse Amerikaanse werkloosheid tijdreeksen.

## Hoofdstuk 5: frequentie specifiek trigonometrisch seizoen modellen

Het BSM tijdreeks model is ontworpen voor het modelleren en voorspellen van tijdreeksen met een seizoenscomponent. In dit hoofdstuk maken wij kennis een veralgemenisering van dit model, waarin de tijd variërende trigonometrische termen verschillende variaties hebben in hun storingen. De uitgebreide set van parameters worden geschat met maximum likelihood procedures op basis van het Kalman filter. De bijdrage van dit hoofdstuk is tweeledig. De eerste is een uitgebreide beschrijving van de dynamische eigenschappen van deze frequentie specifieke basis structureel model. De tweede is de relatie tussen dit model en een vergelijkbare algemene versie van het Airline model dat ontwikkeld is door het Amerikaanse Census Bureau. Uit de berekening van een kwadratische afstand metriek op basis van de gereduceerde vorm voortschrijdende gemiddelde representatie van de modellen, concluderen we dat de eigenschappen van de algemenere modellen erg dicht bij elkaar liggen, in vergelijking met hun oorspronkelijke tegenhangers. In sommige gevallen is de afstand tussen de modellen vrijwel nul, zodat de modellen kunnen worden beschouwd als observationeel equivalent. Een uitgebreide empirische studie van een gedisaggregeerde maandelijks wereldhandel reeks illustreert zowel de relaties tussen de twee klassen van modellen als de verbeteringen die verkregen zijn door het aannemen van de frequentie-specifieke extensies.