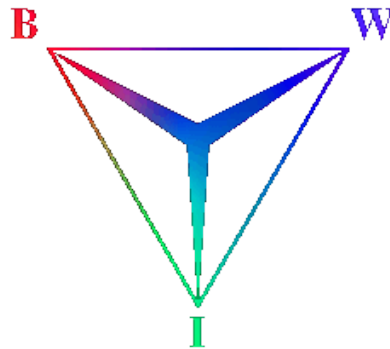


Simulatie en analyse van sociaal economische processen.

Wiskundige modellen vs. multi agent modellen.



Vrije Universiteit
Faculteit der Exacte Wetenschappen
De Boelelaan 1081

R.P. van der Ark
BWI-Werkstuk
Juli 2003

Begeleidster: Dr. C.M. Jonker

Voorwoord

Voor de studie Bedrijfs Wiskunde en Informatica is het vak Werkstuk BWI een verplicht onderdeel. Dit vak behelst het ontwikkelen van een werkstuk aan de hand van bijvoorbeeld een literatuur studie. Het onderwerp 'simulaties' heeft mij altijd geboeid, en mede daarom heb ik dit onderwerp gekozen. Niet eerder heb ik een literatuur studie gedaan en het onderzoek naar literatuur is dan ook zeer leerzaam geweest.

Dit verslag is niet compleet zonder het bedanken van mijn begeleidster Catholijn Jonker. Dankzij haar kennis, inzet, tijd en geduld kon dit werkstuk worden wat het is. Ook René Swarttouw en Miriam Maela wil ik hierbij bedanken voor de steun die zij mij hebben gegeven.

Samenvatting

Sociaal-economische processen vragen voorspellingen. Tot op heden is het niet gelukt om belangrijke gebeurtenissen te voorspellen. In dit werkstuk wordt een mogelijke oorzaak bekeken. Misschien ligt de oorzaak van het niet juist kunnen voorspellen aan de keuze van de gebruikte modellen, het blijkt dat veel van deze modellen centralistisch van aard zijn. De gedachte ontstaat om een decentralistisch model zoals Multi Agent Systems (MAS) te gebruiken.

Deze overstap, van centralistisch naar decentralistisch, heeft tot gevolg dat de validatie en verificatie een verschuiving laat zien, van validatie van historische gegevens naar validatie van een verzameling van regels waarop het model gebaseerd is.

In de voorspellingstheorie zullen de decentralistische modellen zeker een goede bijdrage kunnen leveren en meegenomen moeten worden bij de keuze van het model.

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Samenvatting	iii
Inhoudsopgave	v
1.	Inleidingi
2.	Wiskundige voorspellingstechniekiii
2.1.	Inleidingiii
2.2.	Voorbeeld.....iii
2.3.	Stappenplaniii
3.	Komen tot een verzameling van modellenv
3.1.	Inleiding.....v
3.2.	Beslissingsboomv
3.3.	Nadeel.....vii
3.4.	Samenvatting.....viii
3.5.	(De)Centralistische aanpak.....viii
4.	Multi Agent Systemsix
4.1.	Inleiding.....ix
4.2.	Voorbeeld van MASix
4.3.	Voor- en nadelen MASix
4.3.1.	Valkuil.....ix
4.4.	Wat is een goed MAS.x
4.5.	Verificatie en validatie MASx
4.6.	Onderhoud en hergebruikxi
4.7.	Toepassingen Multi Agent Systems.....xi
5.	Discussie.....xiii
5.1.	Afhankelijkhedenxiii
5.2.	Verificatie en validatie.....xiii
5.3.	Hergebruikxiv
6.	Conclusies en aanbevelingen.....xv
A.	Referenties.....xvii

1. Inleiding

Het doel van dit werkstuk is te onderzoeken hoe we sociaal economische processen in de wetenschap zo exact mogelijk kunnen verklaren en voorspellen. In dit werkstuk zullen hiervoor twee invalshoeken belicht worden.

Ten eerste wordt uitgegaan van de toegepaste, voorspellende wiskunde. Deze methode gaat uit van de werkelijkheid. Op grond van wat er in de werkelijkheid gebeurt wordt een verzameling modellen gekozen die verklarend zou kunnen zijn voor deze werkelijkheid. Hierna wordt op basis van die modellen, besloten welke data verzameld moeten worden die relevant zouden kunnen zijn voor het voorspellen of verklaren van de sociaal economische processen. Met deze verdeling, dus het model, kan men voorspellingen doen. Daarnaast is heel duidelijk vast te stellen hoe betrouwbaar en valide de methode is, omdat dit uit het model volgt. De modellen zijn dus heel breed en geven impliciet al aan welke situatie met het model kan worden bestudeerd en hoe goed de uitkomst aansluit bij de werkelijkheid. Deze voorspellingen die volgen uit de berekeningen met het model, kunnen weer toegepast worden op de praktijk, door middel van simulaties, waar bijvoorbeeld in het bedrijfsleven gebruik van gemaakt kan worden. Denk hierbij aan voorspellingen van hoeveelheid omzet, hoeveelheid klanten, verwachte prijsindexcijfers etc. In dit werkstuk zullen enkele wiskundige modellen worden beschreven ter illustratie van de voorspellingskracht van deze modellen.

Om zo'n wiskundig model te kunnen gebruiken zijn vaak voorwaarden gesteld. Als deze voorwaarden voldoen dan is het model zeer betrouwbaar en heeft het een hoge mate van kwaliteit. Scott Moss laat in zijn artikel [8] zien dat de bovengenoemde methode echter een groot nadeel heeft. Deze methode past namelijk vaak te weinig bij de werkelijkheid. In praktijk zijn deze voorwaarden niet of moeilijk te bewijzen. Als dit het geval is, dan moet gezocht worden naar een ander model. Is er geen ander model, dan bestaat soms de mogelijkheid om de data aan te passen, maar men zal dan ongetwijfeld verder verwijderd raken van de werkelijkheid. Een andere optie is om te zoeken naar het minst slechte model. In alle gevallen waarin de voorwaarden problemen op leveren zal elk model onderzocht moeten worden op kwaliteit en betrouwbaarheid voor de toepassing. Dit zal gebeuren met een gedeelte van de beschikbare data, welke niet meer kan worden gebruikt bij de uiteindelijke voorspelling. Dus de voorspelling wordt gebaseerd op minder data en op een model dat niet correct functioneert. Werkt ook deze aanpak niet, dan moeten er nieuwe modellen geconstrueerd worden voordat de werkelijkheid juist geïnterpreteerd kan worden.

Wat kan de reden zijn dat deze methode in praktijk vaak niet toe te passen is? Dit kan ermee te maken hebben dat al deze theorieën een centralistische aanpak hebben. Alle interacties tussen alle, van belang zijnde, componenten moeten bekend zijn. Dus gaan we als alternatief een decentralistisch model bekijken.

Een Multi Agent System (MAS) is zo'n decentralistisch model. Een MAS voorspelt op basis van individuele acties van componenten in plaats van interacties tussen componenten. Dit kan weliswaar complexer zijn, maar wel beter aansluiten bij de werkelijkheid.

In Hoofdstuk 5 worden de beide aanpakken met elkaar verleden.

2. Wiskundige voorspellingstechniek

2.1. Inleiding

Ieder bedrijf of onderneming komt op een punt dat er beslissingen gemaakt moeten worden. Nemen we nieuwe mensen aan, ontslaan we mensen of blijven we werken met de huidige bezetting. Of geven we de mogelijkheid om cursussen of opleidingen te volgen. Nemen we alle nieuwe opdrachten aan of moeten we ook denken aan onderzoek en ontwikkeling van nieuwe en bestaande producten.

De vraag is telkens nemen we actie of niet en zo ja, welke actie. Vaak is de keuze tot wel of geen actie nemen gebaseerd op gegevens uit het verleden. Bijvoorbeeld het winstcijfer. Onze winst van dit jaar is lager dan de winst van vorig jaar. De vraag is dan hoe komt dat en wat doen we eraan. De hoe-komt-dat vraag is weliswaar complex maar vaak wel te verklaren door goed na te gaan wat er afgelopen tijd gebeurd is. Bijvoorbeeld kan blijken dat de marktpositie van de concurrenten 'sterker' is geworden. Dan is er nog de wat-doen-we-er-aan vraag. Als we precies wisten wat er in de toekomst zou gaan gebeuren, dan zou de wat-doen-we-er-aan vraag eenvoudig te beantwoorden zijn. Maar de toekomst weten we niet, dus moeten we een voorspelling maken.

2.2. Voorbeeld

Laten we een charterbedrijf als voorbeeld nemen. Stel dat dit charterbedrijf wil weten hoeveel vliegtuigen het volgend jaar nodig heeft. Om deze beslissing te kunnen maken is het handig om te weten hoeveel passagiers het charterbedrijf volgend jaar heeft. Het charterbedrijf heeft waarschijnlijk de afgelopen jaren gegevens bijgehouden over het aantal passagiers dat met hun maatschappij heeft gevlogen. Of anders is dat uit archieven of databases en dergelijke te verkrijgen.

2.3. Stappenplan

In de wiskunde bestaan er modellen die, uitgaande van gegevens uit het verleden, een extrapolatie kunnen maken naar de toekomst. In Hoofdstuk 3 wordt een aanzet gegeven tot een overzicht van mogelijke modellen. Zo zijn er de tijdreeks modellen. Deze modellen bestaan uit meerdere varianten zoals met en zonder trend- en seizoenseffecten. Ieder met zijn specifieke eigenschappen en nauwkeurigheid maar ook met voorwaarden om het model te gebruiken.

Het is dan de bedoeling om dat model te kiezen dat qua eigenschappen en nauwkeurigheid van het model het beste past bij het bedrijf. Daarna moeten we onderzoeken of ook de voorwaarden, die nodig zijn voor het gebruik van het model, voldoen. Hierna kan het model uitgevoerd worden en een voorspelling gemaakt worden waarop het bedrijf zijn beslissing kan maken.

De gang van zaken in dit voorbeeld doorloopt de volgende stappen:

1. gegeven een (praktisch) probleem,
2. analyseer het probleem en kom tot een verzameling van modellen,
3. controleer het nut van het model voor het bedrijf,
4. controleer de voorwaarden van het gebruik van het model en
5. maak de voorspelling.

Dit voorbeeld is er maar een van de vele. Men kan ook denken aan elk ander gegeven waar men een voorspelling van wil verkrijgen. Dat maakt het al wat interessanter en breder inzetbaar. Echter is stap 2 nog wat erg vaag. We gaan in het volgende hoofdstuk dan ook kijken hoe men tot een dergelijke verzameling van modellen komt.

3. Komen tot een verzameling van modellen

3.1. Inleiding

Steeds als men een (praktisch) probleem probeert te doorgronden houdt de wiskundige onder andere een soort van 'beslissingsboom' in zijn achterhoofd. Deze beslissingsboom bevat alle bekende modellen, die ieder zijn specifieke toepassingskracht en voorwaarden hebben. Door tijdens een interview, of andere fase in het proces tot het komen van een model, telkens de beslissingsboom in gedachte te houden, kan de wiskundige toegespitste vragen stellen. Deze vragen kunnen duidelijkheid geven aan de vraag welke verzameling van modellen gebruikt kan worden.

3.2. Beslissingsboom

De hierna genoemde indeling van modellen bevat slechts een klein deel van alle mogelijke modellen. De reden dat er maar een klein deel van alle modellen wordt besproken is meerzijdig. Enerzijds omdat voor dit verslag alleen de idee van de 'beslissingsboom' bekend moet zijn. Anderzijds omdat er zoveel modellen zijn, dat het een apart onderzoeksgebied zou kunnen zijn en omdat ik zelf geen wiskundige ben en dus lang niet alle modellen ken.

Waarom dan toch nog zoveel modellen? Dat heeft er mee te maken dat ik wil laten zien dat het stappenplan van hoofdstuk 2 voor veel modellen geldt. En dus dat dit stappenplan een veel voorkomende manier van werken in de wiskunde is.

De beslissingsboom:

1. Kwalitatieve methoden

Als er weinig gegevens beschikbaar zijn kan men een beroep doen op de deskundigheid van menselijke beoordelingsvermogens. Aan de hand van classificatieschema's kunnen kwalitatieve gegevens worden omgezet in kwantitatieve schattingen.

1.1. Delphi-methode

Via enquêtes worden deskundigen ondervraagd. De uitkomst van elke enquête wordt verwerkt tot een volgende enquête en tegelijkertijd wordt de verzamelde informatie over alle deskundigen verspreid. Uiteindelijk zal iedere deskundige een gelijk beeld hebben van de kennis.

Door de anonimiteit wordt voorkomen dat een deskundige met een hoog aanzien bij voorbaat wordt geloofd boven een deskundige met minder prestige.

1.1.1. Toepassing

De accuratesse is redelijk groot en omslagpunten kunnen redelijk goed worden voorspeld.

1.1.2. Voorbeeld

Deze methode kan gebruikt worden om tijdschattingen van toekomstige gebeurtenissen te maken als mede voorspellingen van politieke en sociale ontwikkelingen te maken.

1.2. Historische analogie

Hier wordt gekeken of de gewenste voorspelling, overeenkomst vertoont met al correct werkende voorspellingen.

1.2.1. Toepassing

Deze methode heeft geen goede prestatie als het gaat om omslagpunten.

1.2.2. Voorbeeld

Denk hierbij aan de verkoop van de kleuren televisie in vergelijking met de zwart-wit televisie.

2. Tijdreeksanalyses

Op basis van betrouwbare gegevens over het verleden, met daarin duidelijke en stabiele verbanden en ontwikkelingen, wordt via extrapolatie een voorspelling gemaakt van de toekomst op basis van deze geschiedenis.

2.1. Toepassing tijdreeksanalyses

Omslagpunten zijn slecht te voorspellen met tijdreeksen.

2.2. Trendprojectie

Geprobeerd wordt om een reeks gegevens over een periode om te zetten in een wiskundige vergelijking die een trend volgt.

2.2.1. Toepassing

De accuratesse van de voorspelling op korte en lange termijn is goed. Echter kunnen omslagpunten niet worden voorspeld.

2.3. X-II Methode

Bij dit model worden ook gegevens uit het verleden geanalyseerd. Nu wordt er vooral gekeken naar seizoensbewegingen, trends en onregelmatigheden. Een computer is een vereiste aangezien het aantal berekeningen zeer groot is.

2.3.1. Toepassing

Voor de korte termijn (ongeveer 1 á 2 jaar) is de voorspelling goed ook de omslagpunten worden goed voorspeld. Voor de lange termijn is deze methode minder geschikt.

3. Causale modellen

Als er voldoende gegevens beschikbaar zijn en er een expliciete relatie vastgesteld is tussen de grootheid die voorspeld moet worden en de onafhankelijke variabelen, kan een causaal model toegepast worden.

3.1. Toepassing van causale modellen

Voor de lange termijn voorspellingen is goed. Ook worden omslagpunten juist voorspeld. Echter zullen de 'kosten' zeer hoog zijn om een hoge nauwkeurigheid te bereiken. Denk aan vier keer zoveel gegevens voor een twee keer zo betrouwbaar antwoord en de wachttijd tot het antwoord van een analyse wordt bij vier keer zoveel gegevens ook langer.

3.2. Econometrisch model

Een model dat gevormd wordt door een verzameling van interdependente regressievergelijkingen.

3.2.1. Toepassing

Oorzakelijke verbanden worden zichtbaar door het geheel van de regressievergelijkingen. Voor de korte en lange termijn is de uitkomst nauwkeurig.

3.3. Input-output-model

Dit model geeft inzicht in de stromen van producten en diensten tussen bedrijven en bedrijfsonderdelen. Het probleem is het afstemmen van de input op de benodigde output.

3.3.1. Toepassing

Dit model is niet geschikt voor de korte termijn. Voor de lange termijn kan dit model nauwkeurige voorspellingen doen.

4. Ondersteunende modellen

4.1. Variantie analyse

Variantie analyse wordt toegepast om inzicht te verkrijgen welke variabelen in het systeem een onderlinge samenhang vertoont.

Algemeen:

Een statistisch lineair model Ω waarin willekeurige observaties Y_1, \dots, Y_n

beschreven worden door een lineaire combinatie van $p + 1$ onbekende parameters

β_0, \dots, β_p en willekeurige fouten e_1, \dots, e_n :

$$\Omega : \begin{cases} Y_i = \beta_0 + x_{i1}\beta_1 + \dots + x_{ip}\beta_p + e_i \\ E(e_i) = 0 \\ Cov(e_i, e_j) = \begin{cases} \sigma^2 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \end{cases}$$

voor $i, j = 1, \dots, n$ en $\{x_{ij}\}$ de onbekende constante coëfficiënten. Hierin staat $E(e_i)$ voor de verwachting van de meetfouten.

- 4.2. Voorspellingskracht
Dit model kan de korte en de lange termijn voorspellen, mits de beschikbare gegevens voldoende beschrijvend zijn, d.w.z. dat de gegevens voldoende bijdragen tot de verklaring van de gebeurtenissen.
- 4.3. Verklaringskracht
Het model verklaart de voorspelling ook in de zin dat het per verklarende variabele ook een waarde meegeeft die bepaald hoe groot de verklarende factor is.
- 4.4. Randvoorwaarden en aannamen
Het is een lineair model, de resultaten van dit model bevatten dus alleen de lineaire verbanden tussen de verschillende effecten en variabelen.
De verwachting van de gemaakte fouten is steeds nul.
Verder moeten alle observaties onderling onafhankelijk zijn.
- 4.5. Voorbeeld
Onderzoek naar de relatie tussen bloeddruk en leeftijdscategorie.
5. Niet-lineaire Regressie
Dit model is hetzelfde als variantie analyse echter is de aanname van het lineair zijn niet meer aanwezig.
Algemeen:

een statistisch model waarin n willekeurige observaties Y_1, \dots, Y_n beschreven worden aan door de som van de regressie functie $f(\cdot)$ van x_i en een willekeurig deel ε_i . Hierin is x_i een k -dimensionale vector van verklarende variabelen voor de i -de observatie:

$$Y_i = f(x_i, \theta) + \varepsilon_i \quad \text{voor } i = 1, \dots, n$$

waarin $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_p)$ de onbekende parameter vector is.

- 5.1. Voorspellingskracht
De voorspelling van op de korte en lange termijn zijn nauwkeurig. Omslagpunten kunnen voorspeld worden.
- 5.2. Verklaringskracht
De verklaring voor het verkregen antwoord is lastig te verkrijgen maar het is wel mogelijk.
- 5.3. Randvoorwaarden en aannamen
De verwachting van de gemaakte fouten is steeds nul.
Alle observaties zijn onderling onafhankelijk.
- 5.4. Voorbeeld
Vergelijking tussen twee modellen.
6. ...

Voor al deze modellen geldt dat het gebruikt kan worden in het algemeen stappenplan:

1. geef een (praktisch) probleem,
2. analyseer het probleem en kom tot een verzameling van modellen,
3. controleer het nut van het model voor het bedrijf,
4. controleer de voorwaarden van het gebruik van het model en
5. maak de voorspelling.

3.3. Nadeel

Er is echter een nadeel. De kans bestaat dat er geen model gevonden kan worden, waarvoor de voorwaarden van het gebruik van het model voldoen. Dan is er dus een andere manier nodig om tot een voorspelling te komen. Te denken valt aan het inhuren van een wiskundige om een nieuw model, specifiek voor dit probleem, te maken. Echter zijn hier kosten aan verbonden in zowel geld als tijd. Als deze kosten niet geïnvesteerd kunnen worden dan kan er ook gekozen worden voor het minst 'slechte' model. Bij deze afweging kan bijvoorbeeld

gedacht worden aan het hoogst betrouwbare model of het model dat het snelst tot een antwoord komt.

3.4. Samenvatting

We hebben in dit hoofdstuk de wiskundige benadering aangestipt. Echter is het de econometrie niet gelukt om met deze modellen een correcte voorspelling te maken van een belangrijke gebeurtenis sinds 1930 [8]. De oorzaak ligt vaak in het al eerder genoemde probleem in de vierde stap van het stappenplan.

Om wiskundige modellen te kunnen gebruiken is het vaak nodig dat de meetfouten standaard normaal verdeeld zijn. Dit is vaak niet het geval, zodat er een andere manier gevonden moet worden om het model bruikbaar te kunnen maken. Denk hierbij aan onderlinge onafhankelijkheid van de data of de wet van de grote aantallen die ieder resulteert in standaard normaal verdeelde meetfouten.

Scott Moss merkt op [8] dat in de praktijk vaak blijkt dat men de bewijsvoering van deze aannamen of niet uitvoert of achterwege laat, met als gevolg dat het model niet met vol vertrouwen gebruikt kan worden. Dan is het te verwachten dat het model een lage prestatie levert. Die vaak onterecht aan het model wordt toegekend, in plaats van de situatie waarin het model gebruikt wordt.

3.5. (De)Centralistische aanpak

Verder valt het Scott Moss op dat al deze modellen centralistisch zijn. Dat betekent dat je het gehele proces moet overzien om het model te kunnen modelleren. En zijn gedachte is om eens te proberen een decentralistisch model te gebruiken om voorspellingen te doen. Gazendam heeft hierover een filosofische uitleg gegeven [9]:

In de filosofische gedachten kan een organisatie op twee manieren benaderd worden. Heel gebruikelijk is de constructieve benadering en deze leidt tot 'semiotic engineering'. Je gaat dan een organisatie beschrijven in functies die uitgevoerd worden binnen een organisatie. Deze aanpak is vaak lastig te modelleren, want je moet weten wat functies inhouden, hoe ze beïnvloed kunnen worden en wat ze zelf beïnvloeden. In andere worden alle afhankelijkheden moeten bekend zijn. Dit is te vergelijken met de centralistische modellen.

De andere benadering in de filosofie is de realistische benadering en hieruit volgt 'ontological engineering'. Je gaat dan een organisatie beschrijven in afspraken en contracten die elk persoon in de organisatie heeft gemaakt. Dit is een beschrijvende manier van modelleren en komt overeen met de decentralistische modellen.

In het volgende hoofdstuk gaan we, als alternatief voor de centralistische wiskundige modellen, Multi Agent systems bespreken. In Hoofdstuk 5 zullen we beide benaderingen met elkaar vergelijken.

4. Multi Agent Systems

4.1. Inleiding

Een goede voorspelling is uitermate behulpzaam bij het maken van beslissingen. In het vorige hoofdstuk is de wiskundige benadering aangestipt. Deze benadering heeft een aantal nadelen. Zo is het controleren van de voorwaarden voor het gebruik van een wiskundig model in praktijk lastig. Aangezien de modellen een centralistische aanpak hebben, is de gedachte ontstaan om eens te proberen een decentralistisch model te gebruiken om voorspellingen te doen.

Met deze gedachte in het achterhoofd kwam Scott in aanraking met Multi Agent systemen als simulatie techniek. Door de komst van de computer is de rekenkracht enorm toegenomen, waardoor modellen die vroeger niet gebruikt konden worden nu wel gebruikt kunnen worden.

4.2. Voorbeeld van MAS

Een simpel voorbeeld van een Multi Agent System is aan de hand van het hoeden probleem goed weer te geven. Het probleem is kort samengevat:

Een aantal mensen is aanwezig in een kamer of ruimte. Iedereen heeft een hoed op. Echter is de kleur van deze hoed niet voor iedereen hetzelfde. Eén hoed is zwart en alle andere hoeden zijn wit. De opdracht is om naar buiten te lopen als je de zwarte hoed op hebt. Maar niemand weet de kleur van zijn eigen hoed. En niemand mag naar iemand anders communiceren over de kleur van de hoeden. Dus de enige manier is kijken naar de hoeden van de andere mensen, om zodoende te weten te komen of je de zwarte hoed op hebt.

Om dit probleem op een centralistische manier op te lossen is een enorme klus. Je moet dan alle toestanden van het systeem in een model vormen. En de overgangstoestanden beschrijven.

Eenvoudiger is het om een decentralistische benadering toe te passen, waarin iedere individu door een agent wordt weergegeven. Elke agent krijgt de afgesproken mogelijke acties:

- 'kijken' naar de kleur hoed van een ander.

En de algemene regels die gelden:

- Er is één zwarte hoed
- Als ik de hoed op heb verlaat ik de kamer

Met deze verzameling van acties en regels kan het model via logica zelf tot een oplossing komen. Door bijvoorbeeld de zwarte hoed bij een ander te zien, kan geconcludeerd worden dat je een witte hoed op hebt en verder geen acties hoeft te ondernemen. Als je van iedereen de kleur hoed hebt gezien en deze was telkens wit, dan moet je de zwarte hoed op hebben. Maar hoe weet je of je iedereen hebt gezien... Tellen dus. Ook kan je merken dat niemand meer bezig is met 'kijken'. Als je zelf nog aan het zoeken bent, is de kans groot dat je de zwarte hoed op hebt. Ook kun je kijken naar het gedrag van de personen die net jouw kleur hoed hebben gezien. Als deze personen daarna allemaal geen acties meer ondernemen is de kans groot dat je de zwarte hoed op hebt. Deze manier van oplossen is een voorbeeld van de decentralistische benadering.

4.3. Voor- en nadelen MAS

Door de decentralistische aanpak verdwijnt het probleem dat de globale interacties (afhankelijkheden) bekend moeten zijn. Maar de vraag is of het mogelijk is om het individu voldoende goed te kunnen beschrijven (modelleren).

4.3.1. Valkuil

We hebben dus met MAS een model met tot nog toe beter controleerbare aannamen. De valkuil waar men niet in moet vallen is te denken dat een intuïtief gemaakt MAS zomaar

geprojecteerd kan worden op de maatschappij. Het MAS moet kunnen worden onderbouwd door theorieën uit de wetenschap.

De deelprocessen moeten kunnen worden getoetst aan andere wetenschapstheorieën. Het probleem dat hierbij vaak om de hoek komt kijken is dat theorieën of uitspraken moeilijk (of niet) te modelleren of te toetsen zijn. Een voorbeeld is het begrip 'gevoel' in de sociale wetenschap.

De basis van het slagen van MAS ligt bij goede theorieën. En dus moet er goede wetenschap worden uitgevoerd zodat er gezamenlijk tot een groter doel gekomen kan worden.

Samenwerken is echter moeilijk. Elke wetenschap gebruikt bijvoorbeeld zijn eigen definities en jargon. Twee wetenschappen kunnen met gelijke woorden iets heel anders bedoelen. Zoals de definitie van 'muis'. In de informatica is dit een apparaat dat primair de taak heeft om een aanwijzer op het beeldscherm te besturen. Terwijl in de biologie een muis een zoogdier is. Ook komt het voor dat wetenschappen een gelijke definitie aan verschillende woorden geven. De definitie: Vereenvoudigde weergave van de ingewikkelde werkelijkheid, wordt in de exacte wetenschap 'model' genoemd en in de sociologie 'beschrijving'.

En goede wetenschap is gebaseerd op juiste theorieën, maar veel theorieën zijn vaak òf kwalitatief goed (hoge validiteit) òf statistisch correct (hoge betrouwbaarheid). De taak is dus om die theorieën te gebruiken, die voor het oplossen van het probleem de gewenste bijdrage levert.

4.4. Wat is een goed MAS.

Men moet tijdens het hele proces ervan bewust zijn dat een MAS niet het enige model is dat bestaat. Wellicht is voor een deelprobleem een ander model beter of maakt een ander model het makkelijker het probleem op te lossen. Misschien heeft het MAS een onderliggende functie maar niet de hoofdfunctie. Samenwerking van de modellen heeft dan de voorkeur. Als er dan werkelijk een probleemstelling is geformuleerd dat met een MAS gemodelleerd gaat worden, dan is het van belang dat de opzet van het model goed is.

We beginnen bij de eerste fase.

De probleemstelling moet aanleiding geven tot de idee dat een MAS toegepast kan worden zodat dit probleem gemodelleerd kan worden en uitkomsten kan creëren waarin we geïnteresseerd zijn. De problemen die zich in deze fase willen voordoen is onder andere de ruis door complexiteit. Om met complexiteit te kunnen werken is het belangrijk te weten wat complexiteit is.

Complexiteit is die eigenschap van modellen die het moeilijk maakt het algemene gedrag in een gegeven taal of representatie te formuleren, zelfs als bijna alle informatie over de componenten en tussen relaties gegeven is. (Bruce Edmonds)

De vormen van complexiteit voor MAS zijn [10]:

- omgevingsfactoren
- het model van MAS
- gedrag

Elke combinatie van vormen van complexiteit, kan voor komen. En dan zal er moeten worden nagedacht hoe deze op te lossen zijn voor het MAS model.

Een goede aanpak is door functiedecompositie het probleem steeds op te splitsen in kleinere deelproblemen. Als een deelprobleem opgelost kan worden, door een bestaand MAS deels of zijn geheel te gebruiken of een nieuw te maken (M)AS, dan stoppen we met opsplitsen van dit deelprobleem. We documenteren het eventueel nieuw gemaakte (M)AS voor hergebruik. Zo gaan we door tot het hele probleem is verwerkt. Als deze fase voorbij is komt de validatie en verificatie fase.

4.5. Verificatie en validatie MAS

De vraag is, wanneer is een Multi Agent System correct? We moeten het MAS dus verifiëren (zijn de gemaakte stappen goed) en valideren (bouwen we het juiste model).

We moeten dus altijd het hoofddoel voor ogen houden (validatie) en we moeten steeds kunnen bewijzen dat elke transitie van fase i naar fase $i+1$ juist is (verificatie).

Catholijn Jonker en Jan Treur ([2], [5] en [7]) hebben onderzoek gedaan naar de validatie van MAS via decompositie. Ze hebben beschreven dat als een opdracht op te splitsen is in subopdrachten, dan geldt dat als alle subopdrachten bewezen correct zijn, dat de opdracht dan ook bewezen correct is. Als er uiteindelijk door opsplitsing alleen nog subopdracht zijn die zo klein zijn (atomair) dat we deze kunnen bewijzen, dan is hiermee de hele bewijsvoering gemaakt dat de hoofdopdracht correct is en hebben we alles bewezen.

Om de correctheid van het model te bewijzen wordt het hoofddoel (de missie van een project of bedrijf) gedefinieerd in logica. Daarna wordt deze gesplitst in kleinere subdoelen die ook weer opgeschreven zijn in logica. Net zolang totdat een subdoel via logica bewezen kan worden in het model. Uit de compositietheorie volgt nu dat, als een doel bestaat uit subdoelen die allen bewezen zijn dan is dat doel ook bewezen. Zodoende kan er geconcludeerd worden of een model correct is of niet. Hierdoor kunnen we verificatie en validatie van MAS zien als het bewijzen van opdrachten door steeds verder opsplitsen tot atomaire subopdrachten en deze te bewijzen.

4.6. Onderhoud en hergebruik

De laatste fase is die van onderhoud en hergebruik.

Er moet uiteraard goed gedocumenteerd worden, zodat hergebruik van modules mogelijk is. Er moet een bibliotheek beschikbaar zijn, zodat iedereen het kan lenen, gebruiken of verbeteren. Het is altijd beter een bestaande oplossing te gebruiken als je het nodig hebt dan dat je er op dat moment zelf een oplossing voor gaat zoeken. Het voordeel is dat je op deze manier het overzicht kan houden en je kan concentreren op de belangrijke doelen. Mocht een oplossing niet werken dan is het zaak hiernaar te kijken samen met de makers van de oplossing.

4.7. Toepassingen Multi Agent Systems.

Een goed voorbeeld waarin MAS toegepast kunnen worden is in de voorspellingstheorie, prijstheorie.

In de voorspellingstheorie is het vaak zo dat er genoeg gegevens beschikbaar zijn, maar niet bruikbaar voor de wiskundige modellen, zoals regressie-analyse, tijd-reeksen. Elk model heeft zeker haar toegevoegde waarde en mocht het zijn dat de gegevens voldoen aan de aannamen, dan is het model zeker te gebruiken. Maar zoals gezegd zijn de aannamen in de praktijk vaak niet voldaan. MAS vragen echter geen aannamen over gegevens uit het verleden maar procesmatige kennis, zoals grenzen, omslagpunten en situaties. Deze gegevens zijn vaak wel aanwezig. Ondanks de complexiteit (zie 4.4) van de gegevens is hier wel een correct model van te maken.

In het geval van prijstheorie geldt dat bij de centralistische benadering de gebruikte modellen klein gehouden worden omdat het probleem anders te groot wordt om uit te rekenen. Alle consumenten reageren hetzelfde op het specifieke product gemaakt door producenten die dezelfde winst perspectieven naleven. Decentralistische modellen, zoals MAS, kunnen hierin veel meer verschillen in creëren. Eén producent kan beslissen om een actie op te zetten. Een consument kan besluiten om te gaan sparen voor iets anders of om juist veel in te kopen omdat deze denkt dat er een recessie komt. Maar ook voor de decentralistische benadering geldt dat de modellen niet oneindig ingewikkeld kunnen worden. Ook hier geldt dat de rekentijd niet te groot moet worden.

5. Discussie

5.1. Afhankelijkheden

Bedieningsmodel

Een aantal bedienden verwerkt vragen van klanten.

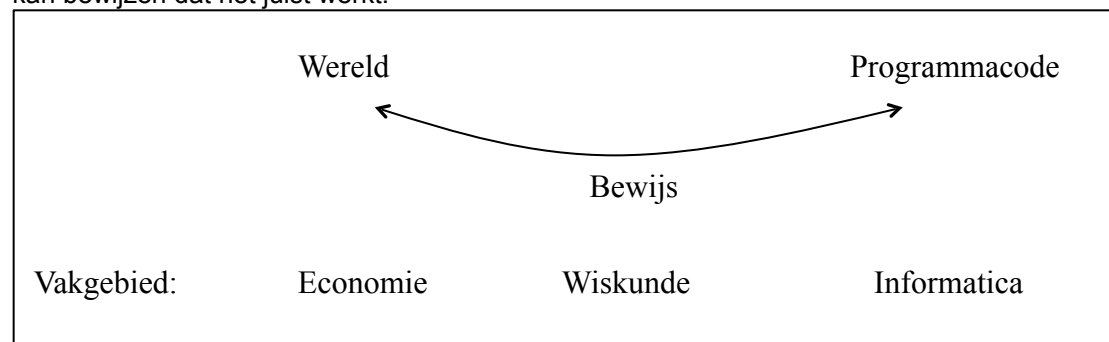
Voor de centralistische benadering (Bijv. Poisson aankomsten, dus exponentiële wachttijden.), moet vaak gelden dat de onderlinge bedieningstijden onafhankelijk zijn van de wachttijden. Echter heeft het experiment van muziek-tijdens-wachten-aan-de-telefoon laten zien dat het gevoel van de wachttijd beïnvloed kan worden. Ook het gevolg van het niet kunnen beantwoorden van de vraag van een klant heeft effect op de wachtende klanten in de ruimte. Er zijn dus afhankelijkheden die door dit model niet gemodelleerd worden.

Deze afhankelijkheid in het centralistische model, kan tot gevolg hebben dat het model niet gebruikt kan en mag worden. Toch gebruiken we het model vaak wel, maar dat heeft te maken met kosten, zoals tijd en geld.

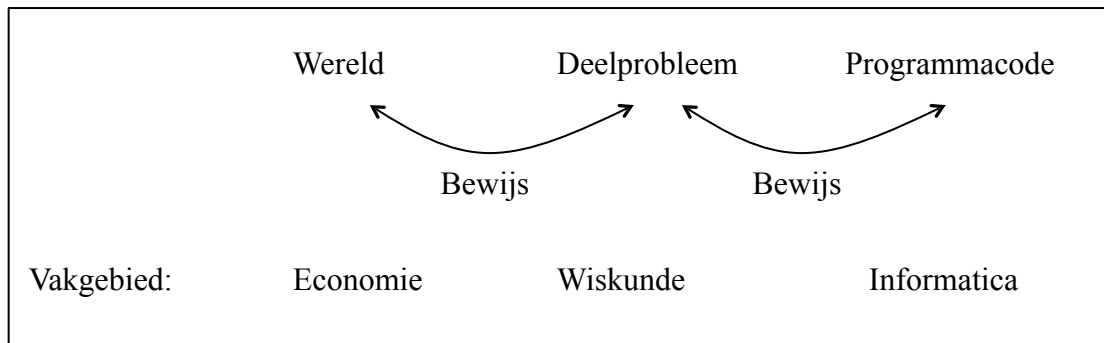
In het decentralistische model (bijv. MAS in de zin van Discrete Event Simulation) kan er tijdens de bediening met zekere kans een irritatie optreden bij de klanten die in de wacht staan. Dit is zonder veel problemen te modelleren. De kans is uit logboeken te verkrijgen waarin elke bediende opschrijft wat er met de bediening van een klant gebeurt is, de penalty voor de irritatie is een onderzoek waard.

5.2. Verificatie en validatie

Het probleem dat voor beide modellen geldt, is hoe weet je nu dat een model goed is. Voor kleine problemen is het vaak nog wel te overzien, zodat je direct vanuit de programmacode kan bewijzen dat het juist werkt.



Het probleem ontstaat als het model complexer en groter wordt. Dan is het goed om het bewijzen van verificatie en validatie op te splitsen in meerdere kleine stappen, zoals Jonker en Treur beschrijven.



Het bijkomende voordeel is dat de bewijsvoering voor meerdere partijen (intuïtief) duidelijk wordt, doordat deze in meerdere kleinere stappen gebeurt. Dit zorgt wel voor meer bewijsvoering in totaal, maar elk bewijs is kleiner en daardoor overzichtelijker. Uiteindelijk zal er tijdswinst geboekt worden.

5.3. Hergebruik

Uit de geschiedenis blijkt dat men vaak het bewijzen saai, vervelend en moeilijk vindt, zie Scott Moss. Een oplossing is om de bewijzen te centraliseren in een bibliotheek. Het voordeel hiervan is dat bewijzen kunnen worden hergebruikt. Het nadeel is uiteraard, hoe je kunt 'zoeken' naar het benodigde bewijs. Hier moet een standaard voor worden gemaakt. Maar er moet ook controle worden uitgevoerd op het behoud van kwaliteit van de bewijzen. Verder moeten de bewijzen continu en overal beschikbaar gesteld kunnen worden.

6. Conclusies en aanbevelingen

De wiskundige modellen zijn centralistisch van aard en kwalitatief hoogwaardig, daar tegenover staat dat deze modellen veel historische gegevens nodig hebben en om de kwaliteit te leveren moeten deze gegevens aan veel eisen voldoen. Vaak zijn de gewenste gegevens niet te verkrijgen. Hierdoor blijven juiste voorspellingen van belangrijke gebeurtenissen achterwege.

Tegenover deze centralistische modellen staan decentralistische modellen, zoals Multi Agent Systemen (MAS). MAS zijn zeker een goede toevoeging aan de al bestaande voorspellingsmodellen.

A. Referenties

1. Jonker, C.M., Letia, I.A., and Treur, J., Diagnosis of the Dynamics within an Organisation by Trace Checking of Behavioural Requirements.
In: Wooldridge, M., Ciancarini, P., and Weiss, G. (eds.), Proc. of the 2nd International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering, AOSE'01.
Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, to appear.
<http://www.cs.vu.nl/~wai/Papers/AOSE01.org.ps>
(Dynamic.doc)
2. Jonker, C.M., Treur, J., and Vries, W. de, Reuse and Abstraction in Verification: Agents Acting in a Dynamic Environment.
In: P. Ciancarini, M.J. Wooldridge (eds.), Agent-Oriented Software Engineering, Proceedings of the First International Workshop(AOSE-2000).
Lecture Notes in Computer Science, vol. 1957, Springer Verlag, 2001, pp. 253-268.
<http://www.cs.vu.nl/~wai/Papers/AOSE00.reuse.ps>
(Static.doc)
3. Jonker, C.M., Treur, J., and Wijngaards, W.C.A., Dynamics Within an Organisation: Temporal Specification, Simulation and Evaluation.
In: L. Chen, Y. Zhuo (eds.), Proc. of the Third International Conference on Cognitive Science, ICCS 2001. USTC Press, Beijing, 2001, pp. 546-550.
<http://www.cs.vu.nl/~wai/Papers/ICCS01.org.pdf>
(Dynamics.doc)
- 3.a. Jonker, C.M., Treur, J., and Wijngaards, W.C.A., Temporal Languages for Simulation and Analysis of the Dynamics Within an Organisation.
In: B. Dunin-Keplicz and E. Nawarecki (eds.), Proc. of the Second International Workshop of Central and Eastern Europe on Multi-Agent Systems, CEEMAS'01. 2001, pp. 129-136.
To be published by Springer Verlag.
(extended version van vorige referentie)
4. Ferber, J., Gutknecht, O., Jonker, C.M., Mueller, J.P., and Treur, J., Organization Models and Behavioural Requirements Specification for Multi-Agent Systems (two-page extended abstract).
In: Proc. of the Fourth International Conference on Multi-Agent Systems, ICMAS 2000. IEEE Computer Society Press, 2000.
<http://www.cs.vu.nl/~wai/Papers/ICMAS00.orgre.ps>
(Dynamic.doc)
5. Herlea, D.E., Jonker, C.M., Treur, J., and Wijngaards, N.J.E., Specification of Behavioural Requirements within Compositional Multi-Agent System Design.
In: F.J. Garijo, M. Boman (eds.), Multi-Agent System Engineering, Proceedings of the 9th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World, MAAMAW'99.L
Lecture Notes in AI, vol. 1647, Springer Verlag, Berlin, 1999, pp. 8-27.
<http://www.cs.vu.nl/~wai/Papers/MAAMAW99.behreqs.ps>
(Static.doc)
6. Brazier, F.M.T., Jonker, C.M., Treur, J., and Wijngaards, N.J.E., Deliberate Evolution in Multi-Agent Systems.
In: J. Gero (ed.), Artificial Intelligence in Design '00, Proceedings of the Sixth International Conference on AI in Design, AID'2000.
Kluwer Academic Publishers, 2000, pp. 633-650.

- <http://www.cs.vu.nl/~wai/Papers/CWI.rep.SEN-R9836.delev.ps>
(Dynamic.doc)
7. Jonker, C.M. and Treur, J., Compositional Verification of Multi-Agent Systems: a Formal Analysis of Pro-activeness and Reactiveness.
In: W.P. de Roever, H. Langmaack, A. Pnueli (eds.), Proceedings of the International Workshop on Compositionality, COMPOS'97.
Lecture Notes in Computer Science, vol. 1536, Springer Verlag, 1998, pp. 350-380.
<http://www.cs.vu.nl/~wai/Papers/compos97.ps>
(Static.doc)
 8. Moss, S., Policy analysis from First Principles Centre for Policy Modelling, Manchester Metropolitan University.
<ftp://www.cpm.mmu.ac.uk/pub/papers/pol-anal.pdf>
(Scott.doc)
 9. Gazendam, H.W.M. and Jorna, R.J., Theories about architecture and performace of multi-agent systems.
Reeks: research report/Graduate School Research Institue Systems, Organisations and Management (SOM); 98A02
Uitgave: Groningen; University of Groningen ca. 1998
(Architectuur en prestatie MAS.doc)
 10. Edmonds, B., From Complexity to Agent Modelling and Back Again - some implications for economics.
Centre for Policy Modelling, Manchester Metropolitan University.
<ftp://www.cpm.mmu.ac.uk/pub/papers/comagmod.pdf>
<ftp://www.cpm.mmu.ac.uk/pub/papers/comagmodA4.ps>
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/~bruce>
(Complexiteit.doc)
 11. Conte, R., Edmonds, B., Moss, S. and Swayer, R. K. (in press). Sociology and Social Theory in Agent Based Social Simulation: A Symposium.
Computational and Mathematical Organization Theory.
Section: Against Prior Theorising
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/cpmrep82.html>
(Theorie vorming.doc)
 12. Moss, S. and Edmonds, B. (1994) Economic Methodology and Computability: Implications for the Evaluation of Econometric Forecasts, International Forecasting Symposium, Stockholm, 1994 and IFAC Conference on Computational Economics, Amsterdam, 1994.
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/cpmrep01.html>
(Wiskundig.doc)
 13. Edmonds, B. (1999) Modelling Bounded Rationality In Agent-Based Simulations using the Evolution of Mental Models.
In: Brenner, T. (ed.), Computational Techniques for Modelling Learning in Economics, Kluwer, 305-332.
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/cpmrep33.html>
 14. Moss, S., Edmonds, B. and Wallis, S. (2000) The Power Law and Critical Density in Large Multi Agent Systems. CPM Report 00-71, MMU, UK.
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/cpmrep71.html>

15. Moss, S., Gaylard, H., Wallis, S. and Edmonds, B. (1998). SDML: A Multi-Agent Language for Organizational Modelling. Computational and Mathematical Organization Theory, 4, 43-69.
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/cpmrep16.html>
16. Edmonds, B. and Moss, S. (2001) The Importance of Representing Cognitive Processes in Multi-Agent Models,
Invited paper at Artificial Neural Networks - ICANN'2001, Aug 21-25 2001, Vienna, Austria.
Published in: Dorffner, G., Bischof, H. and Hornik, K. (eds.), Lecture Notes in Computer Science, 2130:759-766.
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/cpmrep81.html>
17. Edmonds, B. (1998) Social Embeddedness and Agent Development.
UKMAS'98, Manchester, December 1998.
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/cpmrep46.html>
18. Edmonds, B. (2000) Developing Agents Who Can Relate To Us - putting agents in our loop via situated self-creation.
AAAI Fall Symposium on Socially Intelligent Agents.
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/cpmrep58.html>
19. Edmonds, B. (2001) The Use of Models - making MABS actually work.
In: Moss, S. and Davidsson, P. (eds.), Multi Agent Based Simulation, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1979:15-32.
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/cpmrep74.html>