

# Econometrie

## Methoden en toepassingen

In de econometrie gaat het om de interactie van modellen, data en methoden. Die laatste zijn wiskundig-statistisch van aard. In dit artikel wordt getracht de kernpunten uit de literatuur te behandelen zonder daarbij al te technisch te worden. Een toegepaste econometrische studie berust op zes pijlers: data, een economisch model, een statistisch model, statistische methoden, numerieke wiskunde en computerprogrammatuur. Het statistische model en de statistische methoden vormen het hoofdbestanddeel van de econometrische leerboeken en de econometrische tijdschriften. In overeenstemming daarmee krijgen deze twee elementen ook in dit artikel speciale aandacht.

PROF. DR. T. KLOEK\*

### Inleiding

#### Wat is econometrie

Er bestaan in de literatuur verschillende definities van econometrie die variëren met de methodologische positie van de auteurs, hun ambities en hun mate van respect voor de economische theorie<sup>1</sup>. Vermeldenswaard is de definitie van Malinvaud die het doel van de econometrie kort en goed definieert als "...de empirische bepaling van economische wetten"<sup>2</sup>.

Daar veel auteurs de term 'economische wetten' niet goed durven neer te schrijven zijn de meeste moderne definities langer en voorzichtiger geformuleerd. Weliswaar zijn er allerlei nuanceverschillen, maar de meeste van de recentere definities verschillen niet veel van de volgende: "Econometrie is de kwantitatieve analyse van economische verschijnselen, gebaseerd op statistische gegevens, economisch-theoretische overwegingen en statistische methoden". De aanwezigheid van de statistische methoden (vooral schatten, toetsen en voorspellen) in deze definitie wijst er op dat econometrie specifiek is dan kwantitatieve economie. Anderzijds impliceert het noemen van economische verschijnselen en de economisch-theoretische overwegingen dat econometrie specifiek is dan (wiskundige) statistiek. Wie concludeert dat econometrie de doorsnede is van kwantitatieve economie en wiskundige statistiek zit er dus niet ver naast<sup>3</sup>.

#### Overzicht

In de volgende paragrafen komt eerst de geschiedenis van de econometrie tot ongeveer 1950 aan de orde. Na 1950 speelden de ontwikkelingen zich op zoveel terreinen tegelijk af dat de chronologische manier van behandelen minder geschikt is.

De econometrische leerboeken handelen vooral over de statistische methoden der econometrie<sup>4</sup>. Ook in de econometrische tijdschriften spelen die een belangrijke rol. Daarom krijgen ze ook in dit artikel veel aandacht. De overige ingrediënten voor een toegepaste econometrische studie,

te weten data, economisch model, numerieke wiskunde en computerprogrammatuur krijgen (althans in econometri-

\* De schrijver is hoogleraar econometrie aan de Erasmus Universiteit Rotterdam. Hij is dank verschuldigd aan enkele leden van zijn vakgroep voor commentaar op een eerdere versie van dit artikel, in het bijzonder aan drs. M. Ooms en drs. P.C. Schotman. 1. Voor een overzicht van definities, zie G. Tintner, *The definition of econometrics*, *Econometrica*, 1953, blz. 31-40.

2. E. Malinvaud, *Statistical methods of econometrics*, Amsterdam, 1966, blz. vii.

3. Er bestaat ook een veel ruimere definitie, die naast de econometrie als hier beschreven ook de wiskundige economie en de (toegepaste) mathematische beslissonde omvat. Deze wordt gebezigd in de statuten van de Econometric Society, de internationale vereniging van econometristen en wiskundig-economen, die ook het tijdschrift *Econometrica* uitgeeft. Tevens treft men deze definitie (impliciet) aan in het Academisch Statuut dat de studierichting der econometrie regelt: deze studierichting kent drie hoofdvakken: wiskundige economie, econometrie en beslissonde. In de geest hiervan gebruiken sommigen de term bedrijfseconometrie in de betekenis van toegepaste mathematische beslissonde. In deze ruime betekenis wordt de term internationaal niet of nauwelijks (meer) gebruikt. Ook in dit artikel wordt er verder geen aandacht aan geschonken.

4. Twee duidelijke, elementaire leerboeken zijn M.B. Stewart en K.F. Wallis, *Introductory econometrics*, second edition, Oxford, 1981; D. Gujarati, *Basic econometrics*, New York, 1988. Nog steeds betrekkelijk elementair maar veel uitvoeriger is J. Kmenta, *Elements of econometrics*, second edition, New York, 1986. Een zeer aan te bevelen gids tot de econometrische literatuur is P. Kennedy, *A guide to econometrics*, second edition, Oxford 1985. Dit boek geeft een grotendeels verbale behandeling van de belangrijkste onderwerpen en bevat een schat aan literatuurverwijzingen. Een zeer uitvoerig overzicht treft men aan in G.G. Judge, W.E. Griffiths, R.C. Hill, H. Lütkepohl en T.C. Lee, *The theory and practice of econometrics*, second edition, New York, 1985. Als uitvoerigste naslagwerk moet genoemd worden Z. Griliches en M.D. Intriligator (red.), *Handbook of econometrics*, drie delen, Amsterdam, 1983, 1984, en 1986. Dit uit drie delen bestaande handboek bevat 35 door experts geschreven overzichtsartikelen over de meeste onderwerpen op het terrein van de econometrie. Dit werk zal ik in verdere verwijzingen kortweg aanduiden als *Handbook*. Verder bestaat er sinds 1982 een tijdschrift (*Econometric Reviews*) dat vrijwel geheel gewijd is aan overzichtsartikelen en heeft het *Journal of Applied Econometrics* kort geleden een begin gemaakt met een serie overzichtsartikelen.

sche leerboeken en overige publikaties) aanzienlijk minder aandacht en dienovereenkomstig zal ik ze slechts kort behandelen.

Het basismodel is het lineaire model en de basismethode is de methode der kleinste kwadraten. Veel lezers zullen daarmee in zekere mate vertrouwd zijn, maar als uitgangspunt voor het vervolg lijkt een korte behandeling toch gewenst. Vervolgens komen andere methoden aan de orde die soms worden gebruikt in het lineaire model of generalisaties daarvan: maximale aannemelijkheid, de gegeneraliseerde momentenmethode, de robuuste methoden, de semi-parametrische methoden en de Bayesiaanse methoden. Dit zijn algemene schattingsprincipes die zowel bij lineaire als niet-lineaire modellen kunnen worden gebruikt.

Een aantal niet-lineaire modellen (de z.g. indexmodellen) vraagt om een speciale behandeling: in sommige modellen neemt de afhankelijke variabele alleen discrete waarden aan; in andere modellen is de verdeling van de afhankelijke variabele afgeknot; in nog andere modellen ontbreken bepaalde waarnemingen systematisch; ten slotte zijn er ook speciale modellen waarin tijdsduren (bij voorbeeld de duur van werkloosheid) gemodelleerd worden.

De toepassingen zelf zijn heel divers: de oudste terreinen zijn goederenmarkten, macro-economische politiek en consumentengedrag. Na 1945 waren bijna alle terreinen die zich voor kwantificering leenden onderwerp van econometrische studies. Ter wille van de ruimte zal ik mij beperken tot een korte bespreking van enkele literatuuroverzichten en enkele recente voorbeelden.

## Geschiedenis<sup>5</sup>

De oudst bekende kwantitatieve analyse van economische verschijnselen vindt men in de 16e en 17e eeuw bij de zogenaamde 'political arithmetic'. Sir William Petty was onder de beoefenaars daarvan de meest bekende. Verder vermeldt men ook graag de 'wet van Engel' (1857) die zegt dat de uitgavenquote van gezinnen aan voedsel daalt naarmate hun inkomen toeneemt. Deze auteurs maakten echter nog geen gebruik van formele statistische methoden.

De methode der kleinste kwadraten gaat terug tot ongeveer 1800 toen Legendre, Gauss en anderen deze methode ontwikkelden om hun astronomische en geodetische problemen op te lossen. Het duurde nog bijna tot het eind van de negentiende eeuw voordat het begrip standaardfout werd gebruikt. Voor de oudste bekende economische toepassing van correlatierekening noemt men het jaartal 1895, voor de oudste meervoudige regressie 1907. Volgens Epstein<sup>6</sup> begint de moderne econometrie pas echt met de analyse van de arbeidsmarkt door de Amerikaan Henry L. Moore in 1911.

In 1914 publiceerde Moore een studie over de conjunctuur. In zijn model worden de aangeboden hoeveelheden landbouwproducten verklaard door de regenval in de zomermaanden en de prijzen door de aangeboden hoeveelheden, beide gemeten als relatieve veranderingen. De door het model gegenereerde prijzen bleken goed overeen te komen met de waargenomen prijzen. Moore gaf twee versies van zijn vraagrelatie. De ene was lineair in de (relatieve veranderingen van de) hoeveelheden, de andere bevatte ook een kwadratische en een derdegraads term. Andere variabelen waren echter niet opgenomen. Theoretici, waaronder Edgeworth hadden daar bezwaren tegen. Zij meenden dat deze modellen te eenvoudig waren, gelet op de economische theorie.

Een ander probleem werd gevormd door Moores regressie van de prijsmutatie van ijzererts op de hoeveelheids-

## Economische theorie: de stand van zaken

Niet of nauwelijks beïnvloed door de waan van de dag zijn overal ter wereld economische-wetenschapsbeoefenaars bezig de economische kennis te vergroten en het economische inzicht te verdiepen. Hun bijdragen zijn in het algemeen niet spectaculair en met de resultaten van hun onderzoeken timmeren zij niet aan de weg. Hun bevindingen worden in internationale vaktijdschriften gepubliceerd die voor niet-ingewijden nauwelijks toegankelijk zijn. Van daaruit sijpelt de verworven kennis langzaam door naar vakgenoten en naar gebruikers bij de overheid en in het bedrijfsleven die er hun voordeel mee trachten te doen. Bijna niemand overziet wat er in alle specialistische wereldjes waarin het economische vakgebied is onderverdeeld, gaande is. Daarom verschijnt in *ESB* een reeks overzichtsartikelen, waardoor de lezers in de gelegenheid worden gesteld kennis te nemen van de ontwikkelingen in verschillende deelgebieden van het vak. Wat is, theoretisch en empirisch, de stand van zaken en waar houdt men zich aan de frontlijn van de economische wetenschap mee bezig?

- Eerder verschenen in deze reeks artikelen over:
- moderne vermogensmarkttheorie (*ESB*, 9 mei 1984);
  - macro-economische modelbouw (*ESB*, 5 december 1984);
  - statische theorieën van de industriële organisatie (*ESB*, 28 augustus 1985);
  - dynamische theorieën van de industriële organisatie (*ESB*, 30 juli 1986);
  - monetaire theorie (*ESB*, 15/22 april 1987);
  - regionale economie (*ESB*, 22 juli 1987);
  - economische organisatie-theorie (*ESB*, 2 september 1987);
  - marketing (*ESB*, 30 maart/ 6 april 1988);
  - strategiebepaling door ondernemingen (*ESB*, 7 december 1988).
  - arbeidseconomie (*ESB*, 25 januari 1989);
  - economische methodologie (*ESB*, 29 maart 1989).

mutatie van datzelfde goed. Hier vond hij een positieve helling. Wright merkte spoedig op dat men hier kennelijk met een aanbodfunctie te doen had. Hier was men dus reeds in een vroeg stadium gestuit op het probleem dat later bekend werd als het *identificatieprobleem*<sup>7</sup>. Het zou nog tot 1930 duren voor Tinbergen dit probleem correct beschreef en voor een eenvoudig geval oploste. In 1919

5. Zie R.J. Epstein, *A history of econometrics*, Amsterdam, 1987. 6. Epstein, op. cit., blz. 13-19.

7. Het identificatieprobleem kan als volgt kort worden geschetst. Beschouw een markt die beschreven wordt door een vraag- en een aanbodlijn. Stel eerst dat we alleen het snijpunt (markt-evenwicht) waarnemen. Dan kunnen we door dat punt willekeurig veel vraag- en aanbodlijnen trekken. Als echter de vraaglijn op zijn plaats blijft, terwijl de aanbodlijn in de loop van de tijd verschuift nemen we een aantal punten waar die alle op de vraaglijn liggen. We kunnen in dat geval de vraaglijn *identificeren*. Hiervoor is dus nodig een variabele die wel invloed heeft op het aanbod maar niet op de vraag. Deze variabele heeft dus een coëfficiënt nul in de vraagfunctie. Met behulp van dit soort restricties wordt het identificatieprobleem opgelost, ook in modellen met meer dan twee vergelijkingen. In de moderne literatuur wordt gediscussieerd over de vraag waarop dit soort restricties berust. Zie bij voorbeeld C. Sims, *Macroeconomics and reality*, *Econometrica*, jg. 48, 1980, blz. 1-48.

publiceerde Moore de eerste dynamische relatie. Het betrof hier de verhandelde hoeveelheid katoen als een functie van de katoenprijs een jaar eerder. Ook dit resultaat gaf aanleiding tot veel discussie en kritiek.

In Europa traden in de jaren dertig vooral de Noor Ragnar Frisch en de Nederlander Jan Tinbergen op de voorgrond. Tinbergens macro-modellen, eerst voor Nederland en later voor de Verenigde Staten, vormden het beginpunt van een grootscheepse activiteit die er in de jaren zestig toe leidde dat vele regeringen zich lieten adviseren op basis van modelberekeningen. Deze modellen zijn voldoende bekend geworden uit de macro-economische literatuur en behoeven hier niet verder besproken te worden. Ze zijn vanaf hun geboorte controversieel geweest. Bekende critici van het eerste uur waren Keynes en Friedman. Verdedigers van Tinbergens aanpak waren Frisch en de inmiddels in Amerika wonende Nederlander Tjalling Koopmans, ook al hadden zij op sommige aspecten van zijn werk kritiek.

Regressievergelijkingen bevatten niet alleen verklaren van variabelen maar ook residuen of onverklaarde resten. In de eerste decennia van deze eeuw was het onder statistici gebruikelijk geworden hiervoor kansmodellen te formuleren. De eerste econometristen (vooral Frisch) hebben zich daartegen verzet. In een in 1944 gepubliceerd artikel hield de gedurende de oorlog in Amerika wonende Noor Trygve Haavelmo, leerling van Frisch, een pleidooi voor 'the probability approach in econometrics'<sup>8</sup>. Zijn betoog maakte zoveel indruk dat van toen af de professie 'om' was. Sindsdien zijn kansmodellen een standaardonderdeel van de econometrische leerboeken. Dezelfde Haavelmo ontdekte ook dat de methode der kleinste kwadraten, wanneer toegepast op één afzonderlijke vergelijking uit een stelsel van verscheidene simultane vergelijkingen, als regel aanleiding geeft tot een systematische schattingsfout (*bias*). Deze ontdekking vormde een impuls om nieuwe methoden te ontwikkelen die aan dit bezwaar tegemoet kwamen.

In de jaren 1944-1950 werd de Cowles Commission for Economic Research, gevestigd aan de de Universiteit van Chicago, het centrum van koortsachtige activiteit. Nieuwe schattingsmethoden werden ontwikkeld, de theorie van de identificatie van afzonderlijke structuurvergelijkingen werd verder ontwikkeld en de eerste empirische macro-modellen die met deze methoden werden geschat werden geconstrueerd; bij dit laatste speelde Lawrence Klein de belangrijkste rol. Deze ontwikkelingen bleken beslissend voor de econometrie als afzonderlijk academisch vak. Bij de Cowles Commission waren speciaal voor economische toepassingen geavanceerde statistische methoden ontwikkeld die in geen enkel statistisch leerboek voorkwamen. Ten opzichte van de statistiek was daarmee de identiteit van het vak verzekerd. Bovendien kregen macro-economen en beleidsmakers onder invloed van Keynes het idee dat overheidsbeleid de macro-economische kringloop kon stabiliseren. Zodoende ontstond de behoefte aan modellen die verbanden tussen macro-grootheden konden leggen.

De ontwikkelingen sinds 1950 kunnen gemakkelijker per onderwerp worden geschetst, zodat ik vanaf hier de geschiedenis niet langer chronologisch zal volgen.

## Methoden

Het basismodel dat in alle econometrieboeken als uitgangspunt gebruikt wordt voor de behandeling van meer gecompliceerde modellen is het lineaire model. En de basismethode waarmee de parameters van dit model geschat worden is de methode der kleinste kwadraten, vaak aangeduid als OLS (*ordinary least squares*). In het basis-

model wordt aangenomen dat de storingen normaal verdeeld zijn met gemiddelde nul en een constante variantie, en onderling ongecorreleerd zijn. Afwijkingen van deze veronderstellingen hebben vooral gevolgen voor de standaardfouten van de parameterschattingen en daarmee voor het toetsen van de hypothesen. Daarnaast zijn er ook gevallen waarin OLS systematisch tot verkeerde schattingen leidt. De bekendste zijn: weggelaten variabelen, meetfouten en simultaneïteit. De meeste leerboeken, ook de elementaire, besteden uitvoerig aandacht aan deze onderwerpen. Daarom zal ik er hier niet verder op ingaan.

Naast de kleinste-kwadratenmethode zijn er in de loop der tijd nog andere schattingsprincipes ontwikkeld. Deze zullen hieronder kort de revue passeren.

Wanneer men expliciete kansverdelingen postuleert op de te verklaren variabelen (of op de storingen, wat vaak op hetzelfde neerkomt) dan kan men er ook naar streven de parameterschattingen zo te kiezen dat de waarnemingen een maximale kans (of kansdichtheid) bezitten. Dit is het principe van de *maximale aannemelijkheid* (maximum likelihood: ML). Dit principe werd in de jaren twintig door R.A. Fisher in de statistiek geïntroduceerd en door de onderzoekers van de Cowles Commission in de jaren veertig in de econometrie. Voor een simpel lineair model levert ML ongeveer dezelfde resultaten als OLS, maar bij niet-normale verdelingen of bij meer gecompliceerde modellen zijn er wel verschillen. Er bestaan voorwaarden waaronder men voor voldoende grote steekproeven kan aantonen dat ML optimaal is in de zin van nauwkeuriger dan andere methoden, of ten minste even nauwkeurig. In de meeste gevallen zijn deze voorwaarden voldoende maar niet nodig. Verder is het vaak niet eenvoudig te verifiëren of eraan voldaan is. Daarom is het ongebruikelijk dit na te gaan, zodat de optimaliteit van ML in de praktijk mogelijk vaak illusoir is.

Wanneer onderzoekers zich bezig houden met niet-lineaire modellen maar menen dat normaliteit of een andere expliciete hypothese over de verdeling van de storingen niet te rechtvaardigen is nemen ze vaak hun toevlucht tot de gegeneraliseerde-momentenmethode (GMM). Onder momenten verstaat men hier in de eerste plaats covarianties. Eén van de eigenschappen van OLS is dat residuen en verklarende variabelen ongecorreleerd (of orthogonaal) zijn. Deze eigenschap wordt hier gegeneraliseerd voor allerlei niet-lineaire modellen. In het bijzonder blijkt deze aanpak (in combinatie met instrumentele variabelen) bijzonder geschikt voor het schatten van niet-lineaire modellen met rationele verwachtingen<sup>9</sup>.

De *robuuste methoden* besteden vooral aandacht aan het geval dat er uitschieters in de data zijn. De gedachten-gang van deze aanpak is het best te illustreren aan de hand van een heel eenvoudig voorbeeld. Stel dat men een lokatiemaatstaf wenst te kennen van een frequentieverdeling. Men heeft de volgende waarnemingen:

2, 3, 5, 1, 4

Zowel het gemiddelde als de mediaan (de middelste waarneming) zijn gelijk aan 3 en de keuze tussen deze lokatiemaatstaven schept dus geen probleem. Stel nu dat er één bijzondere, niet-representatieve gebeurtenis heeft plaats gevonden en onze waarnemingen de volgende zijn:

2, 3, 50, 1, 4

In dit geval is de mediaan nog steeds 3, maar het gemiddelde is 12. Het gemiddelde is gevoelig voor deze uitschieter, de mediaan niet. Daarom noemen we de mediaan een

8. T. Haavelmo, The probability approach in econometrics. Supplement bij *Econometrica*, jg. 12, 1944.

9. L.P. Hansen, Large sample properties of generalized method of moments estimators, *Econometrica*, jg. 50, 1982, blz. 1029-1054, en L.P. Hansen en K. Singleton, Generalized instrumental variables estimation of nonlinear rational expectations models, *Econometrica*, jg. 50, 1982, blz. 1269-1286.

robuuste schatter. Ook OLS en de andere boven besproken schattingsmethoden zijn in het algemeen gevoelig voor uitschieters. Wie zelf wel eens regressieberekeningen maakt kan dat gemakkelijk experimenteel verifiëren door een van zijn waarnemingen te veranderen. Het blijkt dan dat het veel uitmaakt welke waarden van  $y$  men verandert. In de buurt van modale waarden van de  $x$ -variabelen is het effect veel kleiner dan bij  $x$ -waarden die verder uit het centrum gelegen zijn. Er bestaan tal van methoden om hier iets aan te doen. Een methode die conceptueel erg eenvoudig is, minimaliseert de som van de absolute waarden van de afwijkingen in plaats van de som van de kwadraten. Een andere aanpak is om te postuleren dat de storingen een  $t$ -verdeling volgen (dat is een verdeling met mogelijk dikke staarten, afhankelijk van een parameter) en daarop maximale aannemelijkheid toe te passen. Het beschrijven van de overige methoden gaat ver buiten het bestek van dit artikel<sup>10</sup>.

De *semi-parametrische* methoden vormen in zekere zin een variant van de robuuste methoden. Men kan bijvoorbeeld uitgaan van het eerder genoemde lineaire model, maar voorlopig in het midden laten hoe de verdeling van de storingen  $u_t$  er uitziet. Die probeert men met zo min mogelijk restricties empirisch te bepalen. Daardoor kan men met grotere nauwkeurigheid schatten dan het geval is bij de meeste andere robuuste methoden.

De eenvoudigste methode om een dichtheid in een zeker punt te schatten is een klein interval om dat punt te kiezen, het aantal punten (hier residuen),  $n$ , daarin te tellen en dat te delen door het totale aantal waarnemingen  $N$ . Het probleem is hier natuurlijk de keuze van het interval. Kiest men een te klein interval dan wordt  $n$  heel klein, hetgeen onnauwkeurige schattingen oplevert. Kiest men een te groot interval, dan introduceert men linearisatiefouten (dichtheden zijn als regel krommen). De meest gebruikte aanpak is een aantal intervallen te nemen en van de resultaten een gewogen gemiddelde te nemen (hoe kleiner het interval, hoe groter het gewicht). Die weging wordt in veel gevallen uitgevoerd met de zogenaamde kernfunctie (*kernel function*). Met behulp van deze kernfunctie kan men een pseudo-aannemelijkheid berekenen en deze maximaliseren. Op deze wijze kan men zich soepeler aanpassen bij de empirische vorm van de verdeling dan bij de meer rigide ML-aanpak. De methode vereist wel veel waarnemingen<sup>11</sup>.

De *Bayesiaanse methoden* gaan uit van een heel andere filosofie met betrekking tot het kansbegrip. Parameters worden daar beschouwd als kansvariabelen en onze kennis omtrent parameters wordt beschreven door middel van verdelingen. Wanneer nieuwe waarnemingen binnenkomen leiden die tot wijziging van deze verdelingen. De kracht van deze methoden is dat zij een coherent logisch bouwwerk vormen, gericht op besluitvorming in onzekere situaties. Een boek dat op elementaire, heldere en aantrekkelijke wijze de structuur van deze methoden uiteenzet is dat van Lindley<sup>12</sup>. Het door hem gepresenteerde model legt verbanden tussen de wetten van de kansrekening en het nut van geld en legt grote nadruk op het voorschrift dat men coherent moet handelen. Wanneer men echter deze filosofie op realistische econometrische problemen probeert toe te passen stuit men op grote problemen. Velen die op theoretische gronden sympathie hebben voor deze aanpak zien er van af hem in de praktijk toe te passen. Wie het wel probeert is gedwongen veel water bij de wijn te doen en de resulterende aanpak verdient dan zelden het predicaat 'coherent'<sup>13</sup>.

### Niet-lineaire modellen

Sinds het gebruik van computers gemeengoed is geworden heeft de analyse van niet-lineaire modellen een grote vlucht genomen. De correcte theoretische analyse van de

eigenschappen van schatters en toetsgrootheden in dergelijke modellen is echter verre van eenvoudig. De eenvoudigste aanpak is om aan te nemen dat er veel waarnemingen zijn en alle kleine-steekproeffecten te verwaarlozen. Weliswaar is de wiskunde van die limietprocessen (de asymptotiek) niet eenvoudig, maar de resulterende formules zijn vaak redelijk gemakkelijk toe te passen. Bovendien is hier al heel wat standaardprogrammatuur op gebaseerd. Een praktische moeilijkheid is dat er geen richtlijnen zijn voor de beoordeling van de grootte van een steekproef. De vraag of een term  $A_1/n$  (dat is dus een term die verwaarloosd wordt in asymptotische analyse) klein is hangt niet alleen af van het aantal waarnemingen  $n$  maar ook van  $A_1$ , en die is nu juist onbekend. Als het model en  $n$  niet te groot zijn komen we vaak een heel eind met steekproefexperimenten<sup>14</sup>. We kiezen zekere parameterwaarden, genereren met de computer kunstmatige steekproeven en berekenen schattingen op basis van elk van deze steekproeven. Dit geeft ons een goede indruk van de spreiding van onze schatters.

Een nadeel van deze aanpak is dat de ermee bereikte resultaten altijd heel specifiek zijn en moeilijk over te brengen naar andere situaties. Er is daarom veel onderzoek gedaan met het doel theoretisch verder te komen. Er zijn twee manieren om dat te doen. De eerste gaat te werk als boven maar verwaarloost de termen pas als ze van type  $A_2/n^2$  zijn; de termen van het type  $A_1/n$  worden wel berekend. De benaderingsfouten die men op basis hiervan maakt zullen als regel kleiner zijn, maar de onzekerheid over de vraag wanneer  $n$  groot genoeg is blijft bestaan<sup>15</sup>. De tweede aanpak is ambitieuzer. Er worden exacte verdelingen afgeleid voor de schatters en toetsgrootheden. Vooral nog lukt dit alleen bij relatief eenvoudige modellen. Bovendien zijn de resulterende formules veelal lastig om uit te rekenen<sup>16</sup>.

### Toetsen en modelkeuze

De keuze tussen verschillende modellen vormt een probleem voor iedere toepasser. Het gemakkelijkst is de keuze tussen twee modellen wanneer het ene een bijzonder geval is van het andere, met andere woorden, wanneer het ene uit het andere kan worden verkregen door een of meer restricties op te leggen. Er bestaan dan standaardtoetsen op grond waarvan de restrictie geaccepteerd of verworpen wordt. De bekende  $t$ - en  $F$ -toetsen zijn hier voorbeelden van. Deze toetsen zijn eenvoudige toepassingen van het toetsingsprincipe van Wald dat begint bij de alternatieve hypothese en van daaruit de vraag stelt of de nulhypothese aanvaardbaar is. Daarnaast kent men het principe van Rao dat begint bij de nulhypothese en de vraag stelt of een alternatieve hypothese te verkiezen zou zijn. (Durbin-Watson-toetsen zijn een voorbeeld van dit principe). Deze

10. Een goede beschrijving van deze problemen en methoden is te vinden in G.G. Judge, W.E. Griffiths, R.C. Hill, H. Lütkepohl en T.C. Lee, *Introduction to the theory and practice of econometrics*, second edition, 1987. Dit boek is minder encyclopedisch maar meer student-vriendelijk dan het in voetnoot 3 genoemde boek van dezelfde auteurs.

11. Een recent overzicht is van P.M. Robinson, Semi-parametric econometrics, *Journal of Applied Econometrics*, jg. 3, 1988, blz. 35-51.

12. D.V. Lindley, *Making decisions*, second edition, Londen, 1985.

13. Voor overzichten van de Bayesiaanse econometrische literatuur, zie de beide boeken van Judge et al. of het hoofdstuk van Drèze en Richard in het *Handbook*, deel 1.

14. Deze worden vaak aangeduid met de tot de verbeelding sprekende naam Monte Carlo. Zie bij voorbeeld het overzicht van Hendry in deel 2 van het *Handbook*.

15. Een overzicht van dit type analyse werd door Rothenberg gegeven in deel 2 van het *Handbook*.

16. Voor een overzicht, zie Phillips in deel 1 van het *Handbook*; zie ook diverse artikelen in het in 1985 opgerichte tijdschrift *Econometric Theory*.

toetsen worden ook wel aangeduid met de termen score-toetsen of LM-toetsen (Lagrange-multiplier tests). Ten slotte zijn er de aannemelijkheids-verhoudings-toetsen (likelihood ratio tests) die beide hypothesen symmetrisch behandelen<sup>17</sup>. Het komt ook vaak voor dat de onderzoeker het vermoeden heeft dat zijn model onvoldoende algemeen is, maar niet zeker weet in welke richting zijn generalisatie te zoeken. Voor dit soort situaties bestaat er een standaard-repertoire aan kunstmatige generalisaties die men als algemeen model kan gebruiken. In modellen op basis van tijdreeksen kan men extra vertragingen toevoegen; men kan niet-lineaire transformaties van de variabelen toevoegen (bijvoorbeeld kwadraten en produkten); men kan het waarnemingsmateriaal in tweeën splitsen en nagaan of men in beide delen dezelfde resultaten vindt; en men kan de absolute waarden of de kwadraten van de residuen proberen te verklaren uit andere variabelen. Deze toetsen, de z.g. misspecificatietoetsen of diagnostische toetsen zijn belangrijk<sup>18</sup>. Helaas worden ze nog niet door iedereen gebruikt. Wie ze achterwege laat loopt echter een flink risico onjuiste conclusies te trekken. Wanneer men het ene model niet kan schrijven als een bijzonder geval van het andere is vergelijken moeilijker. Voor deze gevallen van niet-geneste modellen (of hypothesen) is eveneens een groot aantal toetsen ontwikkeld<sup>19</sup>.

Wie in de praktijk modellen specificereert ziet zich telkens voor de vraag gesteld hoeveel verklarende variabelen of anders gezegd hoeveel parameters in zijn model op te nemen. Vaak probeert men met toetsen na te gaan of het effect van een bepaalde variabele significant is. Een veel gebruikte beslissingsregel neemt variabelen op wanneer de t-waarde van de corresponderende coëfficiënt (absoluut) groter is dan 2 en laat ze anders weg. Er zijn verschillende factoren die een t-waarde beïnvloeden. Onder niet al te restrictieve voorwaarden zal een (absolute) t-waarde geleidelijk toenemen wanneer n toeneemt. We zullen dus als regel meer significante coëfficiënten vinden naarmate we over meer waarnemingen beschikken<sup>20</sup>. De praktijk van de modelkeuze bevestigt dit. Koenker heeft dit verschijnsel bestudeerd aan de hand van empirische studies naar verdiende lonen. Hij analyseerde 733 loonvergelijkingen die werden gerapporteerd in 156 artikelen in de periode 1970 tot 1980<sup>21</sup>. Hij onderzocht verschillende vormen van de relatie tussen k (het aantal parameters) en n (het aantal waarnemingen). Zijn beste relatie impliceerde dat k evenredig is met  $(\ln n)^2$ .

De parameters die we in onze modellen introduceren zijn kennelijk eerder hulpmiddelen dan 'natuurconstanten'. Naarmate we meer waarnemingen verzamelen komen we niet in de situatie dat we tot steeds nauwkeuriger resultaten komen. Veeleer ontdekken we in toenemende mate dat onze modellen te kort schieten als beschrijving van de werkelijkheid. Een manier om aan dat dilemma te ontkomen is de niet-parametrische aanpak. Als ons probleem erin bestaat de niet-lineaire functie  $y_t = f(x_t) + u_t$  te specificeren, dan zal de parametrische aanpak bij voorbeeld polynomen van steeds hogere orde specificeren. De niet-parametrische aanpak schat eenvoudig  $f(x_t)$  door alle waarnemingen van y die corresponderen met een klein interval  $(x_t - h, x_t + h)$  te middelen<sup>22</sup>. De resultaten worden getabelleerd of in figuren uitgezet. Zo kan men bij voorbeeld een tabel maken met als ingangen inkomen en gezinsgrootte waarin de gemiddelde uitgavenquoten behorend bij een goederencategorie worden gerapporteerd voor elke cel in de tabel.

## Indexmodellen

Bij het lineaire model wordt er al dan niet stilzwijgend van uitgegaan dat de waarnemingen min of meer homogeen

en symmetrisch gestrooid liggen rond de regressielijn of het regressievlak. Dat is niet langer het geval wanneer de afhankelijk variabele y een dummy-variabele is, die alleen de waarden 0 en 1 kan aannemen. Deze situatie doet zich voor bij modellen voor het bezit van duurzame consumptiegoederen, vervoerskeuze (bij voorbeeld particulier versus openbaar vervoer), beroepskeuze of opleiding van individuen. In dergelijke gevallen ligt het niet voor de hand y te modelleren als een lineaire functie van x-variabelen. Als we de kans dat  $y = 1$  weergeven met p en de kans dat  $y = 0$  met  $1 - p$ , dan behoort p tussen 0 en 1 te liggen terwijl een lineair model zou kunnen leiden tot negatieve waarden of waarden groter dan 1. In dergelijke gevallen wordt p dus meestal gemodelleerd als een niet-lineaire functie van de x-variabelen die gegarandeerd tussen de grenzen 0 en 1 blijft. Deze functie wordt *indexfunctie* genoemd. De bekendste modellen van dit type zijn het *probitmodel* en het *logitmodel*<sup>23</sup>. Deze modellen werden het eerst in de jaren twintig respectievelijk veertig toegepast in de biologie waarbij p stond voor (bij voorbeeld) de overlevingskans van een rat en x voor de toegediende hoeveelheid van een giftige stof. In de jaren vijftig werden deze modellen voor het eerst gebruikt voor economische toepassingen. De komst van de computer heeft hun populariteit sterk vergroot.

Wanneer men zich niet wil beperken tot de vraag of een gezin al dan niet een auto bezit, maar de uitgaven verbonden aan autobezit wil bestuderen, dan blijkt deze variabele een gemengd discreet-continu karakter te hebben. De uitgaven van hen die geen auto bezitten zijn nul, die van de overigen vertonen een continue verdeling. Men kan nu twee kanten op: de nullen weglaten of meenemen. Het eerste geval staat bekend als afgeknotte regressie (*truncated regression*), het tweede als gecensureerde regressie (*censored regression*) of als het *Tobit-model*. Men kan deze modellen niet met OLS schatten zonder systematische fouten te maken<sup>24</sup>. Tobin was in 1958 de eerste die hiervoor een geschikte methode ontwikkelde. Het model wordt ook toegepast bij het verklaren van het aantal gewerkte uren (in het bijzonder door secundaire kostwinners). Ook hier treft men veel nullen aan onder de waarnemingen. Soortgelijke problemen deden zich voor bij de experimenten met de 'negatieve inkomstenbelasting' in de Verenigde Staten. In sommige experimenten kwamen gezinnen met hoge

17. Zie Engle in deel 2 van het *Handbook* of recente leerboeken.

18. De Rao-toetsen worden vaak voor dit doel gebruikt, omdat men dan niet hoeft te schatten onder de vaak gecompliceerde alternatieve hypothesen. Verder verdienen nog vermelding de toetsen van Hausman, White, Newey-West en Bierens. De Hausman-toetsen zijn al te vinden in de recente leerboeken. Voor gedetailleerde verwijzingen naar de overige, zie T. Kloek, *Macroeconomic models and econometrics*, in W. Driehuis, M.M.G. Fase en H. den Hartog (red.), *Challenges for macroeconomic modelling*, Amsterdam, 1988. Zie ook H.J. Bierens, *Specificatie-analyse in de econometrie*, oratie, VU, 1987.

19. Voor meer toelichting en literatuurverwijzingen, zie Kloek op.cit.

20. Sommige auteurs pleiten ervoor de drempels die we hanteren bij het verwerpen van een nulhypothese niet constant te houden, maar met de steekproefomvang te laten afnemen omdat de kans op een fout van de tweede soort (bij een gegeven alternatieve hypothese) immers ook afneemt. Maar dit is nog lang geen standaardpraktijk.

21. R. Koenker, *Asymptotic theory and econometric practice*, *Journal of Applied Econometrics*, jg. 3, 1988, blz. 139-147.

22. Dit is een vereenvoudigde voorstelling van zaken. In de praktijk werkt men met gewogen gemiddelden, waarbij de gewichten kleiner worden naarmate de afstand tot x groter wordt. Vergelijk dit met de boven beschreven semi-parametrische methoden die een tussenpositie innemen tussen de traditionele parametrische methoden (zoals ML) en de hier beschreven niet-parametrische methoden. Zie ook Bierens, op.cit.

23. Zie G.S. Maddala, *Limited-dependent and qualitative variables in econometrics*, Cambridge, 1983.

24. Ook deze modellen zijn beschreven in Maddala, op.cit.

inkomens helemaal niet voor, in andere waren ze ondervertegenwoordigd. In beide gevallen moeten aangepaste methoden worden gebruikt.

Speciale modellen zijn ook vereist voor de adequate behandeling van *duurgegevens*. Wanneer iemand werkloos geweest is en weer een baan heeft gevonden kan men precies vaststellen hoe lang hij of zij werkloos is geweest. Wanneer de betrokken persoon op het recentste moment van ondervraging nog werkloos is kent men alleen een benedengrens van de werkloosheidsduur. Ook in dit geval spreekt men van gecensureerde data<sup>25</sup>.

## De vier andere pijlers

Naast de statistische modellen en methoden berusten econometrische studies nog op vier andere pijlers, te weten de data, de theoretisch-economische overwegingen, de numerieke wiskunde en de computerprogrammatuur<sup>26</sup>. Elk van deze onderwerpen zal hieronder kort worden behandeld.

### Data

De geanalyseerde gegevens vallen uiteen in drie typen, die hierboven al terloops ter sprake gekomen zijn. Allereerst zijn er de tijdreeksen. Een variabele wordt elk jaar geobserveerd gedurende een reeks van jaren. Vaak betreft het hier aggregaten en prijs-indexcijfers. Alle grootheden uit de nationale rekeningen zijn voorbeelden, maar ook reeksen voor afzonderlijke goederen worden door het CBS gepubliceerd. Naast de jaarcijfers kent men kwartaalcijfers en maandcijfers<sup>27</sup>. Hiermee doen dan de seizoenproblemen en de seizoencorrectie hun intrede<sup>28</sup>. Er bestaat ook een omvangrijke literatuur op het terrein van de statistische analyse van afzonderlijke tijdreeksen. Hoewel die strikt genomen niet tot de econometrie behoort, heeft zij de econometrie wel zeer beïnvloed. Bovendien zijn er allerlei econometrische modellen ontwikkeld die tussenvormen zijn tussen traditionele econometrische modellen en zuivere tijdreeksanalyse<sup>29</sup>.

Tegenover de tijdreeksen staan de doorsnedegegevens. Deze hebben vaak betrekking op individuele bedrijven, gezinnen of personen, maar ook op aggregaten over regio's, bedrijfstakken of landen. Het gaat hier om momentopnamen. Een voordeel is dat alle individuele variatie zichtbaar wordt, een nadeel dat dynamische aspecten gewoonlijk niet kunnen worden bestudeerd.

Paneldata vertonen zowel variatie over individuen als over de tijd. Het is niet makkelijk om respondenten ertoe te bewegen gedurende lange tijd een bijdrage te leveren, zodat het vaak om betrekkelijk korte tijdsduren gaat. Hoewel kleinere panelen al in de jaren zestig werden bestudeerd, zijn de meeste grote databestanden van dit type toch van recentere datum. Er is alle reden aan te nemen dat ze in de toekomst een nog veel grotere rol gaan spelen dan thans reeds het geval is<sup>30</sup>.

In veel gevallen vormen de data het stiefkind van de econometrie in de zin dat zij de minste aandacht krijgen. Ze zijn vaak schaars, onnauwkeurig en onvolledig. Soms worden ze zelfs op een principieel onjuiste manier gemeten<sup>31</sup>. Meestal zijn ze niet verzameld met het oog op de econometrische bestudering van een bepaald probleem. In de gevallen waarin dat wel gebeurt is het beschikbare budget vaak ontoereikend om voldoende waarnemingen te doen. Een instructieve beschrijving van de problemen die zich voordoen met de data is gegeven door Griliches<sup>32</sup>.

### Economische theorie

In de in het begin van dit artikel gegeven definitie van econometrie werd de term economisch-theoretische over-

wegingen gekozen, om daarmee aan te geven dat de economische theorie meestal niet zonder meer bruikbaar is. Die maakt vaak gebruik van niet-meetbare of althans niet beschikbare variabelen, zoals nut, kapitaalgoederenvoorraad, vraagoverschot, permanent inkomen, verwachte inflatie. Bovendien berust zij meestal op sterk vereenvoudigde en niet-realistische veronderstellingen zoals markten met volledig vrije mededinging, perfecte kennis van de toekomst, gesloten economieën of homogene goederen. Ook de vereenvoudiging tot twee goederen, produktiefactoren, landen, actoren of perioden is lang niet altijd realistisch. Uit deze veelheid aan veronderstellingen kiezen de beoefenaren van toegepaste econometrie de veronderstellingen die passen bij hun data en hun stijl van parametriseren. Daaruit leiden ze hun eigen modellen af, waarbij ze soms door gebrek aan gegevens vereenvoudigingen introduceren die de oorspronkelijke theoretici niet zo bedoeld hadden.

Als er conflicten zijn tussen theorie en data heeft men de keus uit twee opties. Men kan een model maken dat goed bij de data past maar waarover de theoretici hun wenkbrauwen fronsen. Dit is de z.g. *data-based approach* die zijn aanhangers vooral in Engeland vindt<sup>33</sup>. De andere optie is om dichter bij het theoretische model te blijven. In dat geval doet zich een nieuwe keuzemogelijkheid voor. Men kan volstaan met schatten (het vinden van parameterwaarden die zo goed mogelijk bij de data passen) en verder geen aandacht besteden aan het feit dat aan allerlei gemaakte veronderstellingen niet voldaan is. Een voorbeeld van deze stijl van werken is het werk van Jorgenson. De andere mogelijkheid is om wel expliciet het model te toetsen. Dat resulteert veelal in verwerping, zoals te verwachten is wanneer men uitgaat van sterk vereenvoudigde theoretische modellen. Het probleem is alleen dat men om zo'n model te kunnen toetsen een heleboel additionele veronderstellingen introduceert. Verwerping betekent dat ten minste één van de gemaakte veronderstellingen verworpen moet worden maar het is vaak moeilijk na te gaan welke. Dit geeft aanleiding tot uitvoerige discussies over de interpretatie van empirische resultaten. Deze stijl van werken treft men vooral aan bij monetaristen, nieuw-klassieke en financiële economen.

Theoretische overwegingen spelen ook vaak een rol bij de keuze van de wiskundige vorm van econometrische relaties. Enerzijds zijn er de eenvoudige voorschriften van

25. Een recent literatuuroverzicht is te vinden in N.M. Kiefer, *Economic duration data and hazard functions*, *Journal of Economic Literature*, jg. 26, 1988, blz. 646-679. Zie ook Heckman en Singer in *Handbook*, deel 3.

26. Eigenlijk zou in deze lijst het menselijk kapitaal, te weten de onderzoeker met zijn opleiding en zijn werkhouding niet mogen ontbreken. Dat ook hier nog ruimte is voor verbetering blijkt uit W.G. Dewald, J.G. Thursby en R.G. Anderson, *Replication in empirical economics*, *American Economic Review*, jg. 76, 1986, blz. 587-603.

27. In sommige gevallen zijn er zelfs weekcijfers of dagcijfers. Dit geldt in het bijzonder voor speculatieve markten.

28. Twee recente werken op dit gebied zijn F.A.G. den Butter en M.M.G. Fase, *Seizoenanalyse en beleidsdiagnose*, Deventer, 1988; en S. Hylleberg, *Seasonality in regression*, Orlando, 1986.

29. Zie hiervoor Kloek, op.cit., en ook T. Kloek, *De kunst van het voorspellen*, *ESB*, jg. 71, 26-11-1986, nr. 3583, blz. 1143-1147.

30. Voor een goed overzicht van modellen en methoden voor deze data, zie C. Hsiao, *Analysis of panel data*, Cambridge, 1986.

31. Opmerkelijk is in dit verband de recente kritiek van Eisner op de manier waarop de belangrijkste macro-economische variabelen gemeten worden. Zie R. Eisner, *Divergences of measurement and theory and some implications for economic policy*, *American Economic Review*, jg. 79, 1989, blz. 1-13.

32. Zie Griliches, *Handbook*, deel 3.

33. Voor meer gedetailleerde literatuurverwijzingen, zie C.L. Gilbert, *Professor Hendry's econometric methodology*, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, jg. 48, 1986, blz. 283-307; ook Kloek, *Macroeconomic models and econometrics*, op.cit. blz. 365.



*logische consistentie*: fracties (zoals budget-aandelen, marktaandeelen en werkloosheidspercentages) behoren tussen nul en een te liggen; rentestanden behoren niet negatief te zijn, enzovoort. Anderzijds leidt de micro-economische theorie vaak tot meer ingewikkelde restricties op de wiskundige vorm van economische relaties, die tot doel hebben te voorkomen dat men zadelpunten of 'pessima' beschrijft in plaats van optima<sup>34</sup>.

### Numerieke wiskunde

Als de te optimaliseren doelfuncties kwadratisch zijn, zoals bij OLS en een aantal eenvoudige generalisaties, kan men vaak volstaan met procedures voor het snel en nauwkeurig oplossen van stelsels vergelijkingen. Bij gecompliceerdere doelfuncties is er behoefte aan algoritmen voor niet-lineair maximaliseren en minimaliseren. In veel gevallen zijn deze algoritmen ingebouwd in computerpakketten zodat men er als gebruiker niet noodzakelijk mee in aanraking komt. Toch is een zeker inzicht in de numerieke problemen die zich kunnen voordoen voor de econometrist gewenst.

### Computerprogrammatuur

In de jaren '60 en '70 schreven econometristen hun computerprogramma's veelal in Fortran. De jongere generatie wordt meestal opgevoed met Pascal. Daarnaast bestaat er een groot aantal statistische en econometrische pakketten zoals TSP (vooral voor tijdreeksen), SPSS (vooral voor doorsneden), Lisrel (vooral voor modellen met meetfouten) en SAS. Vermeldenswaard is ook de NAG-bibliotheek, waarin zich een groot aantal algoritmen bevindt dat aan te roepen is als onderdeel van zelf geschreven computerprogramma's. De laatste jaren verschijnen er bovendien vele pakketten die speciaal geschikt zijn voor pc's, zoals Gauss, Rats, Pc-Give, en nog vele andere. Het *Journal of Applied Econometrics* heeft een speciale rubriek waarin de voor- en nadelen van dergelijke pakketten besproken worden.

### Toepassingen

De toepassingen van econometrie zijn tegenwoordig zeer divers. Overal waar statistische data aanwezig zijn grijpen econometristen de kans die te analyseren<sup>35</sup>. De bestudeerde onderwerpen omvatten niet alleen de traditionele macro- en micro-economie, maar ook de marketing, de financiële markten, de schadeverzekeringen en nog vele andere terreinen. Anders dan bij de methoden zijn hier weinig goede leerboeken beschikbaar. Ook in het *Handbook* wordt niet meer dan 15 procent van de ruimte aan toepassingen besteed. Er bestaan natuurlijk wel overzichtsartikelen, maar deze zijn verspreid over een groot aantal economische tijdschriften. Ik zal nu een greep uit de toegepaste literatuur doen, waarbij zowel overzichtsartikelen als interessante specifieke voorbeelden de revue passeren. Naar volledigheid zal ik daarbij niet streven.

### Consumentengedrag

Deaton heeft een overzichtsartikel geschreven over de vraag naar consumptiegoederen<sup>36</sup>. De wiskundige vorm van de vraagfuncties speelt in die literatuur een belangrijke rol omdat het een moeilijk probleem is om hanteerbare wiskundige vormen te vinden die aan alle theoretische eisen voldoen. Enkele onderwerpen die de laatste tijd in de belangstelling staan zijn de volgende:

- als we naar individuele gezinnen kijken en naar niet al te ruim gedefinieerde goederencategorieën zal het regelmatig voorkomen dat een gezin aan zo'n goederencategorie in een bepaalde periode nul gulden uitgeeft.

Dit betekent onder meer dat de logaritmische transformatie niet bruikbaar is;

- in de traditionele theorie van het consumentengedrag zijn budgetrestricties lineair. Maar als we rekening houden met belastingen en inkomensafhankelijke prijssubsidies is dit niet langer het geval<sup>37</sup>.

### Arbeidsmarkt

Heckman en McCurdy schreven een overzichtsartikel waarin het indexfunctiemodel centraal staat<sup>38</sup>. De modellen hebben te maken met werkloosheid, participatie op de arbeidsmarkt, mobiliteit, beloning en aantal gewerkte uren. Mroz wijdt aan een deel van deze studies een kritische bespreking, waarin hij erop wijst dat veel van deze modellen economisch en statistisch niet correct gespecificeerd zijn en dat de meeste auteurs aan die mogelijkheid onvoldoende aandacht besteden. Het gaat daarbij onder meer om meetfouten, de manier waarop de belasting wordt behandeld en om het feit dat de steekproeven vaak niet aselekt zijn<sup>39</sup>.

Een interessante verzameling gegevens werd met behulp van een al even interessant model geanalyseerd door G. Ridder<sup>40</sup>. Hij onderscheidt vijf toestanden waarin een persoon zich met betrekking tot de arbeidsmarkt kan bevinden: werkloos, werkend in loondienst, werkend als zelfstandige, arbeidsongeschikt, overige. Aan 400 mannen werd gevraagd met behulp van dit schema hun arbeidsmarktverleden te beschrijven over een periode van 10 jaar. Er werd een model ontwikkeld waarin overgangstijden en overgangskansen een rol speelden. Verklarende variabelen in het model zijn opleiding, origine (ruwweg: autochtonen vs. allochtonen), leeftijd, jaar, aantal afhankelijke kinderen, en socio-economische status van de partner. Zoals overeenkomt met wat men zou verwachten was in de periode 1981-1983 de kans op overgang van werkloosheid naar een baan heel laag en hadden migranten in alle perioden een grotere kans werkloos te worden dan niet-migranten. Overigens zijn deze 400 waarnemingen duidelijk onvoldoende om het grote aantal parameters nauwkeurig te kunnen schatten.

### Economische geschiedenis

De economische historici hebben ontdekt dat het interessant kan zijn om historische data econometrisch te analyseren<sup>41</sup>. Men noemt dit *cliometrie*. Enkele behandelde onderwerpen zijn de gevolgen van schaarste aan arbeid in de Verenigde Staten in de negentiende eeuw, variaties in inkomensongelijkheid, de demografische overgang van het traditionele naar het moderne stadium en de lengten van mensen als een indicator van de wijze waarop ze gevoed werden.

### Financiële markten

De rendementen op financiële activa en de vraag of financiële markten efficiënt zijn (in de zin dat prijzen onmiddellijk reageren op nieuwe informatie) hebben reeds aan-

34. Voor een overzicht, zie Lau in *Handbook*, deel 3.

35. Er zijn ook economen die de voorkeur geven aan het werken met gestileerde feiten. In die aanpak is het echter onmogelijk echte van onechte resultaten te onderscheiden bij gebrek aan toetsprocedures.

36. In *Handbook*, deel 3.

37. Zie ook J.A. Hausman, The econometrics of non-linear budget sets, *Econometrica*, jg. 2, 1985, blz. 1255-1282.

38. In *Handbook*, deel 3.

39. T.A. Mroz, The sensitivity of an empirical model of married women's hours of work to economic and statistical assumptions, *Econometrica*, jg. 55, 1987, blz. 765-799.

40. G. Ridder, *Life cycle patterns in labor market experience, a statistical analysis of labor market histories of adult men*, proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 1987.

41. Zie N.F.R. Crafts, Cliometrics, *Journal of Applied Econometrics*, jg. 2, 1987, blz. 171-192.

leiding gegeven tot een zeer omvangrijke literatuur<sup>42</sup>. Feinstein bij voorbeeld analyseerde wisselkoersen (DM-futures in Chicago)<sup>43</sup>. De koersen werden genoteerd met het tijdstip van de transactie, nauwkeurig tot op 10 seconden. Alleen transacties die gepaard gingen met een koersverandering ten opzichte van de vorige notering werden vastgelegd; het aantal afgesloten contracten werd niet vermeld. De data geven dus geen gegevens over alle transacties, maar wel zeer nauwkeurige informatie over de tijdstippen van koersmutaties. Het gebruikte model heeft als bouwstenen de Poisson-verdeling (voor het aantal mutaties per tijdseenheid) en de normale verdeling (voor de mutaties zelf). Analyse van de autocorrelaties van prijsveranderingen in intervallen van drie minuten leidt tot de conclusie dat deze markt efficiënt is.

### Evenwichtstendenties

De vraag of er evenwichtsrelaties bestaan waarheen een economie na een schok vanzelf terugkeert heeft al veel stof tot discussie gegeven. De enkele jaren geleden door Granger ontwikkelde cointegratietheorie is een interessant hulpmiddel om dergelijke hypothesen te modelleren. Een informele beschrijving van dit model luidt als volgt. We beschouwen om te beginnen een variabele  $Y$  en zijn eerste differentie  $X_t = Y_t - Y_{t-1}$ . Stel nu dat  $X_t$  met een eindige variantie schommelt rond een zeker gemiddeld niveau terwijl  $Y_t$  niet de neiging heeft terug te keren naar een gemiddeld niveau. Voor verschillende deelperioden heeft zo'n variabele  $Y_t$  meestal zeer verschillende waarden van geschatte varianties, zodat men geneigd is aan te nemen dat de variantie van  $Y_t$  niet bestaat of, anders gezegd, oneindig is. In dat geval noemen we  $Y_t$  geïntegreerd van de orde 1, kortweg  $I(1)$ , en  $X_t$  geïntegreerd van de orde nul:  $I(0)$ . Stel vervolgens dat we twee variabelen  $Y_{1t}$  en  $Y_{2t}$  hebben die beide  $I(1)$  zijn, maar dat er een lineaire combinatie  $Z_t = Y_{1t} - AY_{2t}$  bestaat die  $I(0)$  is, dan noemen we  $Y_{1t}$  en  $Y_{2t}$  gecointegreerd. Dus  $Y_{1t}$  en  $AY_{2t}$  blijven op lange termijn bij elkaar in de buurt terwijl ze samen alle kanten op kunnen bewegen. Campbell en Shiller<sup>44</sup> passen dit model toe op variabelen  $Y_t$  en  $y_t$ , waarbij  $Y_t$  gedefinieerd is als de contante waarde van verwachte toekomstige  $y_t$ . Ze geven twee toepassingen: (1)  $Y_t$  is de koers van een aandeel en  $y_t$  het uitgekeerde dividend; (2)  $Y_t$  is een lange rentestand en  $y_t$  een korte. Zij verwerpen dit model voor

aandelen maar zijn geneigd het te aanvaarden voor obligaties. In een andere toepassing gebruikt Campbell een model van dit type om de permanente inkomenshypothese te toetsen (en te verwerpen)<sup>45</sup>.

---

### Slot

---

Uit het voorgaande blijkt dat de econometrie een boeiend en springlevend vakgebied is dat zich snel ontwikkelt. Natuurlijk was het niet mogelijk volledig te zijn, maar naar ik hoop bieden de gegeven literatuurverwijzingen voldoende mogelijkheden voor de lezer om zich verder te oriënteren<sup>46</sup>. De kwaliteit van de toegepaste studies is weliswaar divers, maar met enig zoeken is er toch veel interessant en kwalitatief hoogstaand werk te vinden. Het grootste probleem is gelegen in de beschikbaarheid van goede data. Wij zullen langzamerhand moeten groeien naar de situatie waarin economen en econometristen als regel hun eigen data verzamelen, zoals dat in de meeste andere wetenschappen reeds lang gebeurt<sup>47</sup>. Dit vergt een mentaliteitsverandering en dergelijke processen zijn tijdrovend.

**T. Kloek**

---

42. Voor goede literatuuroverzichten zie T.E. Copeland en J.F. Weston, *Financial theory and corporate policy*, third edition, Reading, 1988.

43. L.J. Feinstein, Minute by minute: efficiency, normality, and randomness in intradaily asset prices, *Journal of Applied Econometrics*, jg. 2, 1987, blz. 193-214.

44. J.Y. Campbell en R.J. Shiller, Cointegration and tests of present value models, *Journal of Political Economy*, jg. 95, 1987, blz. 1062-1088.

45. J.Y. Campbell, Does saving anticipate declining labor income? An alternative test of the permanent income hypothesis, *Econometrica*, jg. 3, 1987, blz. 1249-1273.

46. Over twee onderwerpen schreef ik kortgeleden elders. Daarom ben ik op die terreinen korter geweest dan overigens wenselijk zou zijn geweest. Zie Kloek, De kunst van het voorspellen, op.cit., en Kloek, Macroeconomic models and econometrics, op.cit.

47. Natuurlijk is het mogelijk een deel van het uitvoerende werk onder te brengen bij gespecialiseerde instituten, zoals het CBS, maar het maakt veel uit of een commissie van onderzoekers uitmaakt welke data worden verzameld dan wel een commissie van beleidsambtenaren.