

# Gedeelde SMART is halve smart

## *Huub Scholten*

LUW, vakgroep Informatica, Dreijenplein 2, 6703 HB, Wageningen  
e-mail: Huub.Scholten@users.info.wau.nl

## *Han Smolenaars*

LUW, vakgroep Agrarische Onderwijskunde, Hollandseweg 1, 6706 KN, Wageningen  
e-mail: Han.Smolenaars@alg.ao.wau.nl

## *Mark Kramer*

LUW, vakgroep Informatica, Dreijenplein 2, 6703 HB, Wageningen  
e-mail: Mark.Kramer@users.info.wau.nl

## *Maril van Wijk en Jos van Heuvelen*

STOAS, Postbus 78, 6700 AB, Wageningen  
e-mail: mwvy@stoas.nl en jhe@stoas.nl

## Referaat

Op de LUW wordt simuleren en modelleren gebruikt in veel onderwijs-elementen. Vrijwel ieder vak gebruikt daarvoor een verschillend software pakket. De studenten moeten tijdens hun studie leren omgaan met een aantal pakketten. Dit is niet efficiënt en kost veel tijd die afgaat van de voor zo'n vak geroosterde tijd. Een simulatie-omgeving met een functionaliteit die LUW-breed gebruikt kan worden, lost dit probleem op. De diversiteit van de vakken in kwestie stelt hoge eisen aan een dergelijk uniform pakket, terwijl bovendien onderwijskundige overwegingen extra voorwaarden stellen. In het project SIMON is een prototype van zo'n omgeving gebouwd. In dit artikel worden een aantal aspecten besproken waarbij de nadruk ligt op de grafische user interface.

Trefwoorden: simuleren, modelleren, GUI, prototype

## Inleiding

Het ontwikkelen en toepassen van simulatiemodellen vormt een essentieel onderdeel van onderzoek en onderwijs aan de Landbouwwuniversiteit. In het onderzoek worden wiskundige modellen opgesteld en geëvalueerd. Deze modellen vinden, al dan niet in vereenvoudigde vorm, hun weg naar het onderwijs met als belangrijkste doelstelling studenten via experimenten concrete ervaring op te laten doen in een door een model nagebootste werkelijkheid.

Ter ondersteuning van het gebruik van modellen zijn computerprogramma's nodig. Een programma dat één simulatie uitvoert, noemen we een simulatieprogramma. In de praktijk is er echter behoefte aan meer simulaties en/of andere (ondersteunende) functionaliteit. Wanneer verschillende functionaliteit is ondergebracht in één programma met een uniforme user interface, spreken we van een modelleer- of simulatie-omgeving.

De LUW heeft het SIMON-project opgezet om te komen tot een gezamenlijke modelleer- en simulatie-omgeving voor toepassing in verschillende vakgebieden. Om dit te realiseren moet rekening gehouden worden met een aantal randvoorwaarden. Op de eerste plaats moet de modelleer- en simulatie-omgeving voldoen aan eisen, gesteld door de simulatie-theorie. Hiervoor zijn concepten opgesteld om alle betrokkenen op één lijn

te krijgen. Een tweede pakket voorwaarde is een gevolg van een divers samengestelde groep gebruikers. Ook hangen er randvoorwaarden samen met de toepassing in een onderwijskundige omgeving. De overige functionele eisen komen voort uit de vakken waarin het pakket zal worden gebruikt.

Hieronder zal eerst worden ingegaan op de onderwijskundige kanten, vervolgens op de samenstelling van de groep beoogde gebruikers en hun eisen, de concepten van simulatie, overige functionele eisen en tenslotte hoe we die eisen in een prototype hebben ondergebracht.

## Simuleren en modelleren in het onderwijs

Leren doe je niet alleen uit boeken of achteroverleunend in de collegebanken. Een actieve en exploratieve manier van leren met behulp van practica is een noodzakelijke voorwaarde. Dit betekent: zelf experimenten bedenken, plannen, observeren, uitvoeren en evalueren. De gelegenheid tot het opdoen van dergelijke ervaringen is zeldzaam in het curriculum. De ruimte die studenten binnen het onderwijs hebben om experimenten uit te denken is gewoonlijk om praktische redenen (tijdsduur van de experimenten, apparatuurkosten, kosten chemicaliën, gevaar dat het experiment met zicht mee brengt, zichtbaarheid van het proces) erg beperkt (Moore en Thomas, 1983;

Hebenstreit, 1988). Door deze processen te simuleren biedt je studenten de mogelijkheid om deze kennis en inzicht toch te verwerven. Er kunnen enkele functies van educatieve simulaties worden onderscheiden (Blom, 1996).

Op de eerste plaats kunnen simulaties worden gebruikt om casussen en problemen samen te stellen en aan studenten te presenteren. De studenten leren met behulp van het computermodel over het probleem. Het model zelf is een black box, die de studenten niet hoeven te beheersen. De tweede functie van educatieve simulaties is studenten in staat te stellen het model zelf te leren kennen. De computer biedt de studenten de mogelijkheid om met het model zelf te experimenteren. Centraal staat het analyseren en doorgronden van het model. De derde functie betreft het opstellen van modellen. De educatieve simulaties hebben de functie van gereedschap. Het stelt de studenten in staat sets van mathematische vergelijkingen te formuleren die een bepaald proces moeten representeren. Een vierde functie geldt maar voor een beperkte aantal studenten. Hier is kennis van en ervaring in de techniek en de methoden van simuleren en modelleren een doel op zich.

## Gebruikers en hun eisen

Het project SIMON moet een product opleveren dat docenten in staat stelt op een éénduidige en gebruiksvriendelijke manier onderwijs-elementen te ontwikkelen, waarin simulatiemodellen een rol spelen. Voor sommige vakken gaat het dan om een black box-model. De studenten gebruiken het model om iets over het gemodelleerde systeem aan de weet te komen. De docent moet het model zo implementeren dat studenten met het systeem kunnen experimenteren. Bij andere vakken moeten studenten ook de formuleren van het model kunnen zien of er zelfs iets aan kunnen veranderen. Nog weer een stapje verder gaan vakken, waarin studenten zelf modellen ontwerpen en implementeren, voordat ze er mee gaan experimenteren. In al die gevallen moet de uniforme simulatie-omgeving kunnen worden gebruikt. In het eerste geval moet de docent een aantal opties van de simulatie-omgeving kunnen

afschermen, terwijl in het laatste geval de student over alle opties moet kunnen beschikken. Docenten moeten daarbij opties aan en uit kunnen zetten en zo de omgeving afstemmen op de specifieke eisen van dat onderwijs-element.

De gebruikersgroep bestaat uit docenten, studenten die met black box-modellen werken, modelwijzigende studenten, studenten die modellen opstellen binnen een bepaald domein en studenten die zich verdiepen in de methoden en technieken van het modelleren.

Naast gebruikers binnen het onderwijs, zouden ook onderzoekers een dergelijke omgeving kunnen gaan gebruiken. Zij behoren echter tot een secundaire doelgroep. Ook systeembeheerders van practicumzalen moeten uit de voeten kunnen met de simulatie-omgeving.

Er is een aantal wegen bewandeld om erachter te komen wat gebruikers willen. Allereerst zijn we met een aantal geïnteresseerde docenten van relevante vakgroepen om de tafel gaan zitten. Op basis van ideeën die daarbij naar voren kwamen, is vervolgens een enquête opgesteld die verspreid is onder ruim 50 docenten aan de LUW. Daarna zijn de uitkomsten voorgelegd aan een groepje van 20 studenten die er commentaar op hebben geleverd. Op een vroeg tijdstip in het project is een workshop gehouden voor toekomstige gebruikers, waarbij in een practicum-situatie bestaande onderwijs-elementen met simulaties werden geanalyseerd. De projectgroep heeft daarna op basis van deze informatie een indeling gemaakt van alle gebruikerseisen en -wensen. Ze zijn ingedeeld in de volgende categorieën: vanzelfsprekend, nodig, gewenst, eventuele extra's.

Sommige gebruikerseisen hebben met het user interface te maken. Van de belangrijkste categorie 'vanzelfsprekend' willen we noemen:

- werken op PC's onder MS-Windows;
- besturing met muis en toetsenbord;
- het GUI (Graphical User Interface) in het Engels.

Ook 'nodig' zijn:

- dynamische (real time) interactieve grafische uitvoer;
- 'help' voor de omgeving en voor de modellen;
- interactieve invoer;

- logging faciliteiten van alle experimenten.

Van de eisen die 'gewenst' zijn moet hier worden genoemd:

- flexibele GUI ('maatpak');
- opties instelbaar door docent;
- koppeling met wetenschappelijke en technische documentatie mogelijk;
- eenvoudige installatieprocedure.

Natuurlijk is de lijst van eisen veel langer. De meeste hier niet genoemde eisen en wensen zijn puur functioneel en vallen daarom buiten het kader van dit themanummer. Een volledige beschrijving is te vinden op SIMON-WWW-pagina (<http://WWW.SPB.WAU.nl/info/research/SIMON/>).

## Concepten

Op alle terreinen van wetenschap wordt tegenwoordig een vakjargon gebruikt. Simuleren en modelleren vormen daarop geen uitzondering. Een probleem is wel dat alle wetenschapsgebieden die van simuleren en modelleren gebruik maken een iets ander dialect van dat jargon gebruiken. Het opstellen van gebruikers-eisen en het maken van de omgeving worden hierdoor bemoeilijkt. Daarom is een zo volledig mogelijke lijst opgesteld van een aantal begrippen en hun betekenis. Enkele daarvan zijn: simulatieprogramma, wiskundig model, computermodel, model, toestandsvariabele, (hulp)variabele, snelheidsvariabele, parameter, constante, tijdseries, modelexperiment, 'animations', grafieken, tabellen, log-file, instellingen, integratiemethoden, calibratie, validatie, dimensie-analyse, onzekerheidsanalyse, gevoeligheidsanalyse, modeltypen (van continu tot discreet).

In eerste instantie is een aantal van deze begrippen via de enquête voorgelegd aan toekomstige gebruikers en daarna doorgesproken op een tweede workshop. Het resultaat is impliciet een onderdeel geworden van het gebouwde prototype en expliciet van de 'help'-functie van de omgeving.

## Functionaliiteit van het prototype

Op basis van de gebruikerseisen is door de projectgroep een eerste ontwerp

gemaakt van een simulatie-omgeving met die eigenschappen. Een belangrijk aspect van het ontwerp was het inbouwen van een aantal impliciete concepten. Onder de omgeving kunnen meerdere modellen zijn geïmplementeerd. Dit is vergelijkbaar met een tekstverwerker, waarmee meerdere bestanden kunnen worden aangepast. Net zoals je bij een tekstverwerker maar met één bestand tegelijk kunt werken, kun je hier maar één model tegelijk openen. Met een model kan alleen worden gewerkt in een experiment. Een model bestaat uit een serie (differentiaal)vergelijkingen, een set toestandsvariabelen, een set parameters, een set (hulp)variabelen, standaardwaarden voor beginwaarden van de toestandsvariabelen en standaardwaarden voor de parameters.

Bij ieder model kunnen meerdere experimenten worden opgeslagen die ook met elkaar kunnen worden vergeleken. In een experiment worden allerlei zaken vastgelegd: de naam, het doel, een omschrijving, het gebruikte integratie-algoritme, begin- en eindtijden van de simulatie, welke variabelen naar een animatiefilmpje worden geschreven, breakpoints, parameterwaarden die afwijken van de standaardwaarde, enzovoort (figuur 1).

Zo'n experiment kan worden gerund en levert dan standaard een animatiefilmpje op van de gekozen variabelen, maar daarnaast kunnen ook statische grafieken (van alle variabelen), tabellen en een log-file (met alle instellingen en keuzes) op het scherm worden getoond (figuur 2). Een experiment kan integraal worden bewaard voor later gebruik, bijvoorbeeld voor een vergelijking met de resultaten van een ander experiment.

Uiteraard worden de meeste standaard mogelijkheden van windowsprogramma's ook in deze omgeving ingebouwd. Kopiëren, wissen, help, windowmanipulatie, enzovoort. Daarnaast is bij het ontwerp van het prototype ook rekening gehouden met meer geavanceerde functies (gevoeligheidsanalyse, calibratie en dergelijke) die nog niet zijn geïmplementeerd.

### Implementatie en evaluatie prototype

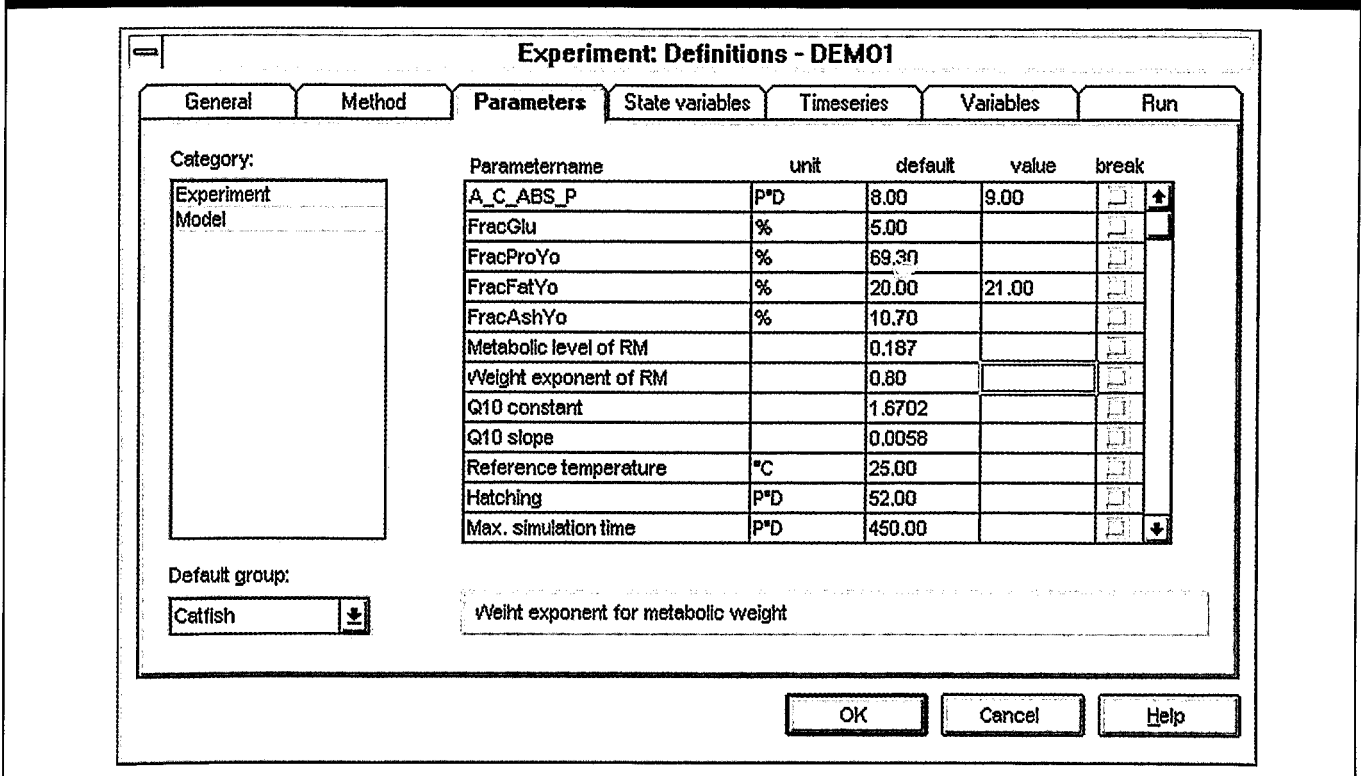
Het prototype is geïmplementeerd met behulp van Delphi en een aantal toolboxes voor grafische uitvoer. Om de werking van het gerealiseerde deel van de omgeving te kunnen testen is een tweetal

black box-modellen geïmplementeerd. Beide modellen worden in het onderwijs aan de LUW gebruikt. In die fase kreeg het zijn naam, SMART, wat staat voor Simulation and Modelling Assistent for Research and Training. Het prototype is in eerste instantie binnen de projectgroep getest. Dit heeft geleid tot een aantal conceptuele en layout-aanpassingen. In de tweede SIMON-workshop is het voorgesteld aan de toekomstige gebruikers. Die reageerden enthousiast en leverden daarnaast voorstellen voor verbeteringen. Deze zijn grotendeels overgenomen en in het prototype verwerkt.

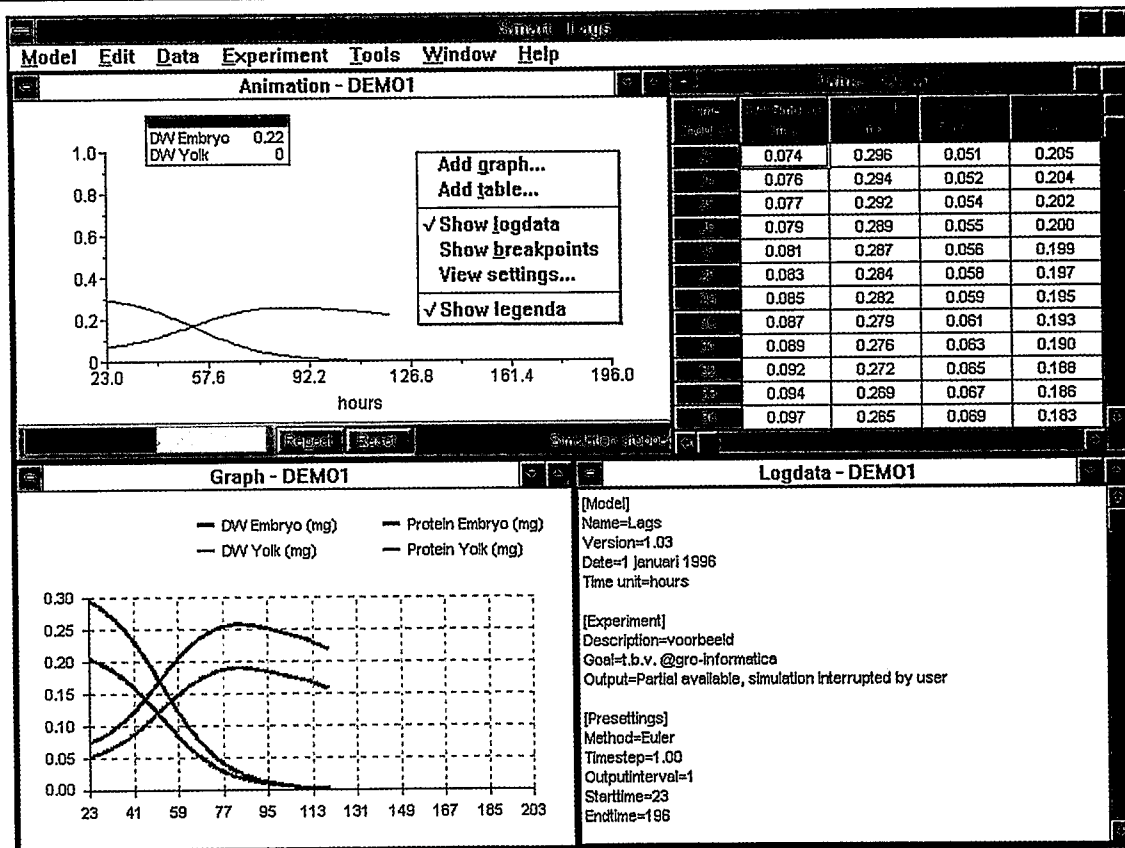
### Projectorganisatie

Het project SIMON wordt uitgevoerd in opdracht van het College van Bestuur van de LUW in overleg met DLO. Het toezicht op de voortgang wordt uitgeoefend door een stuurgroep. Het bouwen gebeurt door de projectgroep (= de auteurs). Hierin zitten mensen van de vakgroepen Agrarische Onderwijskunde en Informatica en daarnaast van StoaS. De groep is samengesteld op basis van de gewenste deskundigheid op een aantal gebieden: educatieve simulatie, simuleren en modelleren, software engineering en architectu-

Figuur 1 – Het opstellen van de definities van het experiment 'demo1' van het model 'LAGS' in SMART.



Figuur 2 – Uitvoer van het experiment 'demo1' van het model 'LAGS' in SMART.



agro informatica 9(5) / december 1996

ren, en het bouwen van windows software. Het project SIMON bestaat uit twee fasen. In de eerste, nu afgesloten fase werden de wensen en eisen van toekomstige gebruikers geïnventariseerd. Op basis hiervan werd een prototype ontworpen, gebouwd en getest. Ten slotte werd gerapporteerd aan de stuurgroep en aan de toekomstige gebruikers. In de tweede fase zal op basis van het prototype een volledig functionele versie worden ontworpen en gebouwd. Die versie van SMART moet over ruim een jaar worden opgeleverd.

### Voorlopige conclusies

Het is nog erg vroeg om conclusies te trekken, maar we zullen dat toch proberen. De eerste conclusie is dat gebruikersparticipatie van een groot aantal betrokkenen in diverse vakgroepen binnen de LUW mogelijk en vruchtbaar is gebleken.

Deze inbreng was van wezenlijk belang bij het ontwerp.

In de eerste fase is ook de conclusie getrokken om geen bestaande simulatiesoftware te kiezen. De randvoorwaarden, gesteld aan een simulatie- en modelleeromgeving worden bepaald door onderwijskundige, simulatiekundige en andere motieven, afkomstig van de diverse vakgebieden van de beoogde gebruikers. Deze randvoorwaarden stellen hoge eisen, die zeer specifiek en daarnaast zeer complex zijn. Hierdoor kon er bij de bestaande software geen bruikbaar kant-en-klaar-pakket worden gevonden.

Zelf ontwikkelen is duur, maar de baten wegen op tegen de lasten. Een maatpak is duurder, maar zit beter dan een keurslijf van de confectiewinkel. Op dit moment ligt het maatpak nog in delen bij de kleermaker. We hopen dat een gedeelte SMART meer wordt dan het prototype, meer dan een halve SMART.

### Literatuur

- Blom, J.J.Chr. (1996). Complex cognitive goals in the agricultural sciences: Simulation in plant production education. In: Beijaars, D., Bor, W. van den & Vries, A.Ph. de (1996). Professionalism in education, Vakgroep Agrarische Onderwijskunde, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Hebenstreit, J. (1988). Computers and education: An encounter of the third kind. In: F. Lovis, & E.D. Tagg (Eds.), Computers in Education (3-11). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Moore, J.L. & Thomas, F.H. (1983). Computersimulation of experiments: a valuable alternative to traditional lab work for secondary school teaching. *School Science Review*, 64 (229), 641-655. @