

SYNERGIE VAN CAMEL EN MSE-MODELLERING BIJ KNELPUNTENANALYSE VAN HET BOERDERIJ-2000PROJECT

*F.W. van de Sande
H. Scholten
A.J. Udink ten Cate*

Vakgroep Informatica LUW
Dreijenplein 2, 6703 HB Wageningen
Telefoon 08370-84631/84460, telefax 08370-84731
e-mail: hscholten@rcl.wau.nl / udink@rcl.wau.nl

agro informatica 7(1) / februari 1994

Referaat

Sinds kort is er een hulpmiddel beschikbaar, genaamd CAMEL, voor het bouwen van conditionele causale modellen met als doel: kwalitatieve simulatie, diagnose en knelpuntenanalyse. Het ontwerpen van een CAMEL-model wordt aanzienlijk vereenvoudigd indien eerst een MSE-model van het systeem wordt gemaakt. Tevens wordt het CAMEL-model hierdoor consistent. Een knelpuntenanalyse van het Boerderij-2000project dient als voorbeeld van deze nieuwe methodologie.

Trefwoorden: CAMEL, MSE-modellering, knelpuntenanalyse, Boerderij-2000, conditionele causale redenering.

Inleiding

Veel wegen leiden naar Rome, maar niet alle wegen zijn even gemakkelijk begaanbaar of even veilig. Het is de kunst om de beste weg te kiezen. Hetzelfde geldt voor het maken van een model. Er zijn veel manieren om systemen te modelleren. Het is echter zaak om die methode te kiezen die het beste aansluit bij de gestelde eisen.

In deze bijdrage wordt een nieuwe methode geschetst om modellen te maken met behulp van het programma CAMEL en MSE-modellering. Van het systeem, beschreven in het Boerderij-2000project wordt met behulp van MSE-modellering een decompositie gemaakt. Dit model wordt door CAMEL gebruikt om een model te bouwen dat geschikt is voor simulatie en voor diagnose.

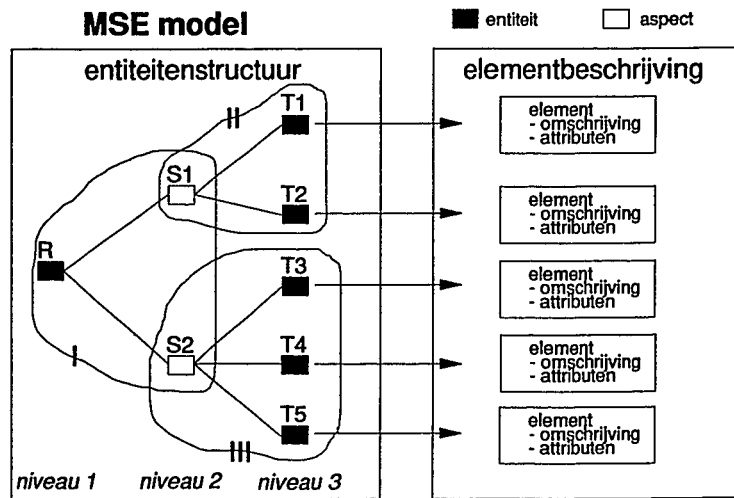
Multifaceted Structured Entity modelling (MSE-modellering)

De theorie van de 'system entity structure' (Rozenblit en Zeigler, 1986) vormt de grondslag voor de hiërarchische systeembeschrijving bij MSE-modellering. Het MSE-model is een specifiek entiteitenmodel en bestaat uit twee delen.

Het eerste deel is de entiteitenstructuur. Het model berust op decompositie in een hiërarchische boomstructuur. Hierin worden verschillende elementen onderscheiden. Een entiteit is een op zichzelf staand en duidelijk object (bijvoorbeeld een auto) dat wordt aangeduid door een aantal specialisaties (subklassen van de entiteit, bijvoorbeeld het automerk). Voorts worden bij elke entiteit één of meer aspecten onderscheiden, die de functionaliteit van de entiteit aangeven. Bij een auto zijn dat bijvoorbeeld het veiligheidsaspect en de fysieke aspecten (Udink ten Cate en Groeneveld, 1991).

De gehanteerde structuurregels of verbindingswetten tussen de elementen bestaan in principe uit twee hoofdregels. De eerste regel is dat een entiteit wordt gevolgd door één of meer aspecten en dat ieder aspect gevolgd wordt door één of meer entiteiten. De tweede regel is dat een entiteit naast één of meer aspecten ook gevolgd kan worden door één of meer specialisaties. Iedere specialisatie dient weer gevolgd te worden door één of meer aspecten. Daarnaast wordt nog gehanteerd dat een entiteitenstructuur altijd begint met een entiteit en dat de elementen op het laagste niveau een entiteit of een specialisatie zijn (Bokhoven, 1991).

Figuur 1 - Schema van een MSE-model



Het tweede deel van het MSE-model is de elementbeschrijving. Deze elementbeschrijving bestaat uit een omschrijving van het betreffende element en de attributen (attached variables) die aan een element toegekend worden (Bokhoven, 1991). In het MSE-model van het Boerderij2000 project is aan elk element slechts één attribuut toegekend. Het schema van een MSE-model staat in figuur 1.

Causal Model Environment and Laboratory (CAMEL)

Het tool CAMEL is ontworpen om op eenvoudige wijze conditionele causale modellen als beschreven in Schreinemakers (1991) te ontwikkelen. De techniek van conditioneel causaal modelleren is gebaseerd op het idee dat de richting van de causaliteit vast ligt. Deze richting kan beschreven worden met een pijl: $A \Rightarrow B$. Deze notatie betekent dat B causaal afhankelijk is van A en dat A niet direct causaal afhangt van B. Een conditie C staat dwars op de (causale) relatie tussen A en B en bepaalt de grootte van het effect van A op B. Een conditioneel causaal model bestaat uit een set van causaal afhankelijke variabelen, die een toestand of een toestandsverandering voorstellen in een bepaalde omgeving (Schakenraad, 1993). CAMEL-modellen worden voornamelijk gebruikt voor kwalitatief redeneren. Het is mogelijk om in een CAMEL-model een gelaagde structuur aan te brengen met verschillende niveaus

door middel van sub-modellen, sub-sub-modellen enz.

Een voorbeeld van een conditioneel causaal model aan de hand van Simon (op citaat, Tepp en Schreinemakers, 1991) zal het één en ander verduidelijken. Stel, we willen modelleren hoe de prijs van graan causaal afhankelijk is van de graanoogst en de grootte van het effect wordt bepaald door de bevolkingsomvang. Het graanprijsmodel bestaat dus uit drie elementen: GRAANOOGST (= A), PRIJS (= B) en BEVOLKINGSOMVANG (= C). Van elk element moet het domein gedefinieerd worden, bijvoorbeeld: GRAANOOGST {slecht, normaal, goed}, PRIJS {laag, gemiddeld, hoog} en BEVOLKINGSOMVANG {klein, groot}. Ieder element heeft op elk moment slechts één waarde. Als laatste moet de rekenfunctie 'prijsafhankelijkheid gedefinieerd worden met als input GRAANOOGST en BEVOLKINGSOMVANG en als output PRIJS. Deze rekenfunctie wordt in CAMEL geschreven in LISP-code (figuur 3). In figuur 2 staat het model met alle drie de elementen, de waarde van elk element en de rekenfunctie die in het model gebruikt wordt.

De uitkomstentabel (tabel 1) geeft alle mogelijke combinaties van waarden van GRAANOOGST en BEVOLKINGSOMVANG aan met de bijbehorende waarde van PRIJS en ziet er als volgt uit:

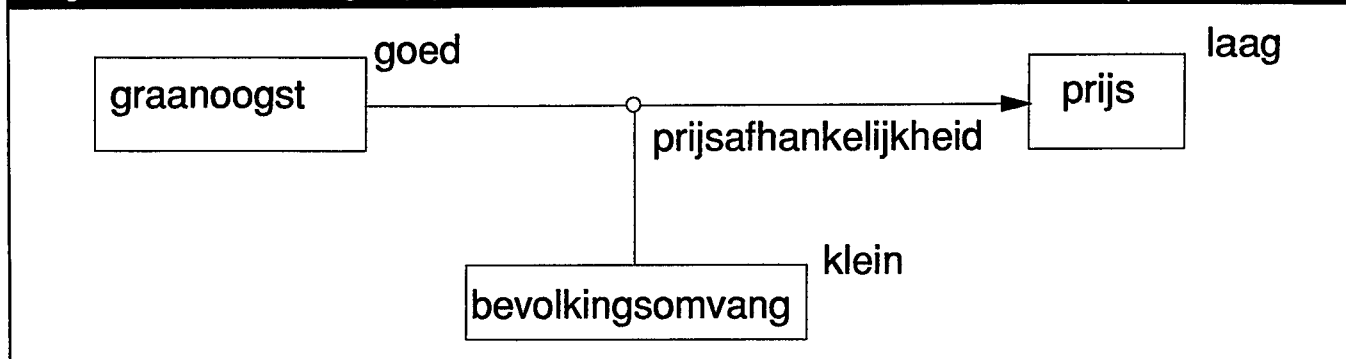
- Met CAMEL kan zowel simulatie (forward reasoning) als diagnose (back-

ward reasoning) plaatsvinden. Simulatie kan vanaf elke node in het model gestart worden en wordt gebruikt om te bepalen wat de effecten zijn van de waarden van de nodes op de toestand van het model. In dit voorbeeld kan simulatie gestart worden bij GRAANOOGST of BEVOLKINGSOMVANG om te onderzoeken wat de waarde is van PRIJS. Bijvoorbeeld GRAANOOGST heeft waarde 'goed', BEVOLKINGSOMVANG 'klein', dan wordt de waarde van PRIJS 'laag'.

- Backward reasoning (diagnose) wordt gebruikt om te bepalen welke toestanden van een model de oorzaak kunnen zijn van de waarde van een geselecteerde node. In dit voorbeeld kan diagnose gebruikt worden om te bepalen wat de oorzaak kan zijn van de waarde 'gemiddeld' van node PRIJS. Oplossing: GRAANOOGST 'goed' en BEVOLKINGSOMVANG 'groot' of GRAANOOGST 'normaal' en BEVOLKINGSOMVANG 'klein'. In dit kleine voorbeeld is het redeneren triviaal, maar bij grotere oplossingsruimten blijkt dat dit redeneren niet meer handmatig kan. Een programma als CAMEL is dan noodzakelijk.

CAMEL kan op een SUN-computer met Lucid of Allegro Common Lisp geïnstalleerd worden en ook op een 386 PC met MS Windows en Allegro Common Lisp. De PC moet minimaal 4 MB werkgeheugen hebben.

Figuur 2 - Voorbeeld van het graanprijsmodel, gemaakt met CAMEL



Boerderij-2000

In het Boerderij-2000project participeren het IMAG-DLO en de bedrijven Nedap, Vicon, Philips en het Nederlands Rundvee-Syndicaat (NRS). Het Boerderij-2000project beoogt voor de moderne melkveehouderij een lagere kostprijs en een hogere kwaliteit van de produktie. Dit kan door middel van een integraal, modulair op te bouwen, systeem van proces- en bedrijfsbeheersing en datacommunicatie.

Belangrijk is een automatisch melksysteem waardoor kwalitatief goede dieren in topconditie op de juiste manier worden gevoerd en meerdere keren per dag automatisch gemolken worden. Het ontwikkelen van een automatisch melksysteem is interessant omdat er tijdens het melken bijvoorbeeld ook automatisch gecontroleerd wordt op mastitis en tochtigheid. Zodoende krijgt het automatische melksysteem een meerwaarde. Andere items binnen het Boerderij-2000 project zijn geautomatiseerde individuele ruwvoerstrekking, tochtigheidsopsporing, mastitisbeleid en graslandbeheer (Groeneveld, 1991).

CAMEL en MSE-modellering en Boerderij-2000

Eerst is MSE-modellering toegepast op Boerderij-2000. Het resultaat is dat het Boerderij-2000 project wordt onderverdeeld in een hiërarchische boomstructuur, waarbij elk element een subproject is. Bij elk element wordt de waarde vermeld en dit geeft de moeilijkheidsgraad aan van de realisatie van het subproject. De waardenschaal bestaat uit zeven moeilijkheidsgraden, lopend van 'asfalt (= geen probleem)

tot en met 'barrière (= onmogelijkheid). De boom bestaat uit vier niveaus. Het volledig MSE-model van het Boerderij-2000project is beschreven in Groeneveld (1991).

De tweede stap bestaat uit het omzetten van het MSE-model in een CAMEL-model. De moeilijkheidsgraad van het model [i+1] (model op niveau i+1 van MSE-model; niveau 1 staat aan top van de MSE-boom, niveau n is het laagste niveau (zie figuur 1: n=3)) (A) veroorzaakt de moeilijkheidsgraad van het model [i] (B). Kortweg: A - B. Deze causale relatie is niet wederkerig (B -/ A). De A's en de B's en hun onderlinge relaties staan reeds beschreven in het MSE-model. De condities C, die de grootte van het effect van A op B bepalen, staan echter niet in het MSE-model. Deze condities moeten met de volgende veronderstellingen bepaald worden. De moeilijkheidsgraad van een project wordt lager naarmate er meer geld, menskracht, sterkere computers, kortom meer capaciteit aanwezig is. Capaciteit wordt derhalve beschouwd als een conditie die de grootte van de invloed van een sub-project [i+1] op een project [i] bepaalt. Aangezien de capaciteit van een project van buiten het systeem wordt bepaald, geldt de capaciteit als een stuurvariabele in het model. Door de capaciteit bij een sub-project te verhogen wordt de moeilijkheidsgraad niet alleen bij het sub-project lager, maar ook bij het totale project.

Het verkregen MSE-model bestaat uit een aantal (aggregatie)niveaus. Ieder element op een niveau i wordt opgesplitst in zijn componenten die worden weergegeven op niveau i+1. De elementen van niveau i+1 (de oorzaken: A's) hebben ieder een afzon-

derlijke causale relatie met één element op niveau i (het gevolg: B). De B kan echter wel meer A's onder zich hebben (één gevolg kan meer oorzaken hebben). Daarna worden bij elke relatie tussen een A en de B één of meer condities (C's) geplaatst. Alle relaties tussen de B en de A's en de C's vormen tezamen één CAMEL-deelmodel. Dit betekent dat elk element van het MSE-model, behalve de elementen van het laagste niveau (niveau 3 in figuur 1), een CAMEL-deelmodel vormt. Het MSE-model uit figuur 1 kan dus omgezet worden in drie CAMEL-deelmodellen: deelmodel I [i=1]: {S1, S2 (de oorzaken), R (het gevolg)}, deelmodel II [i+1]: {T1, T2 (de oorzaken), S1 (het gevolg)} en deelmodel III [i+1]: {T3, T4, T5 (de oorzaken), S2 (het gevolg)}. Deze drie deelmodellen vormen tezamen het CAMEL-model. Bij alle drie CAMEL-deelmodellen ontbreken echter nog de condities (de C's), want deze staan niet beschreven in het MSE-model.

Een voorbeeld van zo'n CAMEL-deelmodel uit Boerderij-2000 staat in figuur 4. Het deelmodel [i=3] heet 3-INDVOEREN en dat is een Boerderij-2000 project op niveau 3 voor het ontwerpen van een automatisch INDIVIDUEEL VOERSYSTEEM De moeilijkheidsgraad van dit project (de waarde van het gevolg-element: AUT.IND.VOERSYSTEEMPROJ.) is een 'berg (= groot/belangrijk probleem). Er worden drie oorzaken genoemd:

- IND.KRACHTVOERPROJ. (het subPROJECT voor de ontwikkeling van een INDIVIDUEEL KRACHTVOERvoedingsstelsel) met als waarde 'asfalt (= geen probleem);
- IND.RUWVOERPROJ. (het subPROJECT met als onderwerp de ontwikke-

Figuur 3 - Voorbeeld van de rekenfunctie 'prijzafhankelijkheid, geschreven in LISP-code

```
(defun prijsafhankelijkheid (graanoogst &key bevolkingsomvang)
  (cond ((and (equal graanoogst 'goed) (equal bevolkingsomvang 'klein)) 'laag)
        ((and (equal graanoogst 'goed) (equal bevolkingsomvang 'groot)) 'gemiddeld)
        ((and (equal graanoogst 'normaal) (equal bevolkingsomvang 'klein)) 'gemiddeld)
        ((and (equal graanoogst 'normaal) (equal bevolkingsomvang 'groot)) 'hoog)
        (t 'hoog)))
```

ling van een INDIVIDUEEL RUWVOER-voederingsysteem) met als waarde 'berg (= groot/belangrijk probleem);

- VOERLEVERINGPROJ. (het sub-PROJECT voor de ontwikkeling van een systeem voor de LEVERING van het VOER van de bron naar de koe) met als waarde 'klinkers (= weinig probleem).

De condities bij de relaties zijn CAP1, CAP2 en CAP3 (CAPaciteit 1, 2 en 3). Deze hebben allen de waarde 'weinig-geld. De elementen IND.KRACHTVOERPROJ. en IND.RUWVOERPROJ. zijn dubbel omljnd want onder deze nodes hangen sub-modellen [i+1]. Met simulatie wordt nu bepaald wat de toestand van het deelmodel (= de waarde van AUT.IND.VOERSYSTEEMPROJ.) is indien één node van waarde verandert. Met diagnose wordt bepaald onder welke voorwaarden de node AUT.IND.VOERSYSTEEMPROJ. de waarde 'berg aanneemt.

Het is niet doenlijk om van dit deelmodel een uitkomstentabel te tonen. Er zijn zo veel elementen met zulke grote domeinen dat het aantal mogelijke combinaties tussen de elementen enorm groot is. Een overzicht van de domeinen staat in de tabellen 2 en 3. Het aantal mogelijke combinaties

van het deelmodel 3-INDVOEREN is $7 \times 7 \times 7 \times 2 \times 2 \times 2 = 2744$, dus het aantal domein-elementen met elkaar vermenigvuldigd. Het hele Boerderij-2000 project bestaat uit 23 deelmodellen met een nog veel grotere hoeveelheid aan mogelijke combinaties. De grote kracht van CAMEL is deze combinaties op overzichtelijke wijze te representeren en dan door te rekenen.

Alle condities (C) hebben hetzelfde domein en alle elementen (A, B) van Boerderij-2000 hebben een identiek domein. Alle relaties zijn op dezelfde wijze gedefinieerd. Daarom zijn er slechts twee rekenfuncties voor alle modellen nodig. De functie CAP-INVL berekent de INVLoed van de conditie CAPaciteit op de relatie en de functie MAXKIEZEN bekijkt de verschillende inputs en KIEST de MAXimale (zie figuur 5). Deze functies worden slechts éénmaal gedefinieerd en daarna opgeslagen in een bibliotheek-file. Deze wordt automatisch geladen bij het opstarten van CAMEL.

Knelpuntenanalyse

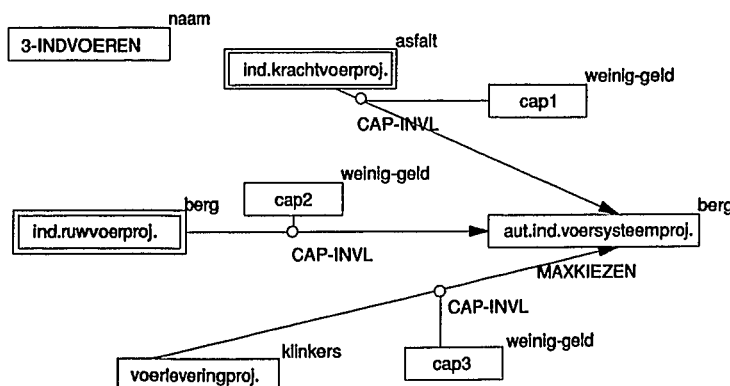
Met het model 3-INDVOEREN (figuur 4) wordt een knelpuntenanalyse uitgevoerd. Dit wordt uitgevoerd met diagnose. Diagnose geeft de elementen met waarden aan,

die relevant zijn voor het verklaren van de status van het model (de waarde van het gevolg-element: AUT.IND.VOERSYSTEEMPROJ.). De elementen met de bijbehorende waarde worden zwart afgebeeld op het scherm. De waarden van de elementen die wit zijn afgebeeld hebben dus geen invloed op de waarde van het gevolg-element.

In het voorbeeld zijn de condities CAP1, CAP2 en CAP3 de sturingsmogelijkheden (de waarde van deze elementen is dus variabel en kan bepaald worden van buiten het model) terwijl de oorzaak-elementen autonoom zijn. Bij de knelpuntenanalyse wordt de waarde van het gevolg-element (AUT.IND.VOERSYSTEEMPROJ.) één niveau lager gezet (van 'berg naar 'heuvel) en de overige elementen blijven gelijk. Bij een knelpuntenanalyse mogen alleen de sturingsvariabelen veranderen dus de overige elementen (IND.KRACHTVOERPROJ., IND.RUWVOERPROJ. en VOERLEVERINGPROJ.) moeten gelijk blijven. CAMEL biedt hiertoe de optie "constant" en de waarde van deze elementen verandert tijdens de diagnose niet.

De enige oplossing die diagnose geeft bij dit voorbeeld is CAP2 met waarde 'veel-geld en IND.RUWVOERPROJ. met waar-

Figuur 4 - Het CAMEL-deelmodel 3-INDVOEREN



Figuur 5 - De bibliotheek-file bestaande uit de functies CAP-INVL en MAXKIEZEN

```
(defun cap-invl (value &rest arguments)
  (cond ((equal value 'barrière) 'barrière)
        ((and (equal value 'alp) (equal (second arguments) 'veel-geld)) 'berg)
        ((and (equal value 'berg) (equal (second arguments) 'veel-geld)) 'heuvel)
        ((and (equal value 'heuvel) (equal (second arguments) 'veel-geld)) 'drempel)
        ((and (equal value 'drempel) (equal (second arguments) 'veel-geld)) 'klinkers)
        ((and (equal value 'klinkers) (equal (second arguments) 'veel-geld)) 'asfalt)
        (t value)))
(defun maxkiezen (waarde1 waarde2)
  (cond ((or (equal waarde1 'barrière) (equal waarde2 'barrière)) 'barrière)
        ((or (equal waarde1 'alp) (equal waarde2 'alp)) 'alp)
        ((or (equal waarde1 'berg) (equal waarde2 'berg)) 'berg)
        ((or (equal waarde1 'heuvel) (equal waarde2 'heuvel)) 'heuvel)
        ((or (equal waarde1 'drempel) (equal waarde2 'drempel)) 'drempel)
        ((or (equal waarde1 'klinkers) (equal waarde2 'klinkers)) 'klinkers)
        (t 'asfalt)))
```

agro informatica 7(1) / februari 1994

de 'berg. Alleen onder deze voorwaarden neemt AUT.IND.VOERSYSTEEMPROJ. de waarde 'heuvel aan. De knelpunten/oorzaken van AUT.IND.VOERSYSTEEMPROJ. met waarde 'berg zijn dus CAP2 met waarde 'weinig-geld en IND.RUWVOERPROJ. met waarde 'berg. Alleen het sturingselement CAP2 is een beïnvloedbaar knelpunt. In de praktijk betekent dit dat als er meer capaciteit wordt toegekend aan het "individueel ruwvoerproject" [i+1], dan zal niet alleen dit project een lagere moeilijkheidsgraad krijgen maar ook het project "automatisch individueel voersysteem" [i] krijgt een lagere moeilijkheidsgraad. Dus ook dit project wordt makkelijker en sneller afgerond. Dit kan weer gevolgen hebben voor het project op niveau [i-1] (indien project [i] een knelpunt is van project [i-1]) en zodoende voor het totale project.

Voordelen van MSE en CAMEL

Het tool CAMEL is een geschikt hulpmiddel voor kwalitatieve simulatie en diagnose van conditionele causale modellen. De diagnose-optie biedt de mogelijkheid om een knelpuntenanalyse uit te voeren. Door het gebruik van condities worden sturings-elementen in het model gebracht die van waarde zijn bij deze analyse. CAMEL heeft een duidelijke grafische interface en is snel te leren.

Het maken van CAMEL-modellen rechtstreeks vanuit de werkelijkheid is moei-

lijk. Indien vijf mensen een CAMEL-model maken van een systeem, dan komen er vijf verschillende CAMEL-modellen. Wanneer daarentegen vijf mensen een CAMEL-model van een MSE-model maken, dan is het resultaat vijf min of meer gelijke CAMEL-modellen. Met name het bepalen van de elementen en de relaties tussen de elementen en het definiëren van verschillende niveaus is lastig. Daarom is het raadzaam eerst een MSE-model te maken. De stap om van een reëel systeem een MSE-model te maken verloopt vaak goed. Met MSE-modellering is reeds een aantal jaren ervaring. Het MSE-model biedt de structuur van het CAMEL-model. Dit zijn de elementen (afgezien van de condities), het domein, de verschillende niveaus en de relaties tussen de elementen.

Een tweede voordeel om eerst MSE te gebruiken en pas daarna een CAMEL is omdat een MSE-model meer context biedt dan een CAMEL-model. Een MSE-model behoort namelijk een uitgebreide elementenbeschrijving te hebben en is statisch. Daardoor is een MSE-model sneller te begrijpen door een externe deskundige en dus beter geschikt om als "discussiestuk" te dienen voor deskundigen omtrent de vraag of het model realistisch is.

Nadelen van MSE en CAMEL

Belangrijk is het om onderscheid te maken tussen de structurele en tijdelijke nadelen. Van tijdelijke aard is dat het tool CAMEL

nog nieuw is en in ontwikkeling. Er komen nog steeds nieuwe opties bij. Dit heeft soms wel een aantal vervelende consequenties. De meest recente handleiding is van 1991 en sterk verouderd. Er is nog relatief weinig ervaring met CAMEL en derhalve is er ook nog weinig literatuur over verschenen. Ook is er nog geen standaard methode bekend om de modellen te valideren. Er zijn nu reeds drie stadia aan te wijzen waarna validatie plaats moet vinden.

De eerste validatie dient te gebeuren na de afronding van het MSE-model. Bekeken moet worden of het MSE-model een realistisch beeld van de werkelijkheid geeft. De tweede validatie bestaat uit een technische verificatie van het omzetten van het MSE naar het CAMEL-model. Bij deze stap wordt niet gelet op inhoudelijke aspecten. De derde validatie betreft het inhoudelijke CAMEL-model, over vragen als: "zijn de resultaten van simulatie en diagnose realistisch", "is het CAMEL-model consistent" en "is het model een zinvolle afspiegeling van de werkelijkheid".

Structureel is dat het maken van een MSE-model bewerkelijk is. De methode is niet moeilijk, maar vraagt wel tijd. Het onderscheid tussen entiteiten en aspecten is van wezenlijk belang in het MSE-model maar bij het CAMEL-model is dit onderscheid verdwenen. Er treedt dus verlies van informatie op. Een mogelijk bezwaar van CAMEL is dat alle code in CAMEL in LISP geschreven moet worden.

BEVOLKINGSOMVANG	GRAANOOGST		
	goed	normaal	slecht
klein	laag	gemiddeld	hoog
groot	gemiddeld	hoog	hoog

Tabel 1. Uitkomstentabel van de rekenfunctie 'prijzafhankelijkheid'.

CAP1	CAP2	CAP3
veel-geld	veel-geld	veel-geld
weinig-geld	weinig-geld	weinig-geld

Tabel 2. Domeinen van CAP1, CAP2 en CAP3.

IND.KRACHT-VOERPROJ.	IND.RUWVOER-PROJ.	VOERLEVERING-PROJ.	AUT.IND.VOER-SYSTEEMPROJ.
barrière	barrière	barrière	barrière
alp	alp	alp	alp
berg	berg	berg	berg
heuvel	heuvel	heuvel	heuvel
drempel	drempel	drempel	drempel
klinkers	klinkers	klinkers	klinkers
asfalt	asfalt	asfalt	asfalt

Tabel 3. Domeinen van IND.KRACHTVOERPROJ., IND.RUWVOERPROJ., VOERLEVERINGPROJ. en AUT.IND.VOERSYSTEEMPROJ.

Literatuur

BOKHOVEN, J.M.J. VAN (1991)

Systeemkundige analyse van 'gesloten bedrijfssystemen glastuinbouw' als beleidsprobleem. Afstudeerscriptie Informatica en Tuinbouwplantenteelt, LandbouwUniversiteit, Wageningen.

GROENEVELD, H. (1991)

Hiërarchische systeembeschrijving; een nieuwe kijk op entiteit, aspect, attribuut en kwalificatie. Afstudeerscriptie Informatica, LandbouwUniversiteit, Wageningen.

ROZENBLIT, J.W., B.P. ZEIGLER (1986).

Entity-based structures for model and experimental frame construction.

In: Modelling and Simulation

Methodology in the Artificial Intelligence Era, M.S. Elzas, T.I. Oren en B.P. Zeigler (eds), North-Holland, Amsterdam, pag. 79-100.

SCHAKENRAAD, M.H.W. (1993)

A multi level conditional causal model for planning and diagnosis of farm performance. In: AI in Agriculture, Natural Resources and Environmental Sciences, Workshop W25 IJCAI '93, Chambéry.

SCHREINEMAKERS, J.F. (1991)

Pattern recognition and symbolic approaches to diagnosis. Dissertatie faculteit bedrijfskunde, Erasmus Universiteit Rotterdam, Delft.

TEPP, D.M. & J.F. SCHREINEMAKERS (1991)

CAMEL, Causal Model Environment and Laboratory. Management Report Series nr. 97, Faculteit Bedrijfskunde, Erasmus Universiteit, Rotterdam.

UDINK TEN CATE, A.J. & GROENEVELD, H. (1991)

Semantisch model van de kritische succesfactoren van het Boerderij-2000-project. In: Agro-informaticareeks nr 5, pag. 17-24.