

DYNAMIEK IN DE ECONOMETRIE

Herman K. van Dijk¹

Samenvatting

In deze rede worden een aantal voorbeelden besproken van naieve en mechanistische econometrische analyse. Vervolgens wordt een pleidooi gehouden voor de ontwikkeling van niet standaard verdelingstheorie die nodig is voor de analyse van dynamische, mogelijk niet stationaire, economische processen. Computer simulatie technieken en grafische analyse spelen hierbij een belangrijke rol. Toepassing van geavanceerde methoden en modellen vraagt om econometristen die ook kundig zijn op verschillende deelgebieden van de economische wetenschap.

¹ Tinbergen Instituut en vakgroep Econometrie, Erasmus Universiteit Rotterdam, Postbus 1738, 3000 DR Rotterdam, Tel. 010 - 408 8900, email: hkvdijs@tir.few.eur.nl.

De titel van deze rede kan op verschillende manieren uitgelegd worden.² Deze kan duiden op econometrisch onderzoek naar dynamische economische processen maar ook op een wetenschapsgebied dat vele, mogelijk fascinerende, ontwikkelingen vertoont. Beide interpretaties hoop ik vanmiddag enigszins aannemelijk te maken. Als opmaat vraag ik uw aandacht voor drie citaten.

Wat is de oorzaak dat, in kapitalistische economische stelsels, geaggregeerde variabelen herhaalde golfbewegingen ondergaan rond een trend, alle van, in essentie, hetzelfde type.

R.E. Lucas, 1977, in "Understanding Business Cycles".³

De huidige depressie heeft voor de vraagstukken van het conjunctuur-onderzoek verhoogde belangstelling gewekt, zowel omdat in deze tijden zo goed mogelijke kalkulatie meer nodig is dan ooit, als ook omdat de vraag, hoe men het einde der depressie verhaasten en de intensiteit verminderen kan, voor veel bedrijven een levensvraag is geworden. Statistiek, statistiese analyse en wiskunde kunnen hierbij zekere diensten bewijzen, meer dan men tot voor kort heeft beseft.

J. Tinbergen, 1933, in zijn oratie bij de N.E.H.

Veel macroeconomen en de meeste econometristen zijn van mening en leren hun studenten dat (i) empirisch onderzoek in de macroeconomie zich moet concentreren op het identificeren van "diepe structurele parameters" die een beschrijving geven van voorkeuren en van de technologie; (ii) het beste empirisch onderzoek in de macroeconomie toetst op formele wijze essentiële veronderstellingen die op strakke wijze zijn afgeleid uit de economische theorie; (iii) geavanceerde statistische techniek kan een belangrijke rol spelen bij het bepalen van de causaliteit in stelsels met vele onderling afhankelijke variabelen. Deze opvattingen vormen de kern van wat ik beschouw als de wetenschappelijke illusie in de macroeconomie.

L. Summers, 1991, in "The Scientific Illusion in Empirical Macroeconomics"⁴.

²Ik ben dank verschuldigd aan drs. G. Draisma, dr. F.R. Kleibergen, drs. R. Paap, mevr. N.T. van der Beek, mevr. I. Driessen en mevr. C.J.J. de Ruiter voor hun hulp bij de voorbereiding van deze oratie.

³"Why is it that, in capitalist economies, aggregate variables undergo repeated fluctuations about trend, all of essentially the same character?"

⁴"Many macroeconomists and most econometricians believe and teach their students that (i) empirical work in macroeconomics should concentrate on identifying "deep structural parameters" characterizing preferences and technology; (ii) the best empirical work in macroeconomics formally tests substantive hypotheses rigorously derived from economic theory; (iii) sophisticated statistical technique can play an important role in sorting out causation in systems with many interdependent variables. These beliefs

Het eerste citaat van Robert Lucas vraagt de aandacht voor twee probleemstellingen die in zekere zin het anker vormen van het econometrisch onderzoek in de westerse economische stelsels, nl. (i) Kwantitatieve beschrijving van het marktsysteem, dat zo kenmerkend is voor een kapitalistische economie; (ii) Een dynamische beschrijving van het economische proces. Op beide onderwerpen wil ik vanmiddag ingaan. Het tweede citaat vraagt de aandacht voor het belang van methoden uit de statistiek en wiskunde voor de beoefening van de economische wetenschap. Ter vermijding van elk misverstand moet ik hier aan toevoegen dat, naar mijn opvatting, Tinbergen minder betekenis toekent aan de verdieping van de statistische methoden der econometrie, maar meer betekenis hecht aan de econometrische modelbouw en haar toepassing bij het oplossen van maatschappelijke problemen. Aan het slot van mijn betoog geef ik een korte beschrijving hoe (geavanceerde) beschrijvende statistiek behulpzaam kan zijn bij het onderzoek naar de hypothese van convergentie in de ontwikkeling van het bruto binnenlands produkt van een groot aantal landen.

Het derde citaat van Lawrence Summers stelt dat het een grote illusie is om te veronderstellen dat toepassing van formele methoden en modellen leidt tot beter inzicht in economische processen. Summers is bovendien van mening dat overredingskracht belangrijker is dan formeel toetsen. Om het in populaire voetbaltermen te stellen. Econometristen houden zich bezig met een technisch zeer verfijnd spel waarbij zij hun tegenstanders herhaaldelijk op de vierkante meter passeren bij de cornervlag maar zij verzuimen direct voor het doel te verschijnen, waardoor zij niet tot scoren komen. Om dit laatste gaat het toch uiteindelijk bij dit spel!

In deze rede wordt kort ingegaan op het belang van geavanceerde methoden voor toegepast onderzoek waarbij ook nieuwe ontwikkelingen behandeld worden. Eén daarvan laat zien dat uitspraken over de betrouwbaarheid van geschatte economische modellen in het nabije verleden vaak gedaan zijn met behulp van geavanceerde statistische methoden die gebaseerd zijn op de veronderstelling van stationariteit van het beschreven proces en op de veronderstelling van beschikbaarheid van een grote steekproef. Deze veronderstellingen zijn weinig realistisch omdat de meeste macro-economische modellen bijna niet-identificeerbaar zijn, en geschat worden met behulp van betrekkelijke korte tijdreeksen die mogelijk niet-stationair zijn. De onzekerheid van de geschatte modellen, die afgeleid werd met formele methoden, is veelal onderschat. De beschrijving van de onderwerpen is impressionistisch van aard en zeker niet volledig. Voor een uitgebreide historische verhandeling over de ontwikkeling van de econometrie tot 1950 verwijs ik naar het boek van Mary Morgan (1990).

Drie voorbeelden van naïeve en mechanistische econometrische analyse

Als eerste voorbeeld ga ik voorspellen wie de eerste econoom is geweest in de Verenigde Staten.⁵ Stel we beschikken over gegevens betreffende het aantal economen in de VS in de periode 1950-1973. Kunnen we (terugwaarts) voorspellen wanneer de eerste econoom in de VS verscheen? In Figuur 1 is te zien dat het aantal economen in de VS in deze periode een trendmatig verloop heeft van links beneden naar rechts boven.

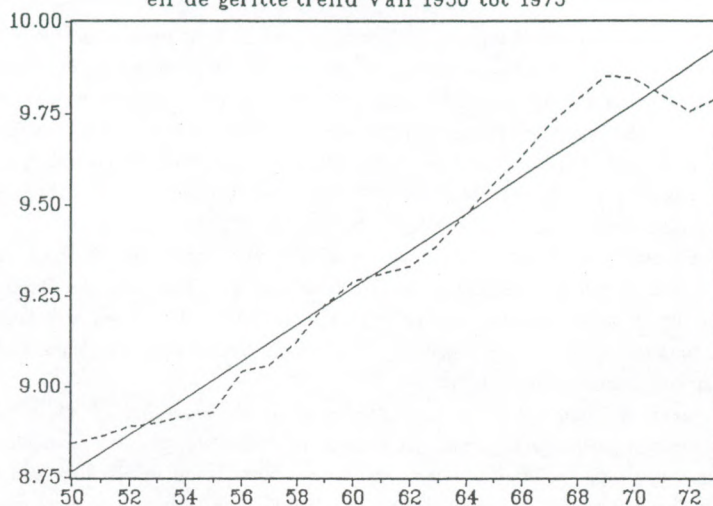
Stel dat we via de kleinste-kwadraten regressie techniek een rechte lijn aanpassen aan deze gegevens en deze rechte doortrekken tot het aantal economen verminderd is tot één, dan kom je uit op het jaar 1777. Dit resultaat is heel plausibel omdat het bekende boek van Adam Smith over *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* verscheen in 1776 en het in die tijd ongeveer zes weken duurde om de reis per schip tussen Engeland en de VS te volbrengen. Een Engelse emigrant kan dit boek dus heel wel meegenomen hebben naar de VS. Dit wat amusante voorbeeld heeft een aantal ingrediënten die ook in meer serieuze probleemstellingen een rol spelen, nl.: (i) Het verschijnsel vertoont een trendmatig karakter; (ii) We zijn geïnteresseerd in lange termijn voorspellingen; (iii) De plausibiliteit hangt niet alleen af van een formele uitkomst verkregen met behulp van het model maar ook van de overtuigingskracht van het resultaat, d.w.z. spoort het resultaat met een notie van redelijkheid die de onderzoeker op basis van andere informatiebronnen heeft over de uitkomst. Echter, een zorgvuldige specificatie analyse met geavanceerde econometrische technieken, zoals o.a. voorgesteld door mijn Amsterdamse collega Kiviet in zijn oratie in 1990 zal waarschijnlijk de fragiliteit van het onderzoekresultaat laten zien.

Het tweede voorbeeld gaat over de analyse van trends in het bruto nationaal produkt van de Verenigde Staten.⁶ Hier passen we een methode en model toe zoals voorgesteld door Nelson en Plosser in hun artikel "Trends and Random Walks in Macro-Economic Time Series" uit het *Journal of Monetary Economics* in 1982. Dit artikel is een citation classic geworden, d.w.z. het is meer dan 425 keer geciteerd in de internationale wetenschappelijke literatuur. Men zou er dan vanuit kunnen gaan dat het ook een goed artikel is. Ten aanzien van mogelijke trends in de macroeconomische variabelen stellen economen tot in de zeventiger jaren dat het lange termijn groeipad van de economie een exponentieel verloop heeft en dat afwijkingen van deze trend aanleiding geven tot tijdelijke cycli die door een verstandig fiscaal en monetair beleid glad gestreken worden. Nelson en Plosser beschrijven het verloop in de tijd van het bruto nationaal produkt in de Verenigde Staten met behulp van een eenvoudig tijdreeks model.

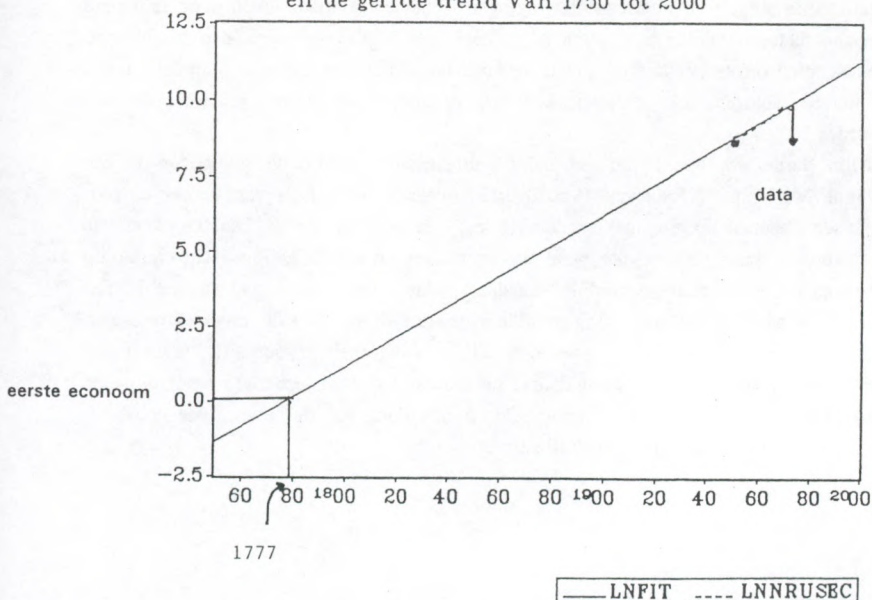
⁵Dit voorbeeld zonder grafische illustratie staat vermeld in het boek van Intriligator, 1978.

⁶Voor details verwijs ik naar het artikel van Nelson en Plosser in 1982. Het door mij behandelde voorbeeld is beschreven door Schotman en Van Dijk (1991b).

de logaritme van het aantal economen in de US
en de gefitte trend van 1950 tot 1973



de logaritme van het aantal economen in de US
en de gefitte trend van 1750 tot 2000



Figuur 1 De eerste econoom in de Verenigde Staten

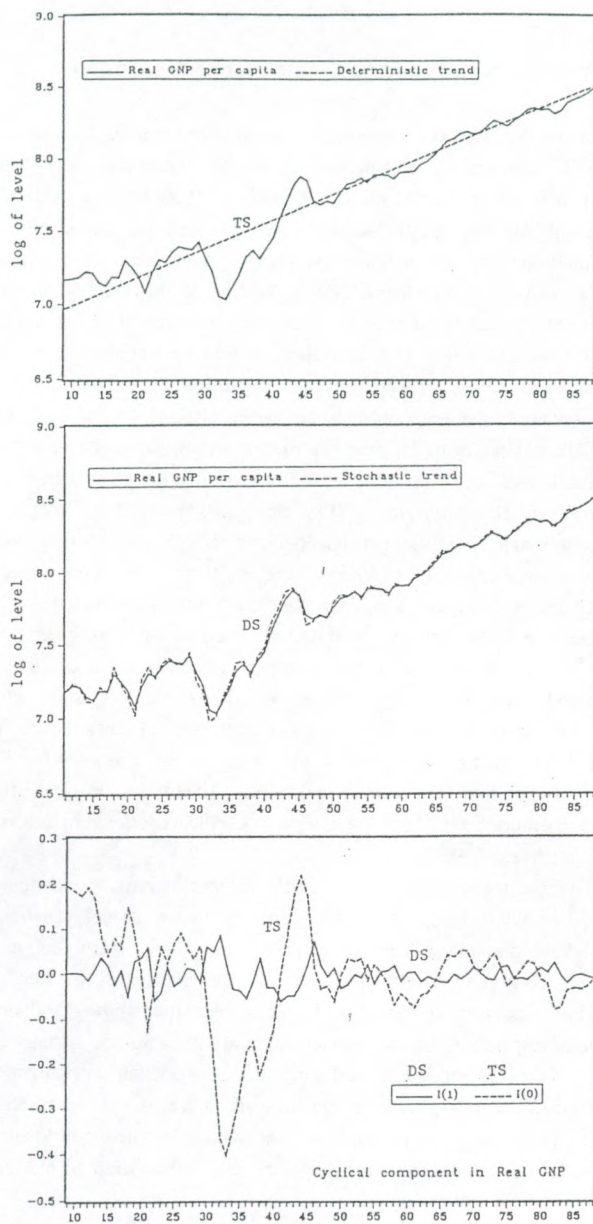
Toepassing van een toetsmethodiek van Dickey en Fuller⁷ leidt tot de conclusie dat het proces mogelijkwerijs niet-stationair is (in het jargon: de nulhypothese dat het model een eenheidswortel bevat kan niet verworpen worden). Dit heeft tot gevolg dat men stochastische trend kan definiëren, d.w.z. een trend die varieert per waarneming. Stochastische schokken hebben nu een permanent effect in plaats van een tijdelijk effect. In een economie die zich ontwikkelt volgens een stochastistische trend zijn fiscale en monetaire politiek geheel nutteloos om fluctuaties glad te strijken.

In Figuur 2 wordt getoond wat de verschillen zijn tussen het opleggen van een deterministische en een stochastische trend. De bovenste figuur toont hoe een deterministische trend het stijgend verloop van het bruto nationaal produkt goed weergeeft. De middelste figuur laat zien dat een stochastische trend de variatie in de reeks veel beter beschrijft dan een deterministische trend.

De onderste figuur laat op dramatische wijze zien wat het effect is van het opleggen van een stochastische trend. De verschillen tussen de reeks en de beide trends zijn hierin afgebeeld. De depressie van de dertiger jaren is nu een gevolg van onverwachte schokken en niet een gevolg van gebruikelijke economische factoren zoals een tekort schietende vraag. Het grote gevaar van deze analyse is dat men een krachtige conclusie trekt die op een te eenvoudig model is gebaseerd. In zijn oratie in 1933 wees Tinbergen op de mogelijkheid dat golfbewegingen in het economisch leven door endogene economische factoren veroorzaakt kunnen worden. Het blijft nog steeds een fascinerend onderzoeksgebied om te bepalen of, en in welke mate, fluctuaties in het economisch leven door endogene factoren, door exogene factoren, of door stochastische schokken veroorzaakt worden.

Mijn derde voorbeeld van het naïef gebruik van eenvoudige methoden is een verhaal in F.M. Fisher's boek van 1966 over identificatie in stelsels van vergelijkingen. In Tsaristisch Rusland heerste in bepaalde streken een ernstige ziekte. Onderzoekers van de Tsaar vonden een opmerkelijke positieve correlatie tussen de geografische spreiding van artsen en de geografische spreiding van deze ziekte. Het verhaal gaat dat het Tsaristisch beleid ten aanzien van de volksgezondheid gebaseerd werd op dit nonsens resultaat. Het beleid bestond uit een eenvoudige, duidelijke, beslisregel: Doodt alle artsen in de gebieden waar de ziekte heerst, want dan is het verband tussen deze twee verschijnselen verdwenen. U begrijpt dat ik bij dit voorbeeld, in afwijking van de eerste twee voorbeelden, ervan heb afgezien het grafisch te illustreren.

⁷Zie bijvoorbeeld het voortreffelijke boek van Fuller uit 1976.



Figuur 2

Trend-cyclus decompositie van het bruto nationaal produkt van de VS, 1909-1988.

Toepassing van geavanceerde econometrische methoden

De betekenis die regressie methoden en correlatie rekening kunnen hebben voor de beoefening van de economische wetenschap, in het bijzonder voor de bestudering van de golfbewegingen in het economisch proces, is reeds in 1933 besproken door Tinbergen in zijn oratie. Vanmiddag wil ik uw aandacht vragen voor de toepassing van een meer geavanceerde methode, nl. de methode van maximale aannemelijkheid en ik besteed aandacht aan de vorm van de aannemelijkheidsfunctie. In de methode wordt de aannemelijkheid dat de data gegenereerd worden door een bepaald model gemaximaliseerd. De criteriumfunctie aannemelijkheid is geïntroduceerd door de Engelse statisticus R.A. Fisher in de twintiger jaren. Het aantrekkelijke van deze criteriumfunctie is dat alle veronderstellingen van economische en stochastische aard expliciet hierin zijn opgenomen. De Nederlander Tjalling Koopmans is, naar mijn beste weten, de eerste onderzoeker die deze methode toegepast heeft op economische tijdreeksen in zijn proefschrift in 1937. Mede door het artikel van Haavelmo in 1943 is de basis gelegd voor toepassing van deze methode op stelsels van vergelijkingen en door het artikel van Mann en Wald in 1943 is de basis gelegd voor toepassing op stationaire dynamische processen met tijdreeksen van aanzienlijke lengte. Vervolgens zijn deze methoden op systematische wijze uitgewerkt door onderzoekers van de Cowles Commission, waar Koopmans weer een centrale rol heeft gespeeld.⁸ Toepassing van deze technieken vergt echter het gebruik van niet-lineaire optimaleringsmethoden waarover nog niet veel kennis aanwezig was in het begin van de vijftiger jaren en bovendien was het rekentool nog beperkt ontwikkeld. Wellicht mede hierdoor heeft de toenmalige Rotterdamse hoogleraar in de econometrie Theil een tweestaps methode ontwikkeld waarmee men makkelijk rekenen kan. In de vijftiger en zestiger jaren zijn deze methoden verfijnd. Voor een gedetailleerd overzicht hierover verwijs ik naar de oratie van Klock (1967).

Toch leverde toepassing van de methode van maximale aannemelijkheid vaak problemen op. Een bekend voorbeeld is het zgn. bouwjaar model van het Centraal Plan Bureau, ontwikkeld door Den Hartog en Tjan.⁹ Dit model werd aan het eind van de zeventiger jaren gebruikt bij het doorrekenen van beleidsmaatregelen ten aanzien van de loonvorming. Een kenmerk van het model was dat een loonstijging leidt tot ingebruikneming van arbeidsbesparende kapitaalgoederen en als zodanig tot verlaging van de inzet van de produktiefactor arbeid. Deze verlaging moet vergeleken worden met de verhoging van de arbeidsinzet, die een gevolg is van vergrote afzet, welke veroorzaakt wordt door de loonstijging. Toepassing van de methode van maximale aannemelijkheid leidde niet tot bevredigende resultaten omdat de criteriumfunctie erg vlak verliep en niet een duidelijk

⁸Zie het proefschrift van Koopmans uit 1937 en de bekende monografieën van de Cowles Commission in 1950 en 1953.

⁹Zie het artikel van Den Hartog en Tjan uit 1976.

lokaal maximum vertoonde. Het model behoort tot de klasse van modellen die men kan karakteriseren als empirisch bijna niet-identificeerbaar. Een benadering van de criterium-functie, gebaseerd op een grote steekproef, geeft onrealistische resultaten ten aanzien van de betrouwbaarheid. In de zeventiger jaren zijn door Kloek en mijzelf rekenmethoden ontwikkeld die gebruik maken van simulatie-technieken.¹⁰ Hiermee kan men aantonen dat de aannemelijkheidsfunctie voor veel modellen een vlak verloop heeft. Vanmiddag wil ik dit probleem nader schetsen voor het meest klassieke model, nl. een marktmodel. Als geavanceerde methoden al niet op deze kanonieke modelvorm kunnen worden toegepast, is er weinig hoop voor meer gecompliceerde modellen. De vergelijkingen van het model zijn

$$q_{dt} = \alpha_1 + \beta_1 p_t + \gamma_1 y_t + \epsilon_{dt}$$

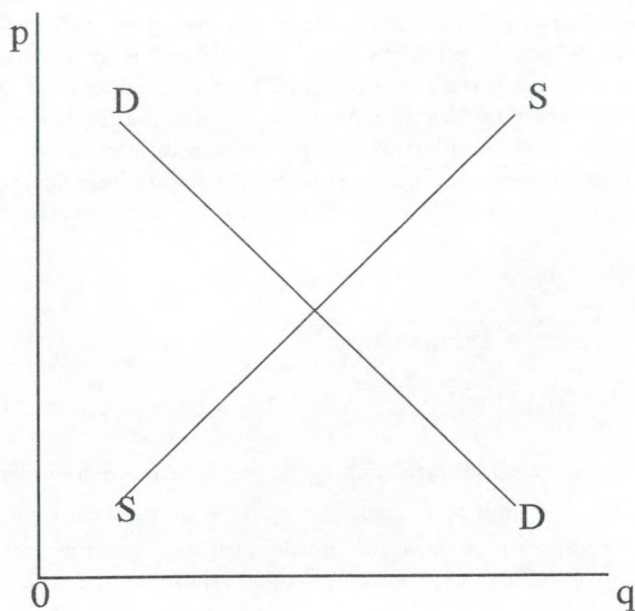
$$p_t = \alpha_2 + \beta_2 q_{st} + \gamma_2 c_t + \epsilon_{st} \quad t = 1, \dots, T$$

$$q_{dt} = q_{st} = q_t$$

Hierbij stelt in de eerste vergelijking q_{dt} de gevraagde hoeveelheid naar een goed voor, die afhangt van de prijs p_t en van andere, specifieke, vraagfactoren zoals inkomen y_t ; de tweede vergelijking is de impliciete aanbodvergelijking waarbij de prijs afhangt van het aanbod q_{st} en van aanbodfactoren zoals produktiekosten c_t . Het model veronderstelt dat handel q_t alleen in het evenwicht plaatsvindt waar vraag, q_{dt} , gelijk is aan aanbod, q_{st} . In inleidende boeken over marktvormen komt figuur 3, waarin het marktmodel grafisch weergegeven wordt, altijd wel een keer voor.

Stel men schat de onbekende parameters α_i , β_i en γ_i , $i=1,2$, met de methode van maximale aannemelijkheid. Vervolgens wenst men een inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid van de resultaten door *te onderzoeken hoe de aannemelijkheidsfunctie verloopt als functie van de parameters*. Immers voor de parameters zoekt men een waarde waarbij de functie gemaximaliseerd wordt.

¹⁰Deze rekenmethoden staan beschreven in o.a. Kloek en Van Dijk (1978), Van Dijk en Kloek (1980), Van Dijk (1984, 1987), Zellner, Bauwens en Van Dijk (1989) en Hop en Van Dijk (1992). Een inleiding in Bayesiaanse methoden in de econometrie is gegeven door Zellner in zijn leerboek uit 1971.



Figuur 3 Een vraag- en aanbod functie

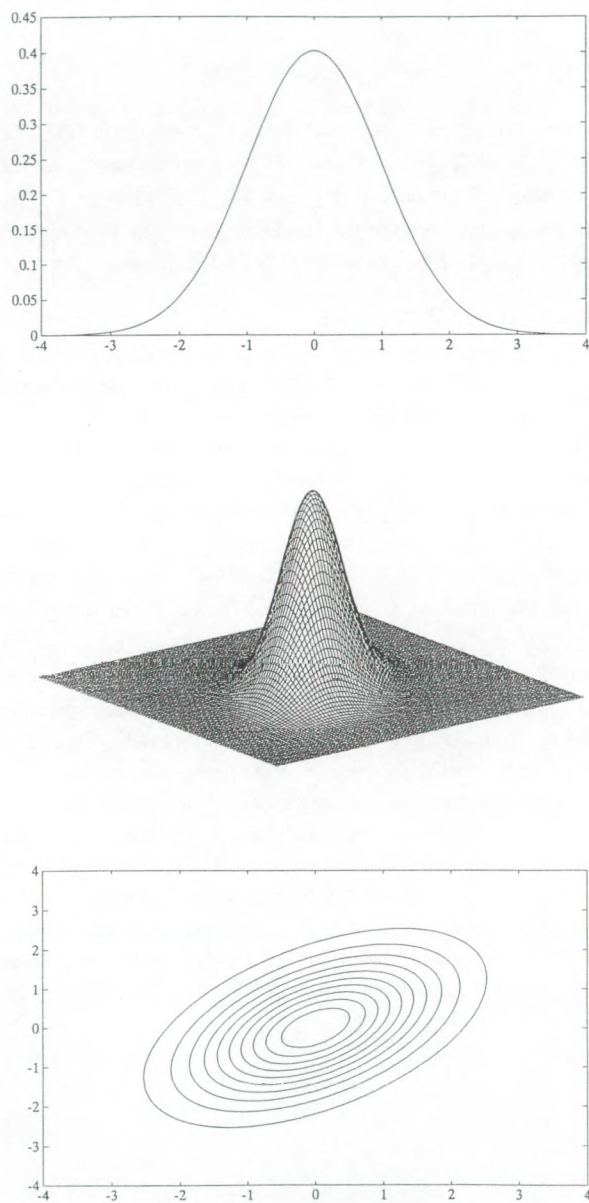
Als men deze oefening zou uitvoeren voor een lineair regressie model $y = x\beta + \epsilon$ dan kan men afleiden dat, onder standaard veronderstellingen over het model, de criteriumfunctie als functie van β een klokvormig verloop heeft, zie Figuur 4. In dit eenvoudige geval heeft de criteriumfunctie de vorm van een normale of Studentt dichtheidsfunctie. Stel dat we twee parameters analyseren: β_1 en β_2 . Dan hebben we in het lineaire model nog steeds met een klokvormige functie te maken en de betrouwbaarheid van de coëfficiënten wordt weergegeven door de hoogtelijnen getekend in Figuur 6. In het jargon zeggen we dat de parameters verdeeld zijn volgens de bivariate normale verdeling of de Student t verdeling. De betrouwbaarheid ten aanzien van de onbekende

parameter β kan vastgesteld worden met behulp van de gebruikelijke t -toetsgrootheid. De kritieke waarde 2 geeft aan dat de onderzoeker een vertrouwen van 95 % heeft dat de onbekende parameter in het interval ligt van $(-2, +2)$. Kenners op het gebied van de statistische methoden der econometrie herkennen hier een op impressionistische wijze geïntroduceerde toepassing van Bayesiaanse methoden gebaseerd op vage voorinformatie over het model.

Voor het geval van een marktmodel verloopt de criterium functie echter geheel anders. Wellicht is er een lokaal maximum maar in verschillende deelgebieden van de parameterruimte verloopt de functie vlak of bijna vlak. Wanneer de steekproef zeer groot is merkt men niet veel van dit vlakke verloop maar in het geval van een kleine steekproef is het gebied waar de functie vlak verloopt niet onbelangrijk. Wanneer er meer dan twee parameters zijn kunnen we de functie niet tekenen. Een bekende methode is nu de functie te integreren (of te middelen) over alle parameters behalve de twee waarin men geïnteresseerd is. Een resultaat voor een Amerikaans model van een vleesmarkt¹¹ is getoond in Figuur 5. Doordat men middelt over een gebied waar de functie ergens vlak verloopt, verkrijgt men een asymptoot in de verdeling van β_1 en β_2 en wel precies daar waar het model niet identificeerbaar is. Naïef gezegd: alle aannemelijkheid wordt daar gelegd waar het model niet identificeerbaar is. De gevoeligheidsanalyse kan nu niet geschieden met behulp van het gebruikelijke betrouwbaarheidsinterval zoals aangegeven in Figuur 4 maar vereist een andere maat. Als men terug wil naar een bekende "klokvormige" figuur, dan is het beter om de aannemelijkheidsfunctie te vermenigvuldigen met een boete functie die de mate van informatie aangeeft die de onderzoeker heeft. Deze informatie is nul wanneer de functie plat of bijna plat is. In het jargon heet het dat deze boetefunctie proportioneel is met de determinant van de informatie matrix van Fisher.

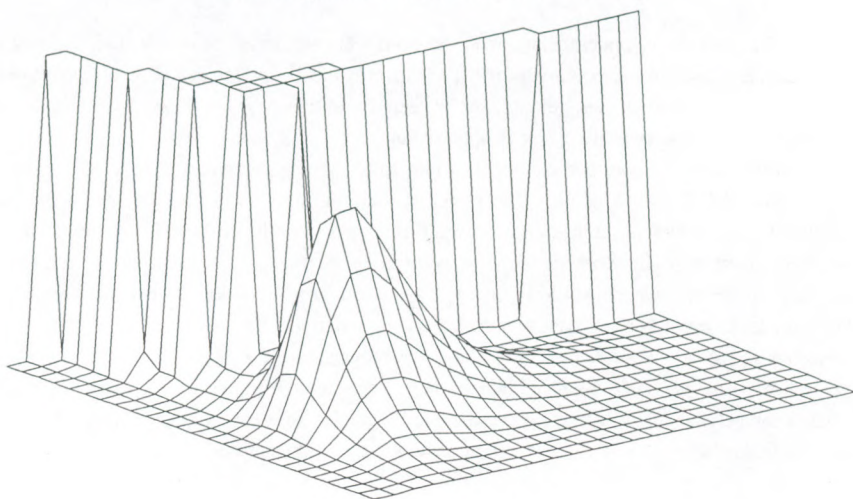
Het voorafgaande geeft de stelling: *De aannemelijkheidsfunctie van econometrische modellen is in kleine steekproeven vaak een criteriumfunctie die zich slecht gedraagt en die moeilijk inzicht geeft in de betrouwbaarheid van het model. Het is beter om gebruik te maken van een criterium functie die het produkt is van de aannemelijkheid en een maat van informatie over het model.*

¹¹Dit is het bekende model van een vleesmarkt zoals beschreven door Tintner in zijn leerboek in 1952. Voor een Bayesiaanse analyse verwijs ik naar het rapport van Kleibergen en Van Dijk (1994).

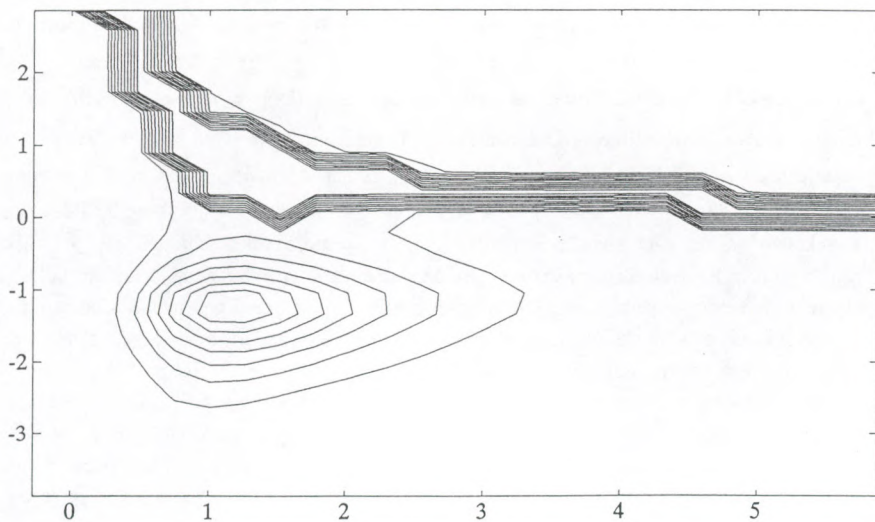


Figuur 4 Univariate en bivariate normale dichtheidsfuncties

bivariate posterior beta1 beta2 h=6 tintner



contourlines bivariate posterior beta1 beta2 h=6 tintner



Figuur 5 Het verloop van de criteriumfunctie voor het Tintner model

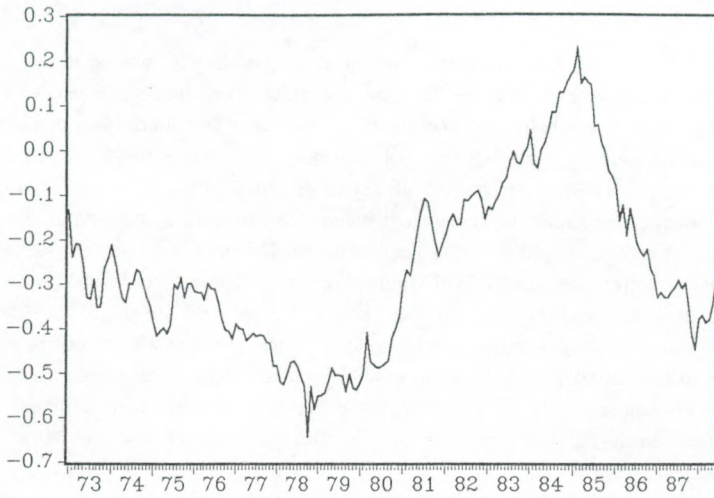
Een tweede veronderstelling over economische processen die vaak niet realistisch is, is de veronderstelling van *stationariteit*. Heel informeel gesteld: een proces is stationair wanneer het zich rond een gemiddelde of een trend beweegt en daar naar terugkeert wanneer er een onverwachte schok is opgetreden.

Bij de analyse van het verloop van het bruto nationaal produkt van de VS is reeds aangetoond dat de keuze of een proces wel of niet stationair is belangrijke gevolgen kan hebben voor verdere economische analyse. Een tweede voorbeeld betreft de theorie over de koopkracht pariteit. Kort samengevat komt deze theorie er op neer dat, in het geval van een internationaal vrijhandelsverkeer, men voor, zeg, 100 dollar eenzelfde hoeveelheid goederen moet kunnen kopen in de VS en in Nederland. Dit betekent dat de nominale wisselkoers tussen de gulden en de dollar proportioneel moet zijn met de verhouding van de prijsniveaus in beide landen. Indien deze veronderstelling onjuist is, kan men via internationale handel (veel) geld verdienen. Om de koopkracht pariteitshypothese te toetsen maken we gebruik van het volgende kanonieke tijdreeks model.

$$y_t = c + \rho y_{t-1} + \epsilon_t, \quad c = \mu(1 - \rho) \quad t = 1, \dots, T$$

De variabele y_t is de logaritme van de reële wisselkoers, d.w.z. de nominale wisselkoers gedeeld door de prijsverhouding. Het verloop van de reële gulden/dollar koers is weergegeven in Figuur 6 voor de periode 1973-1 tot en met 1988-7. De parameter μ van het model is het gemiddelde van de variabele y_t . Het verloop van de aannemelijkheidsfunctie, onder gebruikelijke veronderstellingen, is getekend door μ en ρ in Figuur 6. De functie heeft een vlak verloop wanneer ρ gelijk is aan 1 en de functie heeft een bijna vlak verloop in de buurt van 1. Dit is precies het geval waarbij de hypothese van koopkracht pariteit niet opgaat. Het model wordt bovendien niet stationair als ρ gelijk aan 1 wordt. Er is weer sprake van een niet standaard vorm van de criteriumfunctie. Opnieuw is een oplossing om de criteriumfunctie te vermenigvuldigen met een boetefunctie die gebaseerd is op de informatiematrix van Fisher. Een andere oplossing is gebruik te maken van een stochastische beginwaarde. Voor verdere analyse van dit probleem verwijs ik naar werk van Schotman en mijzelf; zie Schotman en Van Dijk (1991a). Het resultaat van onze analyse is dat de data niet informatief zijn ten aanzien van het al of niet aanvaarden van de koopkracht pariteitshypothese. Echter, mechanistische toepassing van klassieke toetstheorie leidt tot een niet verwerpen van de nulhypothese van geen koopkracht pariteit.

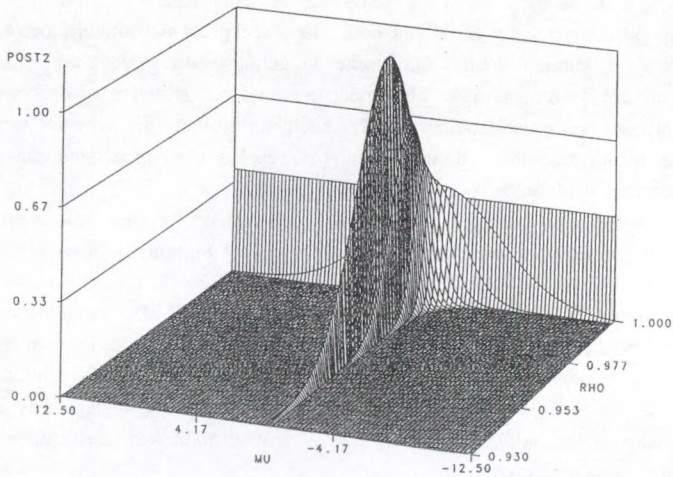
Kenneren hebben gemerkt dat ik weer een impressionistisch beeld geef van de toepassing van Bayesiaanse econometrische analyse. Echter de zgn. klassieke analyse geeft in dit geval ook aanleiding tot niet standaard verdelingstheorie. Ik verwijs hier naar het werk van Boswijk (1993), Phillips (1989, 1991), Johansen (1991), Johansen en Juselius (1990), Urbain (1993), Kleibergen en Van Dijk (1994a), en vele anderen.



Reële wisselkoers van gulden/dollar, 1973 tot 1988

$$y_t = c + \rho y_{t-1} + e_t, \quad c = \mu(1 - \rho)$$

$$t = 1, \dots, T$$



Figuur 6 Aannemelijkheidsfunctie van (μ, ρ)

Wellicht maakt de bespreking van deze methoden een wat abstracte indruk. Daarom noem ik nog twee voorbeelden van economische probleemstellingen waarbij het van belang is om met behulp van econometrische methoden te onderzoeken of een proces stationair of niet stationair is. Stel het algemeen burgerlijk pensioenfonds of een bedrijfs-pensioenfonds wil weten of de reserve van het fonds groot genoeg is om over twintig jaar nog waardevaste pensioenen te kunnen uitbetalen. Veel mensen in Nederland zijn, neem ik aan, in een antwoord op deze vraag geïnteresseerd. Hiervoor is het nodig vast te stellen of de lonen, prijzen en rentes in Nederland en onze natuurlijke handelspartners een stationair of een mogelijk niet-stationair verloop hebben. Bij mogelijk niet-stationaire processen kan men het gemiddelde op lange termijn heel onbetrouwbaar voorspellen. Een ander voorbeeld betreft investeringen in publieke werken zoals vliegvelden en aanleg van spoorwegverbindingen. Als verschillende variabelen een mogelijk niet-stationair verloop hebben, dan heeft dit grote invloed op de onnauwkeurigheid van de lange termijn voorspellingen.

Is toepassing van geavanceerde methoden een wetenschappelijke illusie?

Het artikel van Summers, waaruit ik in de opmaat van deze rede citeerde, is geschreven in een provocerende stijl. De begrippen worden niet expliciet gedefinieerd, hetgeen een eerste vereiste is in een methodologisch artikel. Over zijn drie kritiekpunten merk ik het volgende op. Kritiekpunt (iii) over irrelevantie van toepassing van geavanceerde statistische techniek heb ik ten dele behandeld in het voorafgaande. De stelling is dat toepassing van standaard verdelingstheorie niet geschikt is voor veel macro-economische modellen. Mijn aanbeveling is om geavanceerde statistische methoden in de econometrie te ontwikkelen voor het geval van de eindige steekproef om zinvolle betrouwbaarheidsuitspraken te kunnen doen. Statistische verdelingstheorie geeft de onderzoeker tenminste een meet-instrumentarium. Hoe moet men anders vaststellen of de constatering dat een importgoed een prijselasticiteit van 1.3 heeft, nu betekent dat deze ver van 1 ligt? Net zoals er meetinstrumenten bestaan voor het bepalen van de afstand zo geeft de verdelingstheorie maten van betrouwbaarheid van het resultaat.

Ten aanzien van kritiek punt (ii) over het formeel toetsen van economische hypothesen kan ik het voor een groot deel eens zijn met Summers. In de economische wetenschappen kan men met behulp van formele stochastische theorie niet toetsen of een kapitalistisch stelsel beter werkt dan een communistisch stelsel. De toetsgrootheden die gebruikt worden dienen voor diagnostische analyse en met behulp hiervan kan men onderzoeken welke onderdelen van een model verbeterd kunnen worden. Hier treft men een combinatie van een formele toetstheorie en expertise van de onderzoeker aan. De betrouwbaarheid van het uiteindelijke resultaat zal vrijwel nooit met een formele kansuitspraak bepaald kunnen worden.

De Engelse econometrist Hendry stelt voor, in zijn boek uit 1993 *Econometrics: Alchemy or Science?*, om modellen te evalueren op grond van een aantal criteria zoals: de mate van "fit" van het model; afwezigheid van correlatie en heteroskedasticiteit in de residuen; de juistheid van exogeniteitsveronderstellingen; nauwkeurigheid van voorspellingen en de aanwezigheid van parameter constantheid; juistheid van tekens van coëfficiënten en de interpretatie ervan; en *a priori* plausibiliteit van de restricties die opgelegd zijn aan de coëfficiënten. Het is vrijwel onmogelijk om met behulp van formele kanstheorie een uitspraak te doen over de betrouwbaarheid van het resultaat van een dergelijke economische analyse. De zgn. Hendry school is, naar mijn mening, meer een toepassing van multi-criteria analyse zoals deze gebruikt wordt in de operations research. Men vergelijkt dan de score van een aantal modellen aan de hand van een lijst met criteria. Met recent ontwikkelde technieken kan men dan tot een uitspraak komen over de betrouwbaarheid van de scores van de verschillende modellen.¹²

Dan rest nog Summers' kritiekpunt (iii) dat econometrie diepe economische theorie niet kan gebruiken. Hier telt dat korte termijn voorspellingen met behulp van tijdreeksen analyse niet te verslaan lijken, maar voor middenlange en lange termijn voorspellingen is er behoefte aan theoretische structuur omdat de data informatie veelal onvoldoende is.

Praktisch leven we in een tijd waarin de meeste onderzoekers zich niet meer op een paradigma baseren. Het belang van de kritiek van Summers is aandacht te vragen voor de ontwikkeling van de persoonlijke kunde van de econometrist naast mechanistische toepassing van formele technieken. Er is geen objectieve wetenschappelijke analyse van het specificatieprobleem van een waar model. Wetenschap en kunde gaan in dit opzicht hand in hand. Het econometrisch onderzoek heeft hier dan ook meer weg van een detective spel. Men veronderstelt dat er een model bestaat dat de schuldige is, d.w.z. dat de data gegenereerd zou hebben. Via de kundigheid van een Sherlock Holmes econometrist kan de schuldige wellicht gevonden worden. Het vinden van het "bewijs" is vaak moeilijk door de aanwezigheid van allerlei informatie die niet op het echte economische proces betrekking heeft zoals uitbijters in de waarnemingen. Het onderzoek naar robuustheid in de econometrie verdient meer aandacht dan het tot nu toe gekregen heeft.¹³

¹²Een voorbeeld van een econometrische behandeling van het multi-criteria model is beschreven in Boender en Van Dijk (1993).

¹³Enkele opmerkingen over robuuste methoden in dynamische modellen beschouwd vanuit klassiek en Bayesiaans econometrisch gezichtspunt staan in Hoek, Lucas en Van Dijk (1993).

Enkele recente ontwikkelingen

Sinds de zeventiger jaren zijn er verschillende ontwikkelingen gaande op het gebied van dynamische specificatie van econometrische modellen. Ik noem alleen fouten correctie-modellen, coïntegratie-modellen, modellen met hetero-skedasticiteit, GARCH-modellen, en modellen met verschillende toestanden; zie bijvoorbeeld Kleibergen en Van Dijk (1993, 1994a, 1994b). Verder is ook het gebied van de micro-econometrie een fascinerend gebied waarop ik niet zal ingaan. Als laatste wijs ik op de ontwikkeling op het gebied van zgn. panel-data. De ontwikkeling van data-verzameling is hier van groot belang.

Naast de ontwikkeling van modellen en methoden heeft de ontwikkeling in rekenapparatuur sedert de veertiger jaren grote gevolgen gehad voor de toepassing van de econometrie. Geavanceerde rekenmethoden en grafische analyse kunnen gemakkelijk uitgevoerd worden met behulp van een betrekkelijk eenvoudige "personal computer". Ik zal hier twee voorbeelden behandelen. Het eerste heeft betrekking op de toepassing van neurale netwerken en het tweede op de ontwikkeling in de tijd van de verdeling van het bruto binnenlands produkt van een groot aantal landen.

Neurale netwerken zijn oorspronkelijk ontwikkeld als een simulatie model van de werking van de hersenen, wat de terminologie in dit vakgebied verklaart.¹⁴ Neurale netwerken hebben een zekere faam verworven in de economische wetenschap om dat deze complexe data processen goed kunnen beschrijven. Een neurale netwerk bestaat uit neuronen (cellen), neurale verbindingen (interne verbindingen) en verbindingen met de buitenwereld. Het meest eenvoudige neurale netwerk is het zgn. multivariate lineaire model met enkelvoudige output: $y = x\beta$, waarbij x een vector van inputs is. Het effect van de input x op de enkelvoudige output y wordt weergegeven door lineaire neurale verbindingen. Grafisch kan men de bijdrage van elke input cel op de output weergeven. Dit is reeds in 1937 door Koopmans en in 1939 door Tinbergen aangetoond, zie Figuur 7. Moderne rekenmethoden en rekentuig stellen ons tegenwoordig in staat niet-lineaire verbindingen tussen cellen te modelleren en grafisch te analyseren achter een eenvoudige personal computer. Een voorbeeld is genomen uit een recent rapport van Draisma, Kaashoek en mijzelf. We bekijken als reeks het werkloosheidspercentage in de VS. Als inputs nemen we de vertraagde waarden van deze variabele. In Figuur 7 wordt in vier figuren de reeks getoond met de output van het neurale netwerk, waarbij elke keer een input is weggelaten. Uit de figuur is af te lezen dat met name input vier weinig bijdraagt aan de verklaring van de variatie in de reeks van werkloosheid.

Mijn tweede voorbeeld gaat over de internationale verdeling van welvaart, gemeten als bruto binnenlands produkt, en de verandering in deze verdeling in de na-oorlogse

¹⁴Deze toepassing is in meer detail beschreven in Draisma, Kaashoek, en Van Dijk (1993).

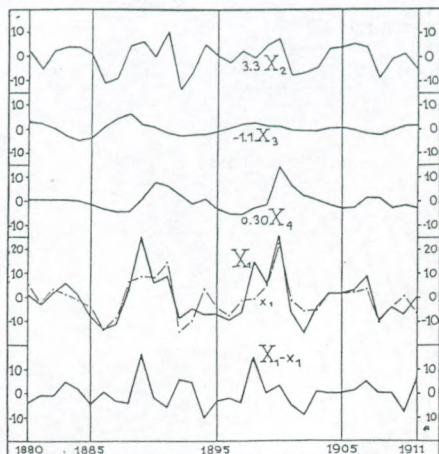
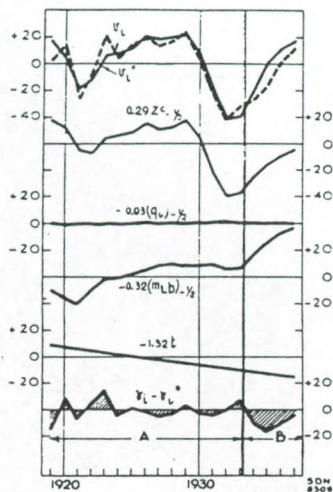
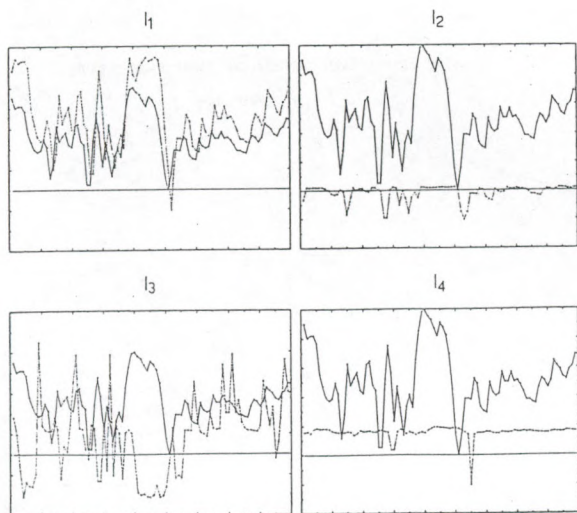


Figure 14.2. The freight index X_1 approximated to by the first elementary regression $x_1 = 3.3 X_2 - 1.1 X_3 + 0.30 X_4 + b$ on the actual transport X_2 , the total tonnage X_3 and the coal price X_4 . The units are percents of trend.

Koopmans (1937)



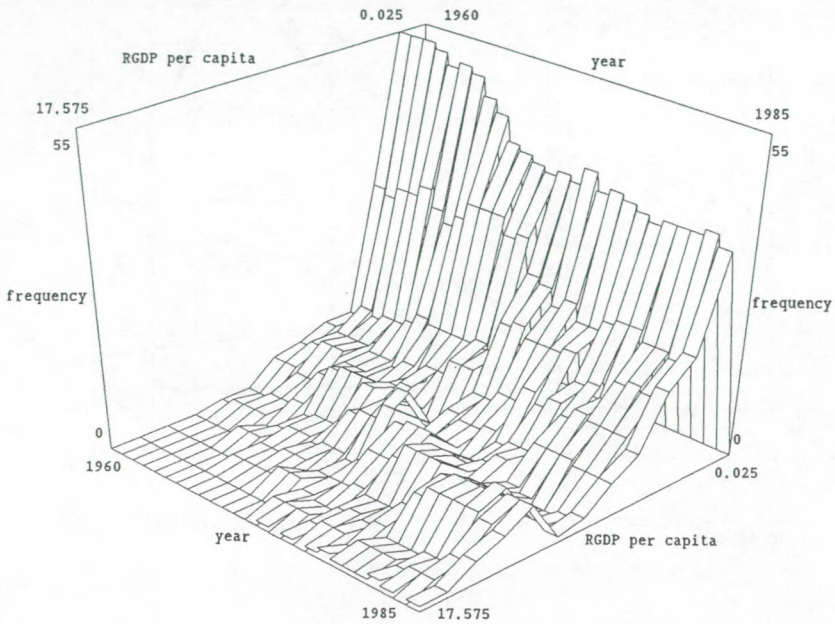
Tinbergen (1939)



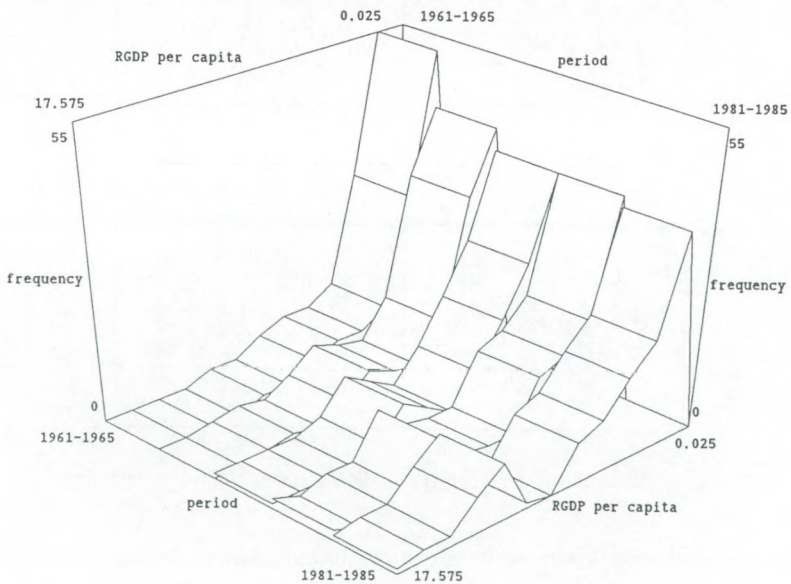
Werkloosheidspercentage in de VS (1890-1988)

Figuur 7 Toepassingen van een lineair en niet-lineair neurale netwerk

HISTOGRAMS OF THE REAL GDP PER CAPITA IN EACH YEAR



HISTOGRAMS OF THE REAL GDP PER CAPITA IN EACH PERIOD



Figuur 8 Ontwikkeling van de verdeling van het bruto binnenlands produkt 1960-1985

periode.¹⁵ Econometrische technieken om inkomensverdelingen te analyseren zijn o.a. door Klock en mijzelf ontwikkeld voor een groot aantal klassen van verdelingen. Vanmiddag bespreek ik de stap van data-presentatie die vooraf gaat aan de econometrische analyse. De gegevens hebben betrekking op 119 landen over een periode van 1960-1985 en op het reëel bruto binnenlands produkt per hoofd van de bevolking; de zgn. Summers-Heston data.

Figuur 8 laat de data zien in een drie-dimensionale figuur. Per jaar zijn de waarnemingen ten aanzien van deze variabele weergegeven in een enigszins "glad gemaakt" histogram. Al deze histogrammen zijn vervolgens achter elkaar geplaatst. Vanwege het visueel gemak hebben we gebruik gemaakt van smalle vlakken in plaats van een staafdiagram. Deze wijze van weergeven van de data laat zien dat de verdeling van het reëel bruto binnenlands produkt twee-topig is. Er bestaat een groep van arme landen en een groep van rijke landen en het gat tussen deze twee groepen van landen lijkt in de loop van de tijd steeds groter te worden. Om beter inzicht te krijgen in de gegevens splitsen we de totale tijdsperiode in vijf delen: 1961-1965, 1966-1970, 1971-1975, 1976-1980, en 1981-1985. Figuur 8 laat weer de ontwikkeling van de histogrammen zien in een drie-dimensionale figuur. De eerder genoemde resultaten zijn nu nog duidelijker te zien. Verder kan men constateren dat de spreiding in de groep arme landen toeneemt, terwijl deze in de groep rijke landen lijkt af te nemen. Empirische bimodale verdelingen kunnen beschreven worden door een mengsel van kansverdelingen. Wanneer men dan ook nog de overgangskans van arm naar rijk mee modelleert met behulp van een Markov-keeten proces kan men op grond van een meer geavanceerde econometrische analyse naast een bevestiging van de eerdere resultaten de volgende conclusies trekken over de veranderingen in de welvaart. Er zijn meer overgangen van rijk naar arm dan omgekeerd en er is niet veel beweeglijkheid vanuit de groep van armste landen. De armste landen blijven arm en de rijkste landen blijven rijk omdat in deze laatste groep ook niet veel neerwaartse beweeglijkheid aanwezig is. Een volgende stap is de specificatie van een economisch model waar een mogelijke verklaring van deze verschijnselen gevonden wordt.

Als samenvatting van het voorafgaande en als aanbevelingen voor de toekomst maak ik nog de volgende opmerkingen:

- (i) Econometrie is niet een wetenschap waarbij men "even een leuke variant van een methode uit de methoden-automaat trekt". Naïeve en mechanistische toepassingen van econometrische methoden zijn weinig zinvol;
- (ii) Niet standaard verdelingstheorie dient ontwikkeld te worden voor analyse van dynamische, mogelijk niet stationaire, economische processen. Computer simulatie

¹⁵Een meer uitgebreide uiteenzetting is te vinden in Paap en Van Dijk (1994).

technieken spelen hierbij een belangrijke rol. Met deze methoden kan de betrouwbaarheid van voorspellingen en van de effecten van beleidsmaatregelen beter onderzocht worden;

- (iii) De kundigheid van een econometrist speelt een grote rol bij de evaluatie van modellen. De vorming en ontwikkeling van econometristen moet dan ook hoge prioriteit hebben;
- (iv) Grafische analyse is van veel belang bij data presentatie en econometrisch onderzoek;
- (v) Econometrie eist kennis van modellen en methoden. De integratie van econometristen binnen de economische wetenschap dient bevorderd te worden. De econometrie heeft zich in recente decennia verbijzonderd naar: microeconometrie; macroeconometrie; financiële econometrie; internationale econometrie; econometrie van de arbeidsmarkt; econometrie van marketing en industriële processen; econometrie van (grote) sociale en economische experimenten; historio-metrie; en econometrische analyse van onderwerpen uit de operations research.

Het zal de aandachtige toehoorder niet zijn ontgaan dat ik hier een opsomming heb gegeven van vrijwel alle onderzoeksthema's binnen het Tinbergen Instituut, de onderzoekschool van de drie randstadfaculteiten. Ik hoop dat de interactie tussen onderzoekers in de school een zodanige vorm krijgt dat deze school een integraal onderdeel van de drie randstadfaculteiten wordt, wat weer tot goed wetenschappelijk onderzoek leidt. De eerste resultaten zijn heel hoopgevend in dit verband en wetenschappelijke interessante en maatschappelijke belangrijke problemen zijn er genoeg.

Literatuur:

- Boender, C.G.E. and H.K. van Dijk, 1993, Bayes estimates of multi-criteria decision alternatives using Monte Carlo integration, *Statistica Neerlandica* 47, 2, 127-151.
- Boswijk, H.P., 1993, Cointegration, identification and exogeneity, Springer Verlag, Berlin.
- Draisma, G., J.F. Kaashoek en H.K. van Dijk, 1993, A Neural Network applied to embedded economic data, manuscript, Erasmus University Rotterdam.
- Fisher, F.M., 1966, The identification problem in econometrics (McGraw-Hill, New York).
- Fisher, R.A., 1922, On the mathematical foundations of theoretical statistics, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A 222, p. 309.
- Fuller, W.A., 1976, Introduction to statistical time series, Wiley, New York.
- Haavelmo, T., 1943, The statistical implications of a system of simultaneous equations, *Econometrica* 11, 1-12.
- den Hartog, H. and H.S. Tjan, 1976, Investments, wages, prices and demand for labour, *De Economist* 124, 32-55.
- Hendry, D.F., 1993, *Econometrics: Alchemy or Science*, Basil Blackwell, Oxford.
- Hoek, H., A. Lucas and H.K. van Dijk, 1994, Classical and Bayesian Aspects of Robust Unit Root Inference, discussion paper 94-3 of the Tinbergen Institute, to appear in *Journal of Econometrics*.
- Hop, J.P. and H.K. van Dijk, 1991, SISAM and MIXIN, Two algorithms for the evaluation of posterior moments and densities using Monte Carlo integration, *Bulletin of the International Statistical Institute*, Cairo, vol. LIV, book 3, 29 pages.
- Hop, J.P. and H.K. van Dijk, 1992, SISAM and MIXIN, Two algorithms for the evaluation of posterior moments and densities using Monte Carlo integration, *Computer Science in Economics and Management* 5, 183-220;
- Intriligator, M.D., 1978, *Econometric Models, Techniques and Applications*, North-Holland, Amsterdam.
- Johansen, S., 1991a, Estimation and hypothesis testing of cointegrating vectors in Gaussian vector autoregressive models, *Econometrica* 59, 1551-1581.
- Johansen, S. and K. Juselius, 1990, Maximum likelihood estimation and inference on cointegration - With applications to the demand for money, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 52, 169-210.
- Kaashoek, J.F. and H.K. van Dijk, 1994, Evaluation and applications of numerical procedures to calculate Lyapunov exponents, *Econometric Reviews* 13, 123-137.
- Kiviet, J.F., 1990, De verbeeldingskracht van de econometrie, oratie, Universiteit van Amsterdam.
- Kleibergen, F.R. and H.K. van Dijk, 1993, Non-stationarity in GARCH models: A Bayesian Analysis, *Journal of Applied Econometrics* 8, 41-61.

- Kleibergen, F.R. and H.K. van Dijk, 1994a, Direct cointegration testing in error-correction models, *Journal of Econometrics* 63, 61-103.
- Kleibergen, F.R. and H.K. van Dijk, 1994b, On the shape of the likelihood/posterior of cointegration models, *Econometric Theory* 10, 514-551.
- Kleibergen, F.R. and H.K. van Dijk, 1994c, Bayesian analysis of simultaneous equations models using non informative priors, Tinbergen Institute, Discussion Paper 94.134
- Kloek, T., 1967, Een productieproces in ontwikkeling, oratie, Nederlandse Economische Hogeschool.
- Kloek, T. and H.K. van Dijk, 1978, Bayesian estimates of equation system parameters; an application of integration by Monte Carlo, *Econometrica* 46, 1-19, reprinted in: A. Zellner, ed., 1980, Bayesian analysis in econometrics and statistics (North-Holland, Amsterdam).
- Koopmans, T., 1937, Linear Regression Analysis of Economic Time Series, De Erven F. Bohn N.V., Haarlem.
- Koopmans, T.C., ed., 1950, Statistical inference in dynamic economic models (Wiley, New York).
- Koopmans, T.C. and W.C. Hood, 1953, The estimation of simultaneous economic relationships, in: W.C. Hood and T.C. Koopmans, eds., Studies in econometric method (Yale University Press, New Haven).
- Lucas, R.E., 1977, Understanding business cycles, herdrukt in: R.E. Lucas, 1989, Studies in business cycle memory, Basil Blackwell, Oxford.
- Mann, H.B. and A. Wald, 1943, On the statistical treatment of Linear Stochastic Difference Equations, *Econometrica* 11, 173-220.
- Morgan, M.S., 1990, The history of econometric ideas, Cambridge University Press.
- Nelson, C.R. and C.I. Plosser, 1982, Trends and random walks in macroeconomic time series: some evidence and implications, *Journal of Monetary Economics* 10, 139-162.
- Paap, R. and H.K. van Dijk, 1994, Distribution and Mobility of Wealth of Nations, Tinbergen Institute, Discussion Paper 94.131
- Phillips, P.C.B., 1989, Partially identified econometric models, *Econometric Theory*, 181-240.
- Phillips, P.C.B., 1991, Optimal inference in cointegrated systems, *Econometrica* 59, 283-307.
- Schotman, P. and H.K. van Dijk, 1991a, A Bayesian analysis of the unit root in real exchange rates, *Journal of Econometrics* 49, 195-238.
- Schotman, P. and H.K. van Dijk, 1991b, On Bayesian routes to unit roots, *Journal of Applied Econometrics* 6, 387-401.
- Summers, L., 1991, The scientific illusion in empirical macroeconomics, *Scandinavian Journal of Economics* 93, 129-149, herdrukt in S. Hylleberg and M. Paldam, eds., New Approaches in Empirical Macroeconomics, Blackwell 1991.
- Theil, H., 1953a, Repeated least-Squares applied to complete equation systems, The

- Hague, Central Planning Bureau (mimeographed).
- Theil, H., 1953b, Estimation and simultaneous correlation in complete equation systems, The Hague, Central Planning Bureau (mimeographed).
- Tinbergen, J., 1933, *Statistiek en Wiskunde in dienst van het conjunktueonderzoek*, N.V. De Arbeiderspers, Amsterdam.
- Tinbergen, J., 1939, Statistical testing of business-cycle theories. Volume 1: A method and its application to investment activity. Volume 2: Business cycles in the United States of America, 1919-1932. Geneva: League of Nations.
- Tintner, G., 1952, *Econometrics*, Wiley, New York.
- Urbain, J.P., 1993, Exogeneity in error correction models, Springer Verlag, Berlin.
- van Dijk, H.K., 1984, Posterior analysis of econometric models using Monte Carlo integration, 207 pages, doctoral dissertation, Rotterdam, Erasmus University Press.
- van Dijk, H.K., 1987, Some advances in Bayesian analysis using Monte Carlo integration, in: T.B. Fomby and C. Rhodes, eds., *Advances in Econometrics*, Vol 6, JAI Press, 215-261.
- van Dijk, H.K. and T. Kloek, 1980, Further experience in Bayesian analysis using Monte Carlo integration, *Journal of Econometrics* 14, 307-328.
- van Dijk, H.K. and T. Kloek, 1980, Inferential procedures in stable distributions for class frequency data on incomes, *Econometrica* 48, 1139-1148.
- van Dijk, H.K., 1991, Comment on G.E. Mizon, Modelling relative price variability and aggregate inflation in the United Kingdom, *Scandinavian Journal of Economics* 93, 213-217. Reprinted in: S. Hylleberg and M. Paldam, eds., *New approaches to empirical macroeconomics*, Basil Blackwell, 85-89.
- Zellner, A., L. Bauwens and H.K. van Dijk, 1988, Bayesian specification analysis and estimation of simultaneous equation models using Monte Carlo methods, *Journal of Econometrics* 38, 39-72.

