

Samenvatting

Dit artikel bevat enkele kanttekeningen bij Rotmans e.a. (1990), elders in dit nummer van Kwantitatieve Methoden. Deze zijn bedoeld om te laten zien dat het op zich aantrekkelijke idee metamodellen te gebruiken de nodige zorg vraagt, met name op het punt van de beoogde doelstellingen en daarop afgestemde toepassingen en interpretaties. De auteurs laten die zorg achterwege en zijn er daarom niet in geslaagd in hun artikel op overtuigende wijze de mogelijkheden van metamodellen te etaleren.

Experimenteren met modellen

Een systeembeschrijving in de vorm van een computermodel kan op zichzelf weer als een systeem worden behandeld, los van het systeem dat het moet voorstellen. Het gedrag van dit nieuwe kunstmatige systeem kan men in principe met dezelfde methoden onderzoeken als die gangbaar zijn voor reële systemen. Zo'n kunstmatig systeem heeft men beter in de hand; men kan daarmee sneller resultaten produceren dan met het reële systeem.

Hoewel men het kunstmatige systeem in principe precies kent, kan men door de complexiteit meestal niet goed overzien hoe het systeem als geheel zich gedraagt als functie van de verschillende grootheden die bij de systeembeschrijving een rol hebben gespeeld. Bovendien vraagt het simuleren met het kunstmatige systeem meestal veel tijd en computercapaciteit. Er is derhalve ruimte voor efficiënt experimenteren met het kunstmatige systeem voor het verkrijgen van een globale beschrijving van de gevoeligheid van de resultaten voor veranderingen in de onderliggende parameters en variabelen.

¹⁾ Groep Landbouwwiskunde
Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 100
6700 AC Wageningen

Eenvoudige metamodellen, dat zijn benaderingen van responsie-oppervlakken, zijn daarvoor bruikbaar op dezelfde wijze als dit bij reële systemen het geval is. Terecht vragen de auteurs aandacht voor deze mogelijkheden.

Doelgerichtheid

Er kunnen wel enkele kanttekeningen worden geplaatst bij de wijze waarop met die mogelijkheden wordt omgegaan. In de eerste plaats is het van belang onderscheid te maken tussen verschillende doelstellingen voor het maken van een meta-model. Steeds geldt dat het meta-model moet dienen als een snel te berekenen of analytisch hanteerbare benadering van het kunstmatige systeem. Als benadering kan een functie genomen worden van de variabele inputs van het systeemmodel of van de in principe vaste parameters van dat model. Als men alle parameters kent kan een meta-model met de inputs als variabelen worden gebruikt voor het snel en overzichtelijk evalueren van mogelijke ingrepen in de inputs, die bijvoorbeeld in de vorm van beleidsmaatregelen zouden kunnen worden gerealiseerd. Eventueel kan men bij bepaalde interessante instellingen het oorspronkelijke model weer doorrekenen. Als men anderzijds niet zeker is van de waarde van een of meer parameters kan men een meta-model opstellen waarin die parameters, al of niet naast de inputs, als variabelen optreden. Een dergelijk meta-model kan worden gebruikt om na te gaan hoe gevoelig de responsies zijn voor de waarden van de parameters of hoe onzekerheden in de parameters doorwerken als onzekerheden in de responsies. Voor dit laatste biedt latin hypercube sampling overigens een aantrekkelijk alternatief.

Het is duidelijk dat men de keuze van het op te stellen meta-model kan laten afhangen van het beoogde doel. Het verdient aanbeveling om dit ook inderdaad te doen omdat de formulering van de conclusies en/of het gebruik van het meta-model daarvan afhankelijk zijn. Er is geen enkel bezwaar tegen om verschillende metamodellen voor hetzelfde systeemmodel naast elkaar te gebruiken, elk afgestemd op zijn eigen toepassingen. Rotmans et al. (1990) maken het bovengenoemde onderscheid niet en bewijzen daarmee geen dienst aan het begrip voor de door henzelf gepropageerde methode. Dit blijkt ondermeer uit hun mededeling dat de resultaten van hun analyse gebruikt gaan worden bij een te ontwikkelen interactieve versie van het simulatiemodel IMAGE. Zij wekken daarmee de suggestie dat het gaat om een toepassing van de eerstgenoemde soort. Als men echter de variabelen in de besproken metamodellen beziet dan gaat het voor het grootste gedeelte om parameters waaraan conceptueel een vaste waarde zou kunnen worden toegedacht of die in elk geval niet te

beïnvloeden zijn. In het metamodel voor de oceaanmodule, bijvoorbeeld, wordt vastgesteld dat de CO_2 -concentratie in de atmosfeer in belangrijke mate afhangt van een aantal dikten van lagen die in het model worden onderscheiden ter beschrijving van de globale transportprocessen. De conclusie zou moeten zijn dat het derhalve van groot belang is die dikten nauwkeurig vast te stellen. Maar wat kun je met zo'n conclusie doen? Ingrijpen in de waarden van dergelijke modelparameters zal nooit het resultaat van beleidsmaatregelen zijn. Het biedt wel de mogelijkheid om de modeluitkomsten te zetten naar de hand van belanghebbenden, hetgeen zonder echte validatiemogelijkheden een gevaarlijk instrument is.

De auteurs laten na hierover hun licht te laten schijnen. Hun conclusies blijven steken in een wollig jargon waar niemand echt wat mee kan en die niet bijdragen aan de overtuiging dat het gebruikte gereedschap aantrekkelijk is.

Systematische afwijkingen tussen systeemmodel en metamodel

Een tweede belangrijk punt betreft de deterministische aard van het kunstmatige systeem en van een daarbij gemaakt metamodel. Deze impliceert dat bij een bepaalde waarde van de inputs en bij gekozen vaste waarden van de parameters het verschil tussen systeembeschrijving en metamodel een vaste waarde heeft. Het is niet juist dergelijke systematische afwijkingen tussen twee modellen als stochastisch te modelleren om de eenvoudige reden dat zij niet stochastisch zijn.

Er is overigens ook geen enkele behoefte aan een stochastisch model voor de afwijkingen tussen een systeemmodel en een metamodel. Er is geen bezwaar tegen deze afwijkingen te karakteriseren met bijvoorbeeld een gemiddeld kwadraat, zoals dat in de statistiek wel vaker gebeurt in geval van "lack-of-fit". Of deze afwijkingen qua orde van grootte belangrijk zijn kan men afmeten hetzij aan hun praktisch belang (zoals de auteurs ook doen door te eisen dat de afwijkingen binnen 10% moeten blijven), hetzij aan de in het spel zijnde stochastische variatie. Voor dit laatste zou men dan moeten refereren aan de afwijkingen tussen het werkelijke systeem enerzijds en het systeemmodel of het vervangende metamodel anderzijds. Deze blijven in het artikel van de auteurs buiten het vizier. Het begrip "valideren" wordt door de auteurs voor hun situatie daarom ten onrechte gebruikt en kan gevaarlijke misverstanden oproepen. In dit opzicht is de situatie wezenlijk verschillend van die waarin alle relevante random elementen in de systeembeschrijving zijn opgenomen. Ook dan zal er lack-of-fit optreden tussen het deterministische deel van het

systeemmodel en het metamodel; het verschil is dat de schattingen voor de lack-of-fit in dat geval een random component bevatten, en met enig recht gesproken kan worden van validatie van het metamodel tegen het systeemmodel.

Modelgenererende mechanismen

De door Rotmans et al. (1990) aangedragen referenties, waarin een onderbouwing wordt gesuggereerd voor een werkwijze, die uitgaat van de veronderstelling van random afwijkingen tussen systeemmodel en metamodel, zijn geenszins overtuigend. Deze baseren zich op niet bestaande of voor de actuele situatie niet ter zake doende modelgenererende mechanismen, waaruit hetzij het systeemmodel, hetzij het metamodel, geacht worden te zijn voortgekomen.

Sacks et al. (1989) veronderstellen dat het systeemmodel een realisatie is van een systeemmodellen genererend proces. Dit idee wordt ontleend aan de ruimtelijke statistiek die in feite gebaseerd is op de aanname dat een "landschap" een realisatie is van een landschap genererend stochastisch mechanisme. Voor een dergelijke opvatting is in de ruimtelijke statistiek ook wel iets te zeggen omdat bij het ontstaansproces van landschappen vele realisaties konden ontstaan en ook zijn ontstaan. Maar systeemmodellen komen, naar men mag aannemen, niet tot stand als resultaat van een toevalsproces. Er is derhalve geen enkele rechtvaardiging voor het van toepassing verklaren van zulke modellen.

Kleijnen (1990) ziet het metamodel als een realisatie van een stochastisch mechanisme, dat gebaseerd is op het aselekt kiezen van combinaties uit de toegelaten combinaties van instelwaarden; hierbij blijft overigens de kansverdeling over die toegelaten verzameling ongenoemd. Bij de geselecteerde combinaties van instelwaarden wordt het systeemmodel geëvalueerd en vervolgens wordt met behulp van regressiemethoden een metamodel daaraan aangepast. De redenering van Kleijnen, dat daardoor de afwijkingen tussen systeemmodel en metamodel als random zouden kunnen worden behandeld, gaat echter niet op. Immers in het regressiemodel wordt geen rekening gehouden met de al dan niet stochastische herkomst van de instelwaarden. Bovendien bevatten, zelfs als men de instelwaarden als stochastisch beschouwt, de afwijkingen tussen systeemmodel en metamodel in het algemeen nog steeds een systematische component. Tenslotte: de kracht van het experimenteren op systeemmodellen met proeftechnische methoden zit juist in het systematisch kiezen van de instelwaarden en derhalve zal de metamodelbouwer vermijden het stochastisch mechanisme van Kleijnen te gebruiken.

Inventiviteit

Een punt dat enige verbazing wekt in Rotmans et al. (1990) is dat de selectie van het metamodel in belangrijke mate afhangt van wat vooraf of tussentijds, al of niet in overleg met de modelbouwers, wordt geacht bekend te zijn over het belang van de verschillende factoren en hun interacties. Experimenteer-techniek levert toch bij uitstek methoden om hierover informatie te verkrijgen en om verwachtingen te verifiëren? In het artikel wordt niet duidelijk gemaakt waarom deze methoden niet (kunnen?) worden uitgebuit. Even wonderlijk is de constatering dat voor een "juiste" beoordeling van het effect van een factor standaardisatie van de effecten van de factoren met betrekking tot hun acceptabele domein noodzakelijk geacht wordt, terwijl tevens gesuggereerd wordt dat het sleutelen aan die domeinen tot het toelaatbare gereedschap van de metamodelbouwer behoort. Op deze wijze wordt "inventiviteit" (lees subjectiviteit) wel erg bepalend voor het welslagen van de operatie.

Referenties

- Rotmans, J., G. van Ham, J.P.C. Kleijnen (1990). Gevoeligheidsanalyse via metamodellen en proefopzetten, toegepast op een simulatiemodel voor het broeikasprobleem. Kwantitative Methoden: deze aflevering.
- Sacks, J., W.J. Welch, T.J. Mitchell & H.P. Wynn (1989). Design and analysis of computer experiments. *Statistical Science* 4, 409-435.
- Kleijnen, J.P.C. (1990). Statistics and deterministic simulation models: why not? KUBrabant, Report nr. FEW 435, Tilburg.

Ontvangen: 19-09-1990
Geaccepteerd: 19-09-1990