
Verbale Modelvorming

H. Koppelaar, B. van Koningsveld en H. Weijnenburg

Inleiding

Een belangrijk deel van de modellen die tegenwoordig gevormd worden zijn voor simulatiedoeleinden. Veelal worden simulaties uitgevoerd met behulp van numeriek gespecificeerde modellen. Voor simulaties van het gedrag van modellen waarin vage, dat wil zeggen niet-numerieke gekwantificeerde variabelen en/of relaties voorkomen, rijzen er problemen ten aanzien van de kwantificering van genoemde vage relaties en/of variabelen. Een ad-hoc kwantificering voor het doen slagen van de simulatie leidt meestal tot quasi-precisie. Van der Zouwen¹ signaleerde de verbale modelvorming om dit probleem op te lossen. Deze methode uit de systeemleer hanteert een modeltaal waarin simulatiemodellen geformuleerd kunnen worden die niet gekwantificeerd zijn. Dit gebruik van natuurlijke taal voor computersimulatie is pas mogelijk geworden na de ontwikkeling in de wiskunde van het concept 'fuzzy set', Zadeh². Met behulp van fuzzy sets kunnen vage termen mathematisch vastgelegd worden, zodat indien deze termen ingebed worden in een deductieve modeltaal computersimulatie van verbaal geformuleerde modellen (en theorieën) mogelijk wordt. In zijn belangwekkende paper 'Simulation und Theoriebildung' bestudeert S. Lindenberg³ computersimulatie voor deductieve doeleinden. Hij gaat in eerste instantie in op hetgeen de term simulatie inhoudt en komt vervolgens met een werkdefinitie van simulatie, die verkort weergegeven luidt: 'Simulatie is de voorstelling van een proces verkregen door instructies in een werkend model'. Een verzameling instructies wordt een algoritme genoemd. Lindenberg is geïnteresseerd in dynamische theorieën (waarin de variabele tijd een rol speelt) en het voorstellen van zulke theorieën is dus het voorstellen van een proces. Zijn voornaamste vraag nu is, of er voor een (dynamische) empirische theorie een vertaling bestaat in een geschikte algorithmische taal, zodanig, dat een machine (computer) een simulatie van de theorie kan uitvoeren. In essentie wil Lindenberg dus verklaringen van een empirische theorie automatisch kunnen afleiden, doordat de theorie geformaliseerd is met behulp van een geschikte computertaal. Ongelukkigerwijs is de

door hem voorgestelde modeltaal zeer elementair (en naar huidige begrippen welhaast rudimentair). In dit artikel laten wij en passant zien dat Lindenberg's ideeën uitgewerkt zijn door Wenstøp in zijn onderzoek te Berkeley.⁵

Achteraf is het eenvoudig in te zien waarom Lindenberg dat zelf niet deed: er was ten tijde van het publiceren van zijn paper nog geen modeltaal ontwikkeld gebaseerd op fuzzy concepten. Thans is de situatie zó, dat verbale modellen (of theorieën) vertaald kunnen worden in een door Wenstøp vastgelegde modeltaal en vervolgens gesimuleerd kunnen worden met behulp van de computer, precies volgens de ideeën van Lindenberg. In dit artikel behandelen we daarvan een toepassing op Indik's organisatietheorie. Daartoe passen eerst Fuzzy logica en Wenstøp's grammatica globaal de revue, vervolgens behandelen we Indik's theorie en de vertaling daarvan in Wenstøp's verbale modeltaal. Tenslotte komen we in dit artikel met een beschouwing over de resultaten van de computersimulatie en de ijking daarvan met de door Indik verkregen correlatiecoëfficiënten.

Fuzzy logica

Sinds Zadeh² publiceerde over de definitie van een verzameling met een continue karakteristieke functie, de zogenaamde 'fuzzy set', zijn hij en anderen begonnen om ook een dergelijke uitbreiding voor de logica te formuleren. Een uitleg over fuzzy sets is te vinden in Koppelaar.⁴ De zogenaamde 'fuzzy logic' draagt meestal de naam 'linguistic modelling', terwijl de afleidingsregels ervan gemaakt zijn naar analogie van operaties op fuzzy sets en dus liggen de waarheidswaarden op het gesloten interval $[0,1]$, dat zich in oneindig veel (al dan niet disjuncte) intervallen laat verdelen. Omdat de waarheidswaarde van iedere in natuurlijke taal gestelde uitspraak hierdoor formaliseerbaar wordt, noemt men deze logica ook wel 'linguistic modelling'. Het nadeel van fuzzy logica is soms de toegenomen vaagheid van de afleidingen daarin; doordat de uitspraken vaag zijn, worden de deducties niet minder vaag, hetgeen kan leiden tot ongedefinieerde waarden.

Wenstøp's grammatica

Om een verbaal model op te kunnen zetten van een (bestaande) theorie is het noodzakelijk om de formuleringen enigszins te standaardiseren. Dit wordt bereikt door het vaststellen van een woordenlijst en een generatieve grammatica (in de zin van Chomsky) die tezamen de verzameling grammaticaal correcte zinnen bepalen. Het door Wenstøp⁵ gebruikte vocabulaire wordt hieronder weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Woordenlijst zoals door Wenstøp ingevoerd

Lexical category	Generic symbol	Category members
Organizational variable	X	any variable-name
Primary term	T	high, low, unknown, undefined
Elementary relation	ER	higher, lower, similar, equal, opposite
Value hedge	HV	very, not, indeed, sortof rather, moreorless, atleast
Relation hedge	HR	slightly, somewhat, much, considerably, very, not, moreorless, indeed
Connective	C	and, or
Relation evaluator		of, than, to
Conditionalizer		if
Comparator		is
Normalizer		value
Value assigner		←
Parentheses		(,)

De woorden uit voorgaande vocabulaire kunnen tot zinnen S gerangschikt worden. Een zin S wordt grammaticaal genoemd als het aan de volgende generatieve grammatica voldoet ($\rightarrow$ staat voor 'genereren' en $\leftarrow$ staat voor 'waarheidswaarde aannemen').

Tabel 2: De door Wenstøp gebruikte generatieve grammatica

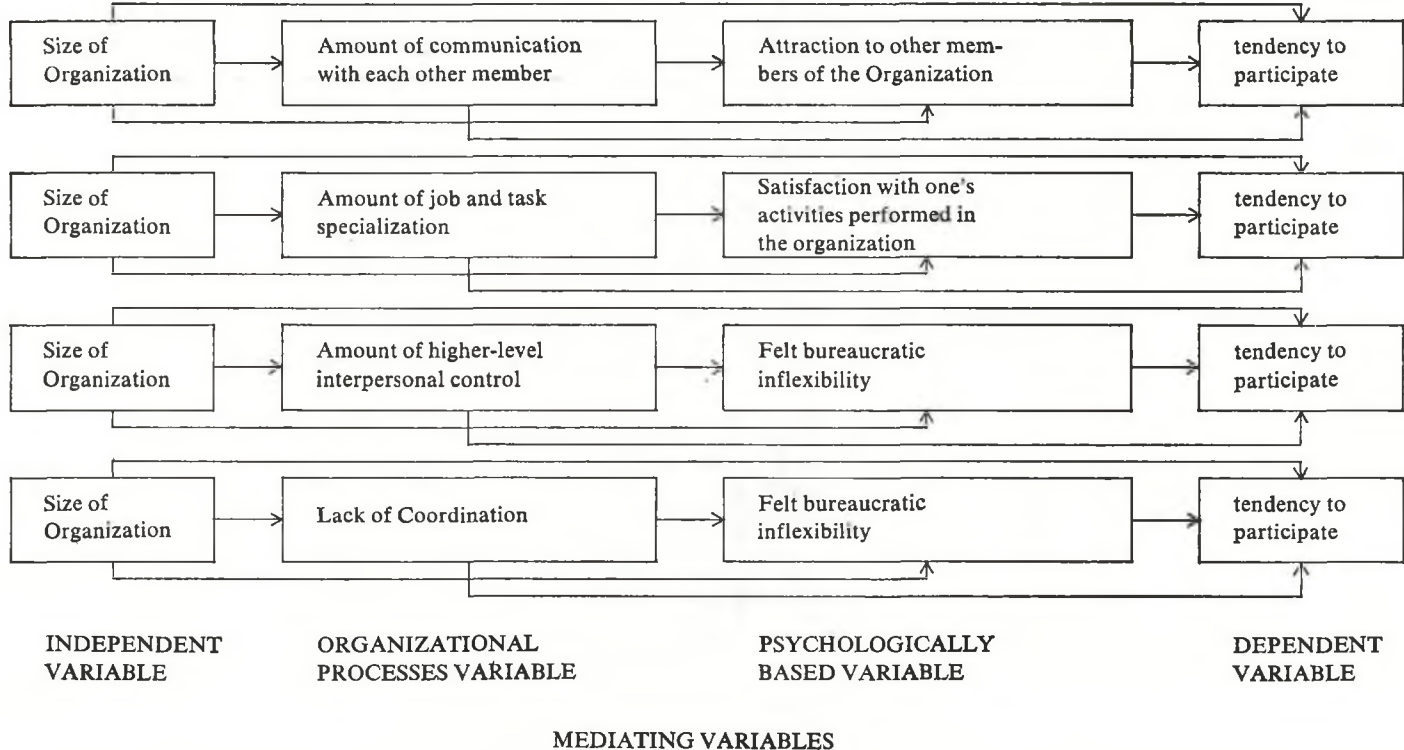
- | | |
|---|--------------------------------------|
| (1) $S \rightarrow X \leftarrow \text{value } M;$ | (7) $V \rightarrow (ER \ E \ X);$ |
| (2) $M \rightarrow (M \ \text{or} \ M);$ | (8) $V \rightarrow T;$ |
| (3) $M \rightarrow V;$ | (9) $T \rightarrow (T \ C \ T);$ |
| (4) $M \rightarrow (V \ \text{if} \ N);$ | (10) $T \rightarrow (HV \ T);$ |
| (5) $N \rightarrow (N \ C \ N);$ | (11) $ER \rightarrow (ER \ C \ ER);$ |
| (6) $N \rightarrow (X \ \text{is} \ V);$ | (12) $ER \rightarrow (HR \ ER);$ |
- (13) any generic symbol $\rightarrow$ one of its category members

Het gebruik van deze grammatica wordt bij de behandeling van het gecombineerde model van Indik uitgelegd.

Organisatieomvang en participatie

Indik⁶ heeft een model ontwikkeld waarin hij de grootte van een organisatie relateert aan de mate waarin individuele leden daarvan participeren in de activiteiten van die organisatie. Indik meende op grond van 21 experimenten in zijn model precies negen variabelen te moeten hanteren die een indirecte rol spelen bij de invloed van de organisatiegrootte op de deelname aan de organisatieactiviteiten; het geheel is samengevat in figuur 1.

Figuur 1: Indik's vier alternatieve hypothesen



Indik baseert zijn vier alternatieve modellen (fig. 1) op het herhaaldelijk gevonden verband tussen het afnemen van ledenparticipatie indien de organisatie groter wordt.⁷ De vier relaties in figuur 1 van boven naar beneden worden door Indik ongeveer als volgt omschreven:

— In grotere organisaties zijn er noodzakelijkerwijs meer communicatielijnen tussen de leden; daardoor wordt het minder aannemelijk dat goede communicatie bereikt wordt. Minder goede communicatie vermindert de onderlinge verstandhouding en met dit verminderen van de verstandhouding neemt de neiging om te participeren ook af.

— In grotere organisaties is er meer specialisatie, dat is minder variatie in de taken per functie, zodat leden van grotere organisaties minder plezier in hun werk hebben en dus minder participeren in de bedrijvigheden.

— Naarmate een organisatie groter wordt, is er een toename in de methoden van onpersoonlijk toezicht door de hogere niveau's op de lagere. Zulk terugvallen op bureaucratische vaste regels voor het controleren van de leden van de organisatie is onprettig voor hen en veroorzaakt een neiging tot verminderde deelname aan de activiteiten van het bedrijf.

— In grotere organisaties is het moeilijker om de activiteiten intern te coördineren. Om dit probleem te regelen worden bureaucratische regels ingesteld. Het kan echter gesteld worden dat controle op de deelnemers aan de organisatie door middel van bureaucratische regels minder doelmatig is om de interesse van hen in het bedrijf te vergroten, dan controle door middel van persoonlijke en flexibele methoden, zodat dit uiteindelijk resulteert in een geringere deelname aan de activiteiten van de organisatie.

Uit deze vier uiteenzettingen over figuur 1 haalden wij 19 uitspraken en verdeelden deze in grondaannamen (axioma's) en afgeleide uitspraken (theorema's), volgens ideeën van Blalock.⁸ De 19 uitspraken zijn vermeld in tabel 3, zij zijn in het Engels gesteld omdat de verbale modeltaal van Wenstøp, waarin we deze uitspraken zullen vertalen en waarmee we vervolgens deze theorie van Indik willen simuleren, van Engelse termen gebruik maakt. De functie van het benoemen van axioma's voor de simulatie is dat deze eerder geëvalueerd worden dan de theorema's, een programmeertechnische oplossing dus van Blalock's ideeën.

Het gecombineerde causale model — De vier modellen van Indik volgens figuur 1 worden door hem als alternatieve hypothesen gezien. Hij test op grond van data de 'sterkte' van de gehypothetiseerde causale effecten door middel van de berekening van correlatiecoëfficiënten tussen de in figuur 1 genoemde variabelen. De correlaties zijn opgenomen in tabel 4 en de afkortingen betekenen:

Tabel 3: De 19 uitspraken, zoals gedestilleerd uit Indik's hypothesen

- (1) the bigger the organization the lower the amount of communication (AXIOM);
- (2) the lower the amount of communication the lower the attraction to other members of the organization (AXIOM);
- (3) the lower the attraction to other members of the organization the lower the tendency to participate (AXIOM);
- (4) the bigger the organization the lower the attraction to other members of the organization (THEOREM);
- (5) the lower the amount of communication the lower the tendency to participate (THEOREM);
- (6) the bigger the organization the higher the amount of job and task specialization (AXIOM);
- (7) the higher the amount of job and task specialization the lower the satisfaction with ones activities performed in the organization (AXIOM);
- (8) the lower the satisfaction with ones activities performed in the organization the lower the tendency to participate (AXIOM);
- (9) the higher the amount of job and task specialization the lower the tendency to participate (THEOREM);
- (10) the bigger the organization the lower the satisfaction with ones activities performed in the organization (THEOREM);
- (11) the bigger the organization the lower the amount of higher level interpersonal control (AXIOM);
- (12) the lower the amount of higher level interpersonal control the higher the felt bureaucratic inflexibility (AXIOM);
- (13) the bigger the organization the higher the felt bureaucratic inflexibility (THEOREM);
- (14) the lower the amount of higher level interpersonal control the lower the tendency to participate (THEOREM);
- (15) the higher the felt bureaucratic inflexibility the lower the tendency to participate (AXIOM);
- (16) the bigger the organization the higher the lack of coordination (AXIOM);
- (17) the higher the lack of coordination the higher the felt bureaucratic inflexibility (AXIOM);
- (18) the higher the lack of coordination the lower the tendency to participate (THEOREM);
- (19) the bigger the organization the lower the tendency to participate (THEOREM);

SIZE	omvang van de organisatie
PART	neiging om te participeren
COMM	mate van onderling contact
CONT	mate van onpersoonlijke controle van bovenaf
SPEC	mate van functie- en taakspecialisatie
COOR	mate van gebrek aan coördinatie
INFL	mate van gevoelde bureaucratische inflexibiliteit
ATTR	mate van verstandhouding onderling
SATF	voldoening van eigen activiteiten in de organisatie

Tabel 4: De correlatietabel van Indik gebaseerd op data van een expeditiebedrijf

	SIZE	PART	COMM	CONT	SPEC	COOR	INFL	ATTR	SATF
SIZE		-.53	-.46	-.25	+.82	+.55	+.59	-.48	-.47
PART			+.36	+.32	-.53	-.46	-.69	+.30	+.51
COMM								+.41	
CONT							-.55		
SPEC									-.38
COOR							+.82		
INFL									
ATTR									
SATF									

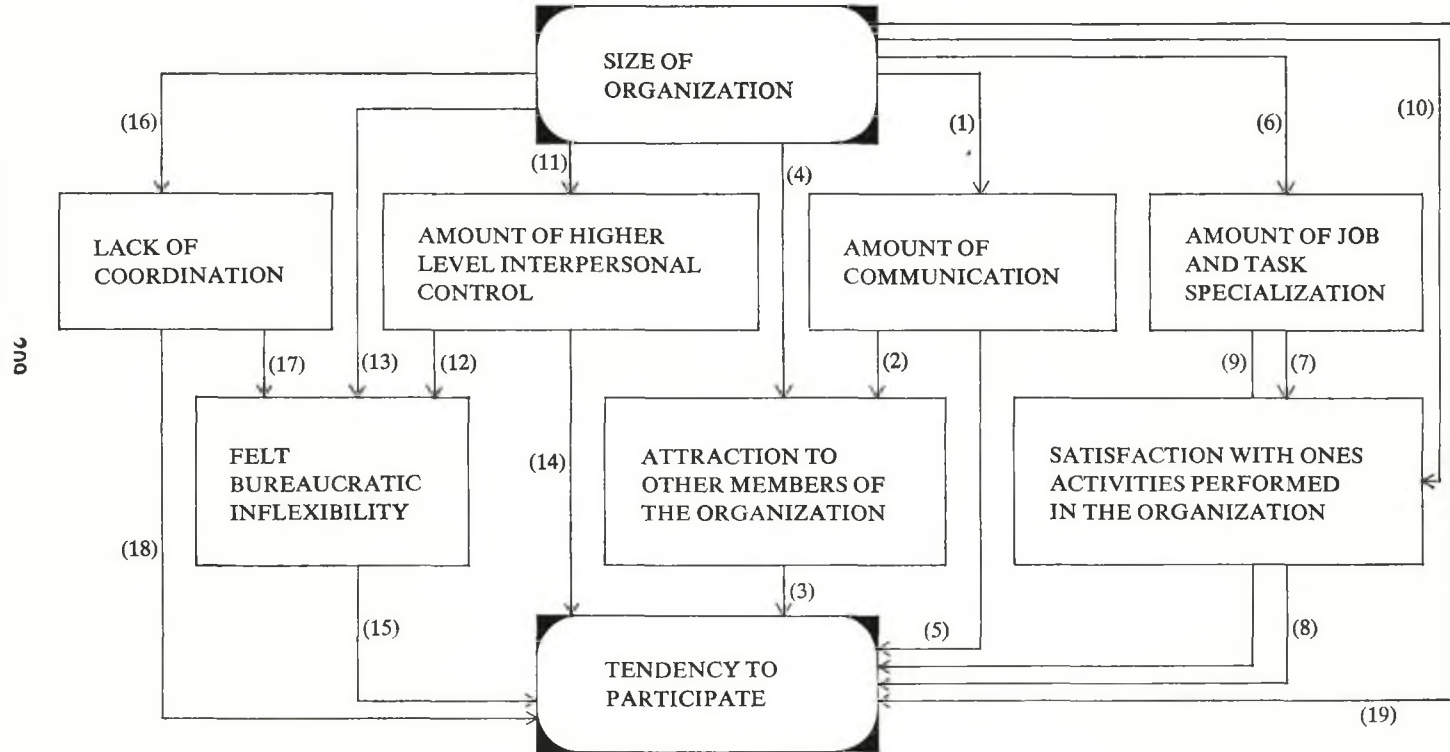
Deze experimentele resultaten in tabel 4 leidden ertoe dat Indik een statistische test hanteerde voor een keuze uit de vier hypothesen van figuur 1. Hij selecteerde de eerste in deze figuur als de meest verklarende. De ideeën van Lindenberg en Wenstøp die we hier toepassen gaan echter verder dan de selectie van losse hypothesen; hun ideeën behelzen het simultaan exploreren van een hoeveelheid samenhangende hypothesen. De vier hypothesen van Indik vertalen wij dan ook in een model (figuur 2) 'het gecombineerde causale model' genaamd en wij brengen de data van Indik in dit model door de verbale specificatie van de sterkte van de verbanden. Bij dit alles gaan we uit van de 19 uitspraken van tabel 3. Enige uitleg is hier op zijn plaats. Laten we eerst vaststellen dat de 19 uitspraken van tabel 3 in figuur 2 door genummerde pijlen weergegeven zijn. De 9 variabelen zoals gehanteerd in tabel 4 zijn in figuur 2 in een rechthoek geplaatst. De computer wordt gevoed met de namen van de variabelen van tabel 4 en een herformulering van de 19 uitspraken uit tabel 3. Echter, zoals de uitspraken in tabel 3 vermeld staan, zijn ze nog niet genoeg gestandaardiseerd om door de computer geëvalueerd te kunnen worden. Om een standaardformulering in Wenstøp's verbale modeltaal te krijgen, vertalen we tabel 3 met behulp van zijn grammatica. Dat gaat als volgt. Iedere zin in Wenstøp's verbale modeltaal moet de gedaante hebben volgens regel (1) van tabel 2, waarin X een der variabelen is uit tabel 4. X krijgt dus een niet-numerieke waarde uit de simulatie van de deelzin M. M op zijn beurt kan bestaan uit een zin met een woordje 'or', regel (2) van tabel 2, of een zin met een woordje 'if', regel (4) van tabel 2, terwijl de zinsdelen genaamd V en N nader gestructureerd worden in de regels (7), (8) en (5), (6) van Wenstøp. Deze grammatica van Wenstøp (tabel 2) aldus consequent toepassend, geeft tenslotte de herformulering in tabel 5 van Indik's theorie.

Merk op dat deze uiteindelijke formulering causaal is, namelijk de tijdsvolgorde speelt er een rol in met behulp van indices, Blalock⁸. Bijvoorbeeld: het

Tabel 5: De in Wenstøps modeltaal geherformuleerde theorie van Indik

1	$COMM_t$	$\leftarrow$ value	((sortof low) if ($SIZE_{t-1}$) is (very high))
2	$ATTR_t$	$\leftarrow$ value	((very low) if ($COMM_{t-1}$) is (sortof low)) or ((sortof low) if ($COMM_{t-1}$) is (very low)))
3	$PART_t$	$\leftarrow$ value	((very low) if ($ATTR_{t-1}$) is (sortof low)) or ((sortof low) if ($ATTR_{t-1}$) is (very low)))
4	$ATTR_t$	$\leftarrow$ value	((sortof low) if ($SIZE_{t-1}$) is (very high))
5	$PART_t$	$\leftarrow$ value	((very low) if ($COMM_{t-1}$) is (sortof low)) or ((sortof low) if ($COMM_{t-1}$) is (very low)))
6	$SPEC_t$	$\leftarrow$ value	((very high) if ($SIZE_{t-1}$) is (high)) or ((high) if ($SIZE_{t-1}$) is (very high)) or ((rather high) if ($SIZE_{t-1}$) is (sortof high)) or ((sortof high) if ($SIZE_{t-1}$) is (rather high)))
7	$SATF_t$	$\leftarrow$ value	((sortof low) if ($SPEC_{t-1}$) is (very high))
8	$PART_t$	$\leftarrow$ value	((very low) if ($SATF_{t-1}$) is (rather low)) or ((low) if ($SATF_{t-1}$) is (sortof low)) or ((rather low) if ($SATF_{t-1}$) is (very low)) or ((sortof low) if ($SATF_{t-1}$) is (low)))
9	$PART_t$	$\leftarrow$ value	((sortof low) if ($SPEC_{t-1}$) is (very high))
10	$SATF_t$	$\leftarrow$ value	((sortof low) if ($SIZE_{t-1}$) is (very high))
11	$CONT_t$	$\leftarrow$ value	((medium) if ($SIZE_{t-1}$) is (very high)) or ((undefined) if ($SIZE_{t-1}$) is (very low)))
12	$INFL_t$	$\leftarrow$ value	((very high) if ($CONT_{t-1}$) is (rather low)) or ((high) if ($CONT_{t-1}$) is (sortof low)) or ((rather high) if ($CONT_{t-1}$) is (low)))
13	$INFL_t$	$\leftarrow$ value	((sortof high) if ($SIZE_{t-1}$) is (very high))
14	$PART_t$	$\leftarrow$ value	((very low) if ($CONT_{t-1}$) is (sortof low)) or ((sortof low) if ($CONT_{t-1}$) is (very low)))
15	$PART_t$	$\leftarrow$ value	((rather low) if ($INFL_{t-1}$) is (very high)) or ((sortof low) if ($INFL_{t-1}$) is (high)) or ((very low) if ($INFL_{t-1}$) is (rather high)) or ((low) if ($INFL_{t-1}$) is (sortof high)))
16	$COOR_t$	$\leftarrow$ value	((very high) if ($SIZE_{t-1}$) is rather high)) or ((high) if ($SIZE_{t-1}$) is (sortof high)) or ((rather high) if ($SIZE_{t-1}$) is (very high)) or ((sortof high) if ($SIZE_{t-1}$) is (high)))
17	$INFL_t$	$\leftarrow$ value	((very high) if ($COOR_{t-1}$) is (high)) or ((high) if ($COOR_{t-1}$) is (very high)) or ((rather high) if ($COOR_{t-1}$) is (sortof high)) or ((sortof high) if ($COOR_{t-1}$) is (rather high)))
18	$PART_t$	$\leftarrow$ value	((sortof low) if ($COOR_{t-1}$) is (very high))
19	$PART_t$	$\leftarrow$ value	((rather low) if ($SIZE_{t-1}$) is (very high)) or ((sortof low) if ($SIZE_{t-1}$) is (high)) or ((very low) if ($SIZE_{t-1}$) is (rather high)) or ((low) if ($SIZE_{t-1}$) is (sortof high)))

Figuur 2: Het gecombineerde causale model



axioma (1) in tabel 3 dat zegt dat naarmate de organisatie groter is, de hoeveelheid communicatie minder wordt. Dezelfde uitspraak in de verbale modeltaal luidt:

de communicatie op tijdstip t ($COMM_t$) wordt min of meer (sortof) laag als de organisatiegrootte op het tijdstip daarvoor ($SIZE_{t-1}$) erg hoog is (uitspraak 1 in tabel 5).

Op deze wijze zijn de uitspraken in tabel 5 gemakkelijk te lezen, ook voor de computer en dat laatste is de bedoeling. Wat de computer er van maakt, van het 'simuleren' (of 'evalueren') van de uitspraken uit tabel 5 bespreken we hierna.

Resultaten van de simulatie

Met behulp van Wenstøp's grammatica hebben we Indik's theorie over participatie in organisaties uiteindelijk in een voor de computer begrijpelijke versie vertaald. Deze vertaling (tabel 5) werd dus ingepast en door het systematisch variëren van de organisatieomvang, dat wil zeggen van de variabele **SIZE**, gecombineerd met waarden voor de andere variabelen, hebben we inzicht verkregen in het gedrag van de resulterende participatie, dat is de variabele **PART**.

Het bleek dat als de organisatieomvang, dat is de variabele **SIZE**, op hoge waarden gezet werd, dan was de participatie **PART** altijd laag. Met afnemen van de waarde voor **SIZE** wordt **PART** beter; pas bij een middelmatige organisatiegrootte (waarde 'medium') geeft de computer aan dat de participatie dan min of meer laag zal zijn.

De organisatiegrootte heeft minder invloed op de mate van onderlinge communicatie **COMM**. In grote organisaties is deze min of meer laag.

Voor kleinere organisaties geeft de computer aan dat de mate van communicatie in het model ongedefinieerd is, dat wil zeggen niet afleidbaar met behulp van de verstrekte gegevens voor dit model.

De omvang van organisaties heeft invloed, volgens de simulatieresultaten, op de mate van functie en taakspecialisatie **SPEC**. In erg grote organisaties is de specialisatie ook hoog, terwijl middelgrote organisaties dit resultaat nog steeds te zien geven.

De onpersoonlijke controle **CONT** wordt volgens dit model niet of nauwelijks beïnvloed door de omvang van een organisatie. Dit is niet in overeenstemming met één van de vier van Indik's hypothesen.

Het gebrek aan coördinatie **COOR** varieert mee met de omvang van de organisatie, evenals de gevoelde bureaucratische inflexibiliteit **INFL**.

Voor grote organisaties geeft de computer aan dat de onderlinge verstandhouding **ATTR** min of meer laag is. Bij kleinere organisaties is **ATTR** onge-

definieerd, dus er is weinig invloed van SIZE op deze variabele.

De voldoening van eigen activiteiten in de organisatie (SATF) blijft min of meer laag voor iedere gesimuleerde organisatieomvang.

Samenvattend kunnen we stellen dat de voornaamste hypothese van Indik, dat is naarmate een organisatie groter wordt is er minder participatie, bevestigd wordt. Indik's ideeën over de directe invloed van organisatiegrootte op onpersoonlijke controle, onderlinge verstandhouding en voldoening van eigen activiteiten, worden door deze simulatie niet bevestigd. Dus drie van zijn negen variabelen kunnen we als minder ter zake doend afwijzen. Een heel wat genuanceerder resultaat dan Indik's eigen statistische test: deze discrimineerde slechts tussen de vier modellen van figuur 1. De ijking van Wenstøp's verbale modelvorming⁵ aan de hand van Indik's theorie door vergelijking met Indik's eigen resultaat is dus goed verlopen, Lindenberg's ideeën³ zijn toegepast.

Verwijzingen

- 1 Van der Zouwen, J., 'Tien jaar na Buckley', *Sociologische Gids* 77/2, pp. 119-132.
- 2 Zadeh, L., 'Fuzzy Sets', *Information and Control* 8, 1965, pp. 338-353.
- 3 Lindenberg, S., 'Simulation und Theoriebildung', in: H. Albert (ed.), *Sozialtheorie und soziale Praxis*, Mannheim, 1971, pp. 78-113.
- 4 Koppelaar, H., 'Vage verzamelingen voor Blok', *Sociologische Gids* 76/6, pp. 375-377.
- 5 Wenstøp, F., 'Deductive verbal models of organizations', *Journal of Man-Machine Studies*, 1976, pp. 293-304.
- 6 Indik, B. P., 'Organization Size and Member Participation', *Human Relations* 18, 1965, pp. 339-350.
- 7 Indik, B. P., 'Some effects of organization size on member attitudes and behavior', *Human Relations* 16, 1963, pp. 369-384.
- 8 Blalock, H. M., 'Theory Construction', Prentice-Hall inc., Englewood Cliffs, N.J., 1969.