

# DE ROL VAN SIMULATIE IN DE ALGEMENE ECONOMETRIE

door dr. J. P. C. Kleijnen

Keywords: simulation, Monte Carlo technique, econometrics.  
Code: 000.019.400  
000.019.140  
H

*Dit artikel geeft een globaal overzicht van de volgende toepassingsgebieden van simulatie.*

*(1) Voor traditionele lineaire regressie-modellen kunnen eenvoudig tijdpaden doorgerekend worden. (2) Aan die modellen kunnen tevens non-lineariteiten, neven-voorwaarden en stochastische storingen worden toegevoegd. (3) Dezelfde benadering kan worden gebruikt voor modellen van bedrijfskolommen en bedrijfstakken. Tevens worden 'theory of the firm', ondernemingsmodellen en bedrijfsspelen besproken. (4) Een andere benadering is het opbouwen van een macro-economisch model via het sommeren van een veelheid van micro-economische modellen à la Orcutt. (5) Ook kunnen modellen worden gebaseerd op Forrester's Systems Dynamics. (6) Monte Carlo simulatie kan worden gebruikt om te toetsen welke statistische methoden het meest geschikt zijn voor het schatten van de parameters in econometrische modellen.*

## 1. Traditionele econometrische modellen

Onder traditionele econometrische modellen verstaan wij modellen die door pioniers zoals Tinbergen in de dertiger jaren werden ontwikkeld en na de tweede wereldoorlog verder ontwikkeld en toegepast werden in Nederland (Centraal Plan Bureau), de U.S.A., enz. Het zijn lineaire modellen waarin macro-economische variabelen (zoals het nationaal inkomen) voorkomen. Bijv.

$$C = \beta_0 + \beta_1 Y \quad (1.1)$$

met nationaal inkomen  $Y$ , nationale consumptie  $C$ , marginale consumptiequote  $\beta_1$  en konstante  $\beta_0$ . De parameters ( $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ) worden geschat op basis van macro-economische gegevens (in Nederland verzameld door het Centraal Bureau voor de Statistiek). Dit schatten gebeurt door regressie analyse die met name de kleinste kwadraten methode gebruikt; zie ook paragraaf 6.

In de praktijk zijn de modellen wel wat ingewikkelder dan (1.1). Met name bestaat het model uit meerdere vergelijkingen en bevat het vertragingen ('lags'). Een sterk vereenvoudigd voorbeeld is als volgt

$$C_t = \beta_0 + \beta_1 Y_t \quad (1.2)$$

$$I_t = \gamma_0 + \gamma_1 (Y_t - Y_{t-1}) \quad (1.3)$$

$$Y_t = C_t + I_t \quad (1.4)$$

met investeringen  $I$ , 'acceleratiecoëfficiënt'  $Y_1$ , en tijdindex  $t$ . Een model met simultane vergelijkingen leidt tot problemen bij het schatten van de parameters en het oplossen van het model. Op de schattingsproblemen komen wij terug in paragraaf 6. Voor het oplossen van (lineaire of non-lineaire) simultane vergelijkingen heeft men numerieke methodes zoals die van Gauss-Seidel nodig; zie Hecheltjen (1973, pp. 5-6) en Naylor (1971, pp. 139-141). Het is mogelijk dat het model wel meerdere vergelijkingen omvat maar recursief is, d.w.z. de (afhankelijke) endogene variabelen kunnen een voor een worden uitgerekend

uit de (onafhankelijke) exogene, vertraagde endogene, en voorafgaande endogene variabelen. (In het voorbeeld geldt dit indien men in (1.2) en (1.3) de indices  $t$  en  $t-1$  van  $Y$  vervangt door  $t-1$  en  $t-2$ .) Voor een diepgaande behandeling van simultane versus recursieve modellen verwijzen wij naar Meissner (1971).

Vertragingen in het model betekenen dat het model dynamisch is geworden, waardoor o.a. conjunctuurbewegingen kunnen worden verklaard. Kan het model tot een lineaire differentievergelijking worden gereduceerd, dan is een analytische oplossing mogelijk waarmee vragen naar bijv. de stabiliteit kunnen worden beantwoord. Wil men weten wat het inkomen in het volgend jaar zal zijn, dan rekent men eenvoudig het model uit. Wil men meerdere jaren vooruit zien dan substitueert men de berekende endogene waarden in periode  $t$  bij het berekenen van de endogene waarden in de volgende periode(n). Dit uitrekenen zouden wij simuleren kunnen noemen, indien we de volgende omschrijving hanteren. Simulatie is het numeriek experimenteren met het model van een systeem over de loop der tijd. Interessanter wordt simulatie evenwel bij econometrische modellen die iets ingewikkelder zijn, en die wij in de volgende paragraaf behandelen. Literatuur over de klassieke modellen kan men in elk economisch handboek vinden, zie Naylor (1971, pp. 126-152).

## 2. Moderne econometrische modellen

De klassieke econometrische modellen kunnen realistischer worden gemaakt door non-lineariteiten toe te staan. Voorbeelden zijn: prijs-maal-volume relaties (bijv.  $C = c \times p$ ), relatieve prijzen (bijv.  $P_i/P_j$ ), logaritmen (die constante elasticiteiten impliceren). Tevens kunnen neven-voorwaarden worden ingevoerd (bijv.  $C = Y_0$  indien  $Y < Y_0$ ). Non-lineaire relaties roepen statistische schattingsproblemen op. In het algemeen kan het bepalen van het dynamisch gedrag

niet meer analytisch zodat men gaat simuleren. Voorbeelden van moderne, uitgebreide econometrische modellen zijn het Brookings en het Wharton model; zie Naylor (1971, pp. 142-143). Voor Nederland noemen wij Driehuis (1972). Een Canadees model met 570 vergelijkingen (plus identiteiten) is beschreven in McCracken (1973). Het zou te ver voeren deze uitgebreide modellen hier weer te geven. Ter illustratie zullen wij alleen het model van de vergelijkingen (1.2.), (1.3.), (1.4.) iets uitbreiden waarbij de volgende nieuwe symbolen worden gebruikt: Lonen in bedrijfsleven  $LB$ , lonen in overheidssector  $LO$ , winst van bedrijfsleven  $W$ , kapitaalgoederenvoorraad  $K$ , belastingen op bedrijfsleven  $B$ , overheids- en nettobuitenlandse vraag  $O$ . Dan ontstaat het model van Klein; zie Naylor (1971, pp. 128-129).

Consumptie:

$$C_t = \beta_0 + \beta_1 (LB_t + LO_t) + \beta_2 W_t + \beta_3 W_{t-1} \quad (2.1.)$$

Investerings:

$$I_t = \gamma_0 + \gamma_1 W_t + \gamma_2 W_{t-1} + \gamma_3 K_{t-1} \quad (2.2.)$$

Vraag naar arbeid:

$$LB_t = a_0 + a_1 (Y_t + B_t - LO_t) + a_2 (Y_{t-1} + B_{t-1} - LO_{t-1}) + a_{3t} \quad (2.3.)$$

Winst-definitie:

$$W_t = Y_t - (LB_t + LO_t) \quad (2.4.)$$

Kapitaal-definitie:

$$K_t = K_{t-1} + I_t \quad (2.5.)$$

Inkomensdefinitie:

$$Y_t = C_t + I_t + O_t - B_t \quad (2.6.)$$

Merk echter op dat in dit iets uitgebreidere voorbeeld non-lineariteiten en nevenvoorwaarden ontbreken.

Een tweede uitbreiding van de klassieke modellen is het expliciet rekening houden met stochastische storingen. Beschouw

$$C = \beta_0 + \beta_1 Y + U \quad (2.7.)$$

waarin  $U$  een stochastisch variabele is (en daarom onderstreept), bijv.  $U$  is normaal verdeeld met gemiddelde  $O$  en variantie  $\sigma_u^2$ :

$$U \sim N(0, \sigma_u^2) \quad (28)$$

Merk op dat  $\sigma_u^2$  kan worden geschat uit de afwijkingen tussen de waarnemingen en de voorspellingen ( $C = \beta_0 + \beta_1 Y$ ); zie Johnston (1963). Een tijdspad waarin  $U$  expliciet wordt meegerekend zal afwijken van het tijdspad waarin  $U$  op 0 wordt gesteld. Adelman en Adelman (1959) vonden bijv. dat conjunctuurgolven in het Klein-Goldberger model van de USA pas optraden bij het introduceren van stochastische storingen; zie ook Meissner (1971, pp. 141-144). Het is mogelijk dat een strategie op basis van een deterministisch model zoals (1.1) tot stabilisatie lijkt te leiden terwijl het meer realistisch model (2.7) toont dat die strategie labiliserend werkt;

zie Howrey (1966). Bovendien kan men op basis van een stochastisch model zoals (2.7) waarschijnlijkheidsuitspraken doen, bijv. 'De kans dat het inkomen daalt is  $x\%$ '. Meer referenties staan vermeld in Kleijnen (1975, p. 14) en Naylor (1971, pp. 129, 147). Nochtans worden in de praktijk econometrische modellen nagenoeg altijd gebruikt zonder de storingen expliciet te simuleren.

### 3 Sektormodellen en ondernemingsmodellen

Bovengenoemde macro-economische modellen kunnen verder worden gedisaggregeerd zonder hun karakter wezenlijk te veranderen. Bijv. in het Canadese model worden 'investeringen' onderscheiden in investeringen in de mijnbouw, in machines, enz.; zie McCracken (1973, p. 5). Soortgelijke modellen kan men ook ontwikkelen voor een deelsektor van de economie. De 'bedrijfskolom' voor schoenen, leer, en huiden werd gesimuleerd door Cohen (1960) en voor de houtindustrie door Balderston en Hoggatt (1962). De 'bedrijfstak' textiel in Amerika werd gesimuleerd door Naylor (1971, pp. 113-119). De cyclische fluctuaties in het aanbod van varkens werd bestudeerd door Horn (1968); zie ook de 'Spinneweb' modellen in Naylor (1971, pp. 89-92). In dit soort modellen wordt een aantal (minder of meer) geaggregeerde grootheden via regressievergelijkingen met elkaar in verband gebracht. Deze vergelijkingen zullen lineair zijn tenzij het om theoretische redenen of anderszins duidelijk is dat niet-lineaire verbanden en nevenvoorwaarden nodig zijn.<sup>1)</sup> Dit noemen wij de 'black box' benadering.

Een verdere stap naar disaggregatie brengt ons naar de 'theory of the firm'. Hierbij gaat het om modellen opgesteld door algemene economen (niet dus bedrijfseconomen) teneinde het gedrag van één of méér ondernemingen te verklaren. Deze modellen bevatten gewoonlijk géén empirische gegevens maar zijn bedoeld om het inzicht in economische vraagstukken te vergroten (wiskundige economie i.p.v. econometrie). Uit de 19e eeuw (Cournot) dateren de klassieke monopolie- en oligopolie modellen; zie bijv. Naylor (1971, pp. 96-99). In de zestiger jaren zijn deze modellen uitgebreid tot 'behavioral' modellen van de onderneming ('the firm') waarin naast economische factoren ook psychologische, sociologische en organisatorische factoren meespelen; zie Cyert en March (1963), Bonini (1967), Naylor (1971, pp. 89-113).

Zoals net opgemerkt werd, zijn de 'theory of the firm' modellen zeer theoretisch. Praktische modellen t.b.v. beleidsbeslissingen door ondernemingen vallen in een andere categorie, namelijk 'corporate modelling'. Dit zijn empirische modellen waarin de verschillende afdelingen van de onderneming (bijv. inkoop, productie, verkoop, financiering) zijn opgenomen; zie Naylor en Seaks (1975) en Cozijnsen (1974). Deze totale-ondernemingsmodellen rekenen wij echter al tot de bedrijfseconometrie waarop wij in dit artikel niet verder zullen ingaan. Merk op dat in de bedrijfseconometrie het gebruik van bedrijfsspellen ('business games') wijd verspreid is, zowel t.b.v. training als on-

<sup>1)</sup> Cohen, (1960, pp. 38-44) past ook een andere methode toe die meer micro-economisch is gebaseerd; zie ook de volgende paragraaf.

derzoek; Naylor (1971, pp. 73-83). Dergelijke mens-machine simulaties worden echter nagenoeg niet toegepast bij de opleiding van algemene economen. Wel bestaan er spelen voor 'bestuurders' variërend van gemeentelijk tot internationaal nivo; zie Guetzkow et al. (1973, pp. 31-35.)

#### 4. Gesommeerde micromodellen à la Orcutt

De tot nu toe behandelde modellen proberen het gedrag van de nationale economie (of 'volkshuishouding') te verklaren via sterk geaggregeerde grootheden, zgn. 'macro-economische' variabelen (het nationaal produkt e.d.). Dit roept het aggregatie probleem op. Bijv. als voor consument  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) geldt  $c_i = f_i(y_i)$  wat zal dan het verband zijn tussen de macro-economische consumptie  $C$  en het nationaal inkomen  $Y$ ? (Een eenvoudige oplossing resulteert indien  $c_i = a_i + b y_i$  zodat  $C = \beta_0 + \beta_1 Y$  met  $\beta_0 = \sum a_i$ , en  $\beta_1 = b$ .) Een oplossing zou zijn een model voor elke consument op te stellen (resp. voor een steekproef uit elke klasse of 'stratum' van consumenten). Door de uitkomsten van al deze modellen simpelweg op te tellen krijgt men dan de macro-economische consumptie. Dit idee is inderdaad toegepast door Orcutt et al. (1961).

Hoewel het aanvankelijk de bedoeling van Orcutt et al. was de gehele economie te simuleren, bleef hun studie beperkt tot de demografische sektor. De bevolking werd gesimuleerd door individuen te simuleren welke individuen een bepaalde kans hebben om te trouwen, kinderen te krijgen, te sterven, enz. Deze kansen hangen af van bijv. de leeftijd, opleiding, geslacht, enz.<sup>2)</sup> Op deze manier kan men zijn apriori kennis van het gedrag van individuen laten meespelen.

Deze benadering werd voortgezet in het programma MASH dat naast genoemde demografische gebeurtenissen ook rekening houdt met economische fenomenen zoals inkomensverwerving, consumptie, belastingbetaling, sparen; zie Sadowsky (1972). Gemodelleerd werden de individuele gezinshuishoudingen met hun gezinsleden (en dus niet andere economische huishoudingen, met name ondernemingen). MASH is een interactief simulatiepakket waarin micro-economische grootheden kunnen worden gesommeerd tot macro-grootheden, en omgekeerd andere macro-grootheden, als input (environment) voor een micro-economisch model kunnen optreden. Deze macro-grootheden worden gegenereerd door een geaggregeerd, macro-economisch submodel; zie ook Hecheltjen (1973, p. 9).<sup>3)</sup>

Andere studies in de USA waarin met name het effect wordt bestudeerd van fiscale maatregelen, worden door Sadowsky (1972, p. 19) vermeld. In Duitsland loopt een soortgelijk projekt SPES; zie bijvoorbeeld Klanberg en Frank (1973) die ook dergelijke fiscale simulatie-studies in Engeland en Zweden noemen. Het statistisch materiaal dat nodig is in deze micro-economische simulaties wordt besproken door Krupp (1968, pp. 151-158) die tevens een gedetailleerd model geeft.

2) Een parallel kan getrokken worden met sommige marketing modellen; zie Elton en Rosenhead (1971).  
3) Bij dit koppelen van modellen kunnen diverse technische problemen ontstaan waarvoor wij naar Brennecke (1973) verwijzen.

Een geheel andere soort micro-economische simulatie ondernam Crosina (1971). Hij verrichtte een theoretische (geen empirische gegevens), deterministische simulatie met eenvoudige modellen voor consumenten en producenten die streven naar nutsmaximalisatie. Het lijkt ons dat het een uitdaging is een micro-economisch gebaseerde simulatie te verrichten waarin naast huishoudingen ook 'corporate models' worden gebruikt om de producenten te modelleren.

#### 5 'Systems dynamics' modellen

De econometrische modellen in paragraaf 1 en 2 bestaan overwegend uit stelsels simultane differentievergelijkingen. De 'systems dynamics' benadering (gestart als 'industrial dynamics' door Forrester) beschouwt de nationale volkshuishouding (zoals elk ander economisch systeem) als een dynamisch systeem met terugkoppeling ('feedback'). Bijzondere aandacht wordt dus besteed aan de dynamische karakteristieken (zoals golfbewegingen, explosieve tendensen) van het systeem, en dus niet aan de getalsmatige voorspelling van een variabele voor een bepaald jaar. De rol van vertraging en terugkoppeling van informatie staat verder ook centraal. Technisch gezien bestaan de 'systems dynamics' modellen uit een recursief stelsel differentievergelijkingen met niet-konstante coëfficiënten (vgl. de 'levels' en 'rates' in DYNAMO, de simulatietaal ontwikkeld voor deze benadering). Zie Meier et al. (1969, pp. 80-117) voor een uitgebreide samenvatting van 'systems dynamics'.

Er bestaan talrijke toepassingen in deze 'school', bijv. simulaties van bedrijven, bedrijfstakken, bedrijfskolommen, stadsontwikkeling ('urban dynamics'), volkshuishoudingen, en natuurlijk de befaamde wereldmodellen; zie bijv. Forrester (1972), Meier et al. (1969, pp. 101-117), Naylor (1971, p. 107).<sup>4)</sup>

Merk op dat deze simulaties nagenoeg altijd deterministisch zijn, zeer geaggregeerd, met de mogelijkheid subsystemen aan elkaar te koppelen. 'Systems dynamics' en andere simulaties worden verder met elkaar vergeleken in Meier et al. (1969, pp. 80-117, 277-281); zie ook Kleijnen (1975, p. 21).

#### 6 Regressie analyse

In de algemene econometrie wordt zeer veel gebruik gemaakt van regressie analyse, d.w.z. de endogene variabele is een functie van een of meer exogene en/of vertraagde endogene variabelen; zie de vergelijkingen in paragraaf 1. Meestal wordt om praktische redenen de relatie tussen de afhankelijke en onafhankelijke variabelen lineair in de parameters genomen, bijv.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + e \quad (6.1)$$

waarbij  $e$  de storingsterm is. Een veelgebruikte techniek om de parameters te schatten is de kleinste kwadraten methode. Deze techniek geeft optimale schatters indien aan bepaalde voorwaarden is voldaan. Indien de storingstermen in een model met één vergelijking zoals (6.1) normaal en onafhankelijk verdeeld zijn met konstante variantie (en gemiddelde 0) dan

4) Tijdens de 'Summer Computer Simulation Conference', 21-23 juli 1975, San Francisco, werd er een speciale bijeenkomst gehouden over 'The MIT national socio-economic model'.

is de kleinste kwadraten schatter de lineaire schatter die zuiver is met minimale variantie.

De vraag is welke schatter men wil gebruiken indien niet aan alle voorwaarden is voldaan, m.a.w. indien non-normaliteit, heterogene varianties, autocorrelatie, meetfouten in de onafhankelijke variabelen, simultane vergelijkingen optreden. Zou men de (heterogene) varianties en/of de autocorrelaties kennen, dan zou de beste schatter niet de kleinste kwadraten schatter zijn, maar een variant daarop (namelijk 'generalized least squares'). Indien men die varianties en autocorrelaties op hun beurt moet schatten, rijst de vraag of de simpele kleinste kwadraten schatter toch optimaal blijft of wellicht zo dicht bij het optimale resultaat komt dat men eenvoudigshalve deze standaardmethode blijft toepassen. Soortgelijke vragen ontstaan bij simultane vergelijkingen (waarvoor alternatieve schattingsmethoden zoals 'k-stage least squares' bestaan), enz.

Men kan proberen bovengenoemde vragen analytisch op te lossen. Helaas zijn de problemen die daarbij optreden zo groot dat meestal alleen asymptotische uitspraken gedaan kunnen worden (d.w.z. alleen voor zeer grote steekproeven<sup>5)</sup>). Met name in de algemene econometrie is het cijfermateriaal echter beperkt tot vrij korte tijdreeksen. Een andere benadering is de 'Monte Carlo' methode, d.w.z. wij gebruiken toevalsgetallen ('random numbers'). Evenals simulatie gedefinieerd in paragraaf 1, gaat het hier om een numeriek experiment met een model. Betreft het een model van een systeem waarvan we de ontwikkeling over de tijd volgen, dan spreken wij van Monte Carlo simulatie (of stochastische simulatie). De werking van de Monte Carlo methode willen wij demonstreren aan de hand van (6.1).

Wij moeten in een Monte Carlo experiment goed onderscheiden tussen wat de onderzoeker weet en wat zijn schattingsmethode (of 'schatter') weet. De gang van zaken is als volgt.

(i) De onderzoeker kent de ware waarde van  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  en  $\beta_2$  doordat hij zelf die waarden kiest. Verder selekteert hij, zeg  $n$ , waarden voor de onafhankelijke variabele  $x$ , en kiest de verdeling voor de storings-term  $e$ . Let wel, hij specificeert niet alle waarden van  $e$  maar specificeert slechts hun verdeling. In het gehele experiment blijven alle waarden die de onderzoeker heeft gekozen, verder konstant.

(ii) Vervolgens loot de onderzoeker de waarden van  $y$  die, met (i) consistent zijn. Immers gegeven de waarden sub (i) kan hij  $e_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) loten m.b.v. toevalsgetallen. Deze  $e_i$  tesamen met  $x_i$  stellen hem in staat  $y_i$  uit te rekenen via (6.1).

(iii) De schatter kent alleen de  $n$  getallenparen  $x_i$ ,  $y_i$ . Via zijn algoritme (bijv. kleinste kwadraten) berekent hij uit  $x_i$ ,  $y_i$  de geschatte waarden van de parameters, zeg  $b_0$ ,  $b_1$  en  $b_2$ .

(iv) Teneinde het toevalselement verbonden aan het loten sub (ii), te verminderen, worden de stappen (ii) en (iii) een aantal malen, zeg  $m$ , herhaald. Daarna kan de onderzoeker beoordelen of bijv. het gemiddelde van de  $m$  schattingen  $b_{ij}$  ( $j = 1, \dots, m$ ) in-

derdaad in de buurt van de ware waarde  $\beta_j$  liggen. Andere criteria zijn mogelijk en wenselijk bijv. de 'mean square error',  $\sum (b_{ij} - \beta_j)^2/m$ .

Een uitstekend boek voor verdere studie in dit onderwerp is Smith (1973). Voor meer referenties verwijzen wij naar Kleijnen (1975, pp. 11-12).

### Conclusie

In het bovenstaande hebben wij geprobeerd een overzicht te geven van de diverse toepassingsgebieden van simulatie in de algemene econometrie. Wij zijn met name iets dieper ingegaan op die toepassingen die nog niet zo bekend mogen worden verwacht, zoals de invloed van stochastische storingsen in klassieke modellen, micro-economische benaderingen, en Monte Carlo analyse van regressie-technieken.

Merk op dat geen enkele simulatie die wij hebben behandeld, van het 'event' type is, dit in tegenstelling tot de meeste Operations Research simulaties. De reden is dat men in macro-economische modellen met niet-gedetailleerde, geaggregeerde grootheden werkt. Ook in micro-economische modellen à la Orcutt hebben de gegevens betrekking op de toestand per tijdsinterval. Beide soorten modellen (maar met name de micro-economische) zijn op grote hoeveelheden data gebaseerd, zodat databank faciliteiten gewenst zijn. Speciale simulatie-talen voor dit soort econometrische simulaties zijn bijv. SIMULATE en TROLL. Zie Hecheltjen (1973, pp. 3-6) en Sadowsky (1972) voor deze informatika problemen.

### REFERENTIES

Adelman, I. and F. L. Adelman,  
The dynamic properties of the Klein-Goldberger model.  
*Econometrica*, 27, 1959, pp. 597-625.

Balderston, F. E. and A. C. Hoggatt,  
Simulation of market processes.  
Institute of Business and Economic Research,  
University of California, Berkeley.

Cohen, K. J.  
Computer models of the shoe, leather, hide sequence.  
Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1960.

Bonini, C. P.  
Simulations of information and decision systems in the firm.  
Markham Publishing Company, Chicago, 1967.

Brennecke, R.  
Aspekte der Verknüpfung verschiedener Modelle.  
SPES-Arbeitspapier Nr. 012, Sozialpolitische Forschergruppe,  
Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt/M. 1973.

Cozijnsen, H. J.  
Theorie en praktijk van de financiële bedrijfsmodellen  
(Corporate Financial Models).  
Samsom Uitgeverij, Alphen aan den Rijn, 1974.

Crosina, S.  
Ein Versuch zur Konstruktion von Gesamtwirtschaftlichen Simulationsmodellen auf einzelwirtschaftlicher Grundlage.  
Juris Druck Verlag, Zürich, 1971.

Cyert, R. M. and J. G. March  
A behavioral theory of the firm.  
Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, 1963.

5) Enkele tegenvoorbeelden worden door Smith (1973) gegeven.

- Driehuis, W.  
Fluctuations and growth in a near full employment economy  
Universitaire Pers, Rotterdam, 1972.
- Elton, M. and J. Rosenhead,  
Micro-simulation of markets.  
Operational research quarterly, 22, no. 2,  
June 1971, pp. 117-144.
- Forrester, J. W.  
Systems dynamics bibliography.  
Program Office, Systems Dynamics Group,  
A. P. Sloan School of Management,  
E 40-214, Massachusetts Institute of Technology,  
Cambridge, Massachusetts 02139, (1972?).
- Guetzkow, H., P. Kotler and R. L. Schultz,  
Simulation in social and administrative science.  
Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1972.
- Hecheltjen, P.  
Verfahren zur Simulation sozioökonomischer Systeme.  
SPES-Arbeitspapier nr. 010, Sozialpolitische Forscher-  
gruppe,  
Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt/Main,  
1973.
- Horn, W.  
Het aanbod van varkens in Nederland.  
Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocu-  
mentatie, Wageningen 1968.
- Howrey, E. P.  
Stabilization policy in linear stochastic systems.  
Econometric Research Program, Princeton University,  
Princeton, New Jersey, Jan. 1966.
- Johnston, J.  
Econometric methods.  
McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1963.
- Klanberg F. and G. Frank  
Simulation von Besteuerungsvorschlägen in der Bundes-  
republik Deutschland.  
SPES-Arbeitspapier nr. 014, Sozialpolitische Forscher-  
gruppe, Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt/  
Main, Sept. 1973.
- Kleijnen, J. P. C.  
Statistical techniques in simulation. (In two parts).  
Marcel Dekker, Inc., New York, 1974/1975.
- Krupp, H. J.  
Theorie der personellen Einkommensverteilung,  
Duncker & Humblot, Berlin, 1968.
- McCracken, M. C.  
An overview of Candide model 1.0  
Candide Project Paper o.I., Economic Council of Canada,  
Ottawa, Feb. 1973.
- Meier, R. C., W. T. Newell and H. L. Pazer,  
Simulation in business and economics.  
Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1969.
- Meissner, W.  
Ökonometrische Modelle, Rekursivität und Interdepen-  
denz aus der Sicht der Kybernetik.  
Duncker & Humblot, Berlin, 1971.
- Naylor, T. H.  
Computer simulation experiments with models of  
economic systems  
John Wiley & Sons, Inc., New York, 1971.
- Naylor, T. H. and T. G. Seaks,  
Corporate simulation models.  
Addison-Wesley, Reading, 1975.
- Orcutt, G. H., M. Greenberger, J. Korbel and A. M.  
Rivlin,  
Microanalysis of socioeconomic systems: A simulation  
study.  
Harper and Brothers, New York, 1961.
- Sadowsky, G.  
Mash: An online system for socioeconomic microsimula-  
tion of the U.S. Household Sector.  
Online 72, Conference Proceedings, volume 1, Online 72,  
International Conference on online interactive computing,  
Brunel University, Uxbridge, England, 4-7 Sept. 1972.
- Smith, V. K.  
Monte Carlo methods; their role for econometrics.  
Lexington Books, D. C. Heath and Company, Lexington,  
Massachusetts, 1973.