

Antwoord op 'Over discrete en continue transfer/ruis modellen'

We waarderen de uitvoerige reactie c.q. het door filosofen van Frans van Geer op onze artikelen zeer, en ofschoon het bij veel van Van Geer's reactie niet zozeer om tegenwerpen gaat, willen we graag hier nog kort op het een en ander ingaan.

Van Geer suggereert dat volgens ons een continue fysische benadering principieel en altijd beter zou zijn, en houdt een pleidooi om continue en discrete tijdreeksmodellen niet tegenover elkaar te zetten (zie bijvoorbeeld paragraaf 1, alinea 2, en stelling 1 en 3). Alhoewel discrete en continue modellen gewoon in elkaar om te schrijven zijn en dus wiskundig gezien niet essentieel verschillend, is er volgens ons wel degelijk een verschil in benadering (zie ook Ziemer e.a., 1998). In onze artikelen hebben we geprobeerd aan te geven dat tijdreeksanalyse er door een continue bril toch wel wat anders uit ziet, en dat problemen samenhangend met de tijdsdiscretisatie (regelmatige meetfrequentie, slecht geschaalde AR-parameters, frequentie-afhankelijke modelorde en parameters) vanuit die optiek opeens niet meer lijken te bestaan. Dat betekent dus niet dat je oplossingen die je vanuit een continue benadering vindt, niet ook kan gebruiken in discrete tijd. Wat dat betreft is het voorbeeld dat Van Geer aanhaalt over zijn onderzoek met Defize inderdaad illustratief (o.a. figuur 3), omdat er kennelijk ook bij hen behoefte bestond aan een PIR-FICT-achtige benadering, maar dat zij daar nog niet de oplossing voor vonden die je vanuit het continue perspectief vindt.

Van Geer stelt verder dat de beperkingen ten aanzien van de meetfrequentie niet te

maken hebben met de discrete benadering, maar met de beschikbare programmatuur (paragraaf 3.1 en stelling 4). Het werken met discrete tijdstappen introduceert echter nu eenmaal een modelfrequentie die je in continue tijd niet hebt, en ook volgens Box en Jenkins zelf was hun methode niet toepasbaar op onregelmatige reeksen. Natuurlijk is er wel meer recentelijk een oplossing voor deze beperking gevonden door het Kalman-filter in te zetten, waarbij Van Geer zelf voor een belangrijk deel aan deze oplossing bijdroeg (zie o.a. Bierkens e.a., 1999a). Let wel, het Kalman-filter is aardig rekenintensief (bijvoorbeeld Heemink e.a., 2001), is inderdaad nog nauwelijks beschikbaar in de gangbare tijdreeksanalyse-programmatuur en lost de beperking van meetfrequentie slechts voor eenvoudige exponentiële systemen echt volledig op (zie ook Van de Vliet, 1999; Bierkens e.a., 1999b). Vanuit een continue optiek kijk je echter ook anders tegen het ruisproces aan, en vind je een in veel gevallen efficiëntere benadering waarvoor inzet van het Kalman-filter niet nodig is (Von Asmuth en Bierkens, in voorbereiding).

Van Geer stelt dat een modelleur de balans moet vinden tussen parameterreductie en objectiviteit van de modellering (stelling 5). Daar zijn we het op zich roerend mee eens, maar met het gebruik van continue, analytische responsfuncties introduceren we wel een andere, meer natuurlijke manier om parameterreductie op basis van fysische schematisaties toe te passen. Het gemak voor een hydrologische gebruiker schuilt hem daarin dat een tamelijk specialistisch jargon van (S/P)AR(I)MA(X) modellen, delta's en omega's wordt vertaald in de hem meer bekende fysische termen, en dat een suggestie wordt gedaan (de Pearson III functie) die in veel gevallen zeer bevredigende resultaten blijkt op te leveren. Dat kan een beginnend modelleur aardig wat

inwerktijd en de fase van modelidentificatie schelen.

Al met al gebruiken we in een van de titels inderdaad het woordje 'beter', maar zetten er wel 'soms' voor en 'tenzij' achter, en trekken de conclusie dat het opleggen van fysische randvoorwaarden aan het model de fit ook negatief zou kunnen beïnvloeden. Dit houdt in dat een continue benadering aardig wat voordelen heeft, maar dat ook Box-Jenkinsmodellen zo hun specifieke prettige eigenschappen hebben. Het is vaak verhelderend om de resultaten van beide modellen naast elkaar te zien, en wellicht zouden we ook nog eens aan een hybride benadering kunnen werken. Metingen liegen niet (stelling 6 van Van Geer), maar bevatten wel fouten en toevalligheden, en daarbij zijn Box-Jenkinsmodellen zeker niet aannemen en parameter vrij. Fysische wetten liegen ook niet, maar de werkelijkheid wordt wel eens verkeerd of te eenvoudig geschematiseerd.

*Jos von Asmuth
Marc Bierkens
Kees Maas*

Literatuur

Asmuth, J.R. von en M.F.P. Bierkens

(in voorbereiding) Modelling irregularly observed time series as a continuous coloured stochastic process; ingezonden aan *Water Resources Research*.

Bierkens, M.F.P., Knotters, M. en F.C.

van Geer (1999b) Reactie auteurs op ingezonden brief door Ronald van de Vliet; in: *Stromingen*, jrg 5, pag 64–66.

Bierkens, M.F.P., M. Knotters en F.C.

van Geer (1999a) Calibration of transfer function-noise models to sparsely or irregularly observed time series; in: *Water Resources Research*, jrg 32, pag 1741–1750.

Heemink, A.W., M. Verlaan en A.J.

Segers (2001) Variance Reduced Ensemble Kalman Filtering; in: *Monthly Weather Review*, jrg 129, nr 7, pag 1718–1728.

Vliet, R.N. van de (1999) Reactie op 'Tijdreeksanalyse nu ook toepasbaar bij onregelmatige meetfrequenties'; in: *Stromingen*, jrg 5, pag 64.

Ziemer, R.E., W.H. Tranter en D.R.

Fannin (1998) Signals and systems: continuous and discrete; Prentice-Hall, Upper Saddle River.

Reactie van de auteur van 'Over discrete en continue transfer/ruis modellen'

Bij de beschouwing van discrete tijdreeksmodellen moeten wij ons volgens mij niet beperken tot wat er in het standaardwerk van Box en Jenkins is geschreven. Sinds dit werk op de markt is, is er veel onderzoek verricht. In de 'state-space'-beschrijving (zoals die ook in een Kalmanfilter wordt gebruikt) is het niet noodzakelijk om op elke tijdstap van het model ook een meting te hebben. Dit opent de weg om de modeltijdstap willekeurig klein te maken, waarmee volgens mij de beperking van de vaste frequentie goeddeels verdwijnt. De rekentijden van een Kalmanfilter zijn sterk afhankelijk van het aantal dimensies dat in de toestandsvector wordt meegenomen. In het geval van een eenvoudig tijdreeksmodel is deze dimensie niet zo groot, en valt de rekentijd reuze mee. Als we Kalmanfiltering toepassen op ruimtelijk verdeelde modellen (zoals MODFLOW), dan is het aantal dimensies gelijk aan het aantal gridcellen en loopt de rekentijd enorm op. Elk model (discreet of continue) is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid en bevat derhalve aannemen. Ik denk dat het tot op zekere hoogte een kwestie is van persoonlijke smaak of je makkelijker uit de voeten kan met discrete of continue modellen.