

# ONDERSTEUNING EN OPTIMALISERING VAN DE KASKLIAMAATREGELING VAN DE TOMATENTEELT OP LANGE TERMIJN MET BEHULP VAN EEN EXPERTSYSTEEM.

P.J. Schotman<sup>1</sup>

*Dat de ontwikkelingen in de informatietechnologie op tuinbouwbedrijven snel gaan, heeft de heer F.P. van Horsen in het vorige nummer van de VIAS-Nieuwsbrief duidelijk gemaakt. Hij heeft in dat artikel vooral de ondersteuning van het algemene management door toepassing van informatietechnologie besproken. In dit artikel wil ik de stand van zaken m.b.t de automatisering van de kasklimaatregeling bespreken.*

De kasklimaatregeling is op tuinbouwbedrijven, die gewassen in monocultuur telen, de belangrijkste zorg voor de tuinder omdat het bedrijfsresultaat en de toekomst van het bedrijf geheel afhangen van dat ene gewas. Hij realiseert zich dat terdege en is zeer geïnteresseerd in publikaties over de klimaatregeling van zijn gewas. De meeste tuinders worden door deskundigen van leveranciers en voorlichtingsdiensten regelmatig bijgestaan met advies over het klimaat. De wetenschap ondersteunt de tuinder door onderzoek, waarbij de reacties van de plant en het gewas op de diverse variabelen (licht, temperatuur, water en CO<sub>2</sub>) die de groei en ontwikkeling beïnvloeden, gemeten en geanalyseerd worden. Uit dit onderzoek zijn enkele jaren geleden modellen ontwikkeld die de groei van planten voor een periode korter dan een dag goed beschrijven. Het is dus mogelijk om de groei van planten te simuleren. De tuinbouw kan in de praktijk met deze modellen weinig uitrichten, omdat er op de lange termijn allerlei interacties optreden die door deze modellen niet beschreven worden. Bijvoorbeeld één hoge fotosynthese op dit moment (op zich positief) kan leiden tot hoge onderhoudskosten voor de plant later.

Deze modellen zijn nuttig;

- Omdat ze processen beschrijven die op zichzelf niet zichtbaar zijn, de gevolgen echter wel. Het gebruiken van een model vergroot het inzicht in de plant substantieel, de tuinder loopt niet meer achter de feiten aan. Hij kan bijvoorbeeld extra water geven of proberen de verdamping van de plant te verminderen, als hij weet dat de plant veel aan het verdampen is.

- Doordat men de groei van planten op korte termijn kan simuleren, kan ze binnen de restricties van de lange termijn ook geoptimaliseerd worden.

Wat de tuinbouw nodig heeft, is een omgeving waarin bovenstaande voordelen tot uiting kunnen komen, om zo een geheel nieuwe methode van klimaatbeheersing te realiseren. Een expertsysteem kan in deze leemte prima voorzien omdat een expertsysteem flexibel met veranderende omstandigheden zoals bijvoorbeeld plantengroei en kasklimaat kan omgaan. Ook kan een expertsysteem redeneren met onzekerheden (het weer bijvoorbeeld). Het expertsysteem kan tevens bewaken dat het simulatiemodel alleen wordt toegepast binnen het gebied waar het geldig is.

## Eisen aan het systeem

Om de acceptatie van het toekomstige expertsysteem te garanderen moet aan onderstaande eisen worden voldaan.

- Doorzichtigheid t.a.v. de beslissingen die het systeem neemt omdat het vertrouwen van de gebruiker (de tuinder) vereist is, immers zijn broodwinning hangt er vanaf.
- Er moet een uitgebreide uitleg-faciliteit ontwikkeld worden, die de beslissingen van het systeem kan verklaren, dit om de acceptatie te bevorderen.
- Optimale besturing van het kasklimaat d.w.z. maximaliseren van de opbrengsten-kosten verhouding op de lange termijn. Onder deze doelstelling wordt rekening gehouden met de volgende zaken:
  - Teeltkundige randvoorwaarden,
  - Technische randvoorwaarden,
  - Arbeidsbehoefte en arbeidsklimaat,
  - Planning.
- De tuinder moet altijd het gevoel hebben dat het systeem doet wat hij wil.

1) De auteur is student aan de Landbouw Universiteit Wageningen, richting Tuinbouw. Dit artikel is tot stand gekomen naar aanleiding van zijn zes-maands afstudeervak aan de vakgroepen Informatica en Tuinbouw. Tussen deze vakgroepen is een samenwerkingsverband ontstaan waarin aan een project gewerkt wordt, dat beoogt een expertsysteem te ontwikkelen dat de tuinder kan ondersteunen bij de sturing van het klimaat in de kas. Het project wordt vanuit de vakgroep Informatica begeleid door drs. L.J. Maris, prof. dr. ir. H. Challa zorgt voor de ondersteuning vanuit de vakgroep Tuinbouwplantenteelt.

Dit resulteert, samen met een aantal aanvullende wensen, in het volgende functioneel ontwerp.

### Functioneel ontwerp

Het expertsysteem moet de volgende functies kunnen uitvoeren:

- Zelfstandig het gewas besturen, dit houdt in:
  - De informatie die nodig is van de tuinder moet door de tuinder op het door hem gewenste tijdstip ingevoerd kunnen worden,
  - Informatie die nodig is van andere externe bronnen moet automatisch opgevraagd kunnen worden,
  - Het systeem moet zelfstandig klimaatgegevens binnen en buiten de kas kunnen meten,
  - Het systeem moet zelfstandig regelmechanismen in werking kunnen stellen, die een verandering kunnen brengen in het klimaat en de voedingssituatie van de plant.
- Informatie kunnen verstrekken aan de tuinder, deze informatie is op te delen in drie klassen:
  - Registratiegegevens:
    - De stand van zaken m.b.t. het klimaat in de kas,
    - Kwantitatieve gegevens m.b.t. de plant en het gewas,
    - De door de tuinder en het systeem vastgestelde waarden voor variabelen en constanten,
    - Gegevens die extern zijn opgevraagd.
  - Gegevens over problemen:
    - Problemen die gegeven de huidige klimaatomstandigheden kunnen optreden,
    - Waarom het systeem bepaalde problemen verwacht en waarom het andere niet verwacht,
  - Gegevens over handelingen:
    - Acties die het systeem verwacht te gaan ondernemen,
    - Waarom het bepaalde acties verwacht te moeten ondernemen en waarom andere acties niet.
- Het jargon van de tuinder kunnen begrijpen, dit houdt in:
  - Kwantitatieve gegevens zoals het systeem die gebruikt waar mogelijk omzetten in tuintersjargon,
  - Termen die de tuinder gebruikt en informatie die de tuinder levert, kunnen begrijpen.
- Op de wensen van de tuinder m.b.t. het ingrijpen in de klimaatregeling goed reageren:
  - Vooraf doorrekenen wat de door hem gewen-

ste wijzigingen in de klimaatregeling opbrengen of kosten,

- Klimaateisen die de tuinder doorgevoerd wil zien uitvoeren,
  - Waarden waar het systeem volgens de tuinder naar moet streven op een juiste wijze behandelen,
  - Redenen kunnen geven waarom het systeem deze acties zelf niet uit zou voeren en op deze manier met de tuinder "overleggen" wat er gedaan moet worden.
- Gebruik maken van modellen waarmee het gewas en het klimaat in de kas gesimuleerd kan worden, om zo de voor de plant best mogelijke klimaatvariabelen te vinden en er naar streven dat deze ook bereikt worden.

### Systeembeschrijving

Het systeem moet de volgende onderdelen gaan bevatten:

- 1 Een interface met de gebruiker,
- 2 Een "manager" van het systeem,
- 3 De kasklimaat- en gewasgroeimodellen,
- 4 Een optimalisering- en calculatiemodule,
- 5 De klimaatmeting en klimaatregeling.

Onderdelen 3 en 4 zijn grotendeels beschreven en worden geïmplementeerd. Onderdeel 5 is de klimaatmeting en regeling, deze bestaat reeds lang. Aan onderdelen 1 en 2 wordt nu gewerkt.

- *Het interface met de tuinder*  
Omdat de tuinder een geheel eigen vaktaal spreekt die zeer verschilt met het wetenschappelijk taalgebruik, moet deze module het jargon van de tuinder kunnen omzetten in de (wetenschappelijke) variabelen die het systeem gebruikt. De tuinder moet in zijn eigen jargon het systeem melding kunnen maken van waarnemingen die hij doet of handelingen die hij uit wil voeren en die een bepaald klimaat voorschrijven. Met deze nieuwe kennis moet deze vertaalmodule kunnen redeneren om zo de informatie die de tuinder geeft om te zetten in bruikbare variabelen die de manager van het systeem kan gebruiken bij zijn beslissingen. Dit is een probleem omdat de termen die de tuinder gebruikt veelal stammen uit het verleden; deze termen beschrijven problemen en acties die niet in één variabele van de modellen kunnen worden uitgedrukt. Er moet een combinatie gezocht worden van meerdere variabelen die één term geheel dekken, dit is een gebied waar weinig onderzoek naar is verricht. Een tweede probleem is de betekenis van de termen dit probleem is door de vakbladen in de tuinbouw al verschillende malen geconstateerd er zijn ter-

men die op vier verschillende manieren worden uitgelegd. Een derde probleem is dat de betekenis van verschillende termen regionaal niet overeenkomt. Het is dus zaak deze (problematische) termen goed te definiëren of niet te gebruiken.

- *De manager van het systeem*

Deze moet het klimaat in de kas optimaal besturen volgens de eisen die aan het systeem gesteld zijn. Hij heeft daarbij de ondersteuning van de bovenstaande onderdelen. Deze ondersteuning is echter momentaan dus beperkt (alleen externe informatie kan richting geven aan het lange termijn klimaatregelproces). De manager moet zelf een soort historie van het gewas en het klimaat bijhouden, dit kunnen variabelen zijn die de modellen berekend hebben of waarnemingen van meetapparatuur. Aan het geheel van geregistreerde en gesimuleerde gegevens moet de manager conclusies kunnen trekken t.a.v. de toestand van het gewas zodat hij op een juiste wijze op het klimaat in de kas kan reageren. Verder krijgt de manager informatie van de tuinder over de toestand van het gewas, als de tuinder opmerkt dat er "een zwaar gewas staat" dan moet de manager hierop kunnen reageren. Deze informatie over het gewas zal periodiek (per week) door de tuinder ingevoerd moeten worden. Beide informatiestromen kunnen met elkaar in tegenspraak zijn hier moet nog een oplossing voor gevonden worden.

Een volgend probleem waarvan nog geen zicht op de oplossing is, is de taakverdeling tussen de optimaliseringsmodule en de manager. De reden hiervoor is dat de eigenschappen van de optimaliseringsmodule nog niet helemaal bekend zijn. Het is de taak van de optimaliseringsmodule om mogelijke klimaatparameters aan te bieden die, als zij niet in conflict zijn met lange termijn eisen, door de klimaatregeling uitgevoerd kunnen worden.

## Kennisverwerving

De kennis en vaktaal van de tuinder is in kaart gebracht d.m.v. interviews met twee tuinders. Het eerste doel was het jargon van de tuinder in kaart te brengen; het tweede doel was de betekenis van de door hem gebruikte termen te achterhalen. Een bijkomend doel was kennis te verzamelen waarmee de manager moet gaan werken. De betekenis van de termen wordt gebruikt om deze termen uit te drukken in variabelen van de modellen. Bij het houden van de interviews zijn een aantal problemen geconstateerd.

Het eerste probleem is dat de twee tuinders elkaar tegenspreken, dit heeft een aantal oorzaken:

- Het verschil in teeltsysteem. Dat beide tuinders tomaten telen betekent nog niet dat hun teeltomstandigheden hetzelfde zijn. Het gaat in dit kader vooral om technische verschillen maar geen twee bedrijven zijn hetzelfde. Dit is dus een extra probleem voor de toepassing van het expertsysteem: het zal voor elk bedrijf aangepast moeten worden.
- Het verschil in benadering, het belang dat men hecht aan bijvoorbeeld de kwaliteit van het geogste produkt en de gevolgen van de gehanteerde benadering voor de teelthandelingen.
- Het verschil in kunde, "de groene vingers" van de tuinder (expert). Dit is van belang t.a.v. de keuze die de expert maakt.

Er is daarom gekozen om voorlopig slechts de kennis van één expert te gebruiken en alleen diens kennis te implementeren.

Een tweede probleem dat speelt, is het moment van interview. Het is gebleken dat antwoorden (de oplossing voor een bepaald probleem) van de expert vooral gerelateerd worden aan de wijze waarop een bepaald probleem zich in die periode van het jaar manifesteerde, terwijl hetzelfde probleem in een andere periode van het jaar heel anders zou worden opgelost.

Een derde probleem is de denktrant van de tuinder. Tuinders denken in termen als acties (bijvoorbeeld stoken of de luchtramen openen) die zij kunnen ondernemen en processen (zoals groei of schade) die zij willen beïnvloeden, terwijl niet de actie maar het gevolg van de actie invloed heeft op een proces. Een voorbeeld is de variabele temperatuur die stijgt tijdens het stoken. De temperatuur heeft invloed op het proces groeien. Dit is zeer essentieel omdat het systeem met variabelen zoals temperatuur werkt en de tuinder veel minder.

In een later stadium kunnen ook andere bronnen voor kennisverwerving worden gebruikt. Vooral de voorlichtingsdiensten kunnen hierbij behulpzaam zijn omdat zij de schakel vormen tussen wetenschap en praktijk.

## Implementatie

Er is geprobeerd het systeem in de expertsysteemshell Acquaint (Lithp Systems B.V) te implementeren. Van Dijk (pers. med.) heeft geconstateerd dat Acquaint niet voldoende regels kan bevatten om het systeem binnen deze shell goed te laten functioneren. Ook heeft Acquaint een aantal bugs die het werken met deze shell niet vereenvoudigen. Het eerste probleem komt wel vaker voor bij andere expertsysteemshells. Vedder (1989) heeft zes shells onderzocht, waarvan vier aan hetzelfde probleem lijden. Al-

leen Guru (Micro Data Base purge en Personal Consultant Plus (Texas Instruments) werden geschikt bevonden voor toepassingen op grote schaal.

#### Tot slot

Ondanks de vele problemen die er zijn, moet het mogelijk zijn om een expertsysteem te ontwikkelen dat het klimaat in de kas kan regelen zonder regelmatig ingrijpen van de tuinder en dat daarbij de produktie kan verhogen en de kwaliteit van de geogoste produkten kan verbeteren.

#### Literatuur

Richard G. Vedder, 1989, 'PC-based expert system shells: some desirable and less desirable characteristics.', EXPERT SYSTEMS, februari 1989, jaargang 6, nr.1. □

## BEDRIJVEN EN PRODUCTEN

### GLOBAL OVERZICHT PR-INVVOERPROCEDURE EN DE PR-UITVOERPROCEDURE

J.M.A. Nijssen<sup>1</sup>

---

*Voor het maken van rekenprogramma's wordt op het PR gebruik gemaakt van een aantal standaard procedures. Deze procedures verzorgen de invoer van gegevens naar een rekenprogramma en de uitvoer van rekenprogramma's naar een rapport. De procedures zijn beschikbaar voor de VAX en voor IBM-compatibel computers.*

---

De PR-invoerprocedure en de PR-uitvoerprocedure bestaan beide uit twee programma's, een generatorprogramma en een uitvoerend programma. De programmeur maakt met behulp van een willekeurige tekst-editor een invoer- of een uitvoerontwerp aan. Dit ontwerp wordt door het betreffende generatorprogramma op fouten gecontroleerd en bewerkt. De bewerkte ontwerpen worden als direct-access files bewaard. Ze zijn dan voor het uitvoerende programma sneller toegankelijk. Een run van het gewenste rekenprogramma wordt aangeroepen via een commando-procedure. In die commando-procedure worden achtereenvolgens de PR-invoerprocedure, het rekenprogramma en de PR-uitvoerprocedure aangeroepen.

#### De PR-invoerprocedure

De invoer-definitie bestaat uit twee onderdelen. In de **vragenset** wordt de tekst van alle vragen vastgelegd. Ook de hulpinformatie die de gebruiker kan krijgen wordt per vraag in de vragenset vastgelegd. Een groep van één of meerdere vragen vormt een pagina. Elke pagina en elke vraag heeft een naam of nummer. De combinatie van paginanaam en vraagnaam maakt een vraag uniek. Via deze combinatie wordt een relatie gelegd met de beperkingenset. In de **beperkingenset** wordt opgegeven welke vragen aan de gebruiker gesteld moeten worden. Het is ook mogelijk om onderdrukt, zonder dat de gebruiker dit merkt, standaardwaarden aan het rekenprogramma mee te geven. Deze standaardwaarden kunnen afhankelijk zijn van eerder door de gebruiker gegeven antwoorden. De antwoorden van de gebruiker moeten binnen de door de programmeur op te geven grenzen vallen. Wanneer de invoer gegenereerd wordt en er worden fouten geconstateerd in de definitie, dan wordt er een fouten-bestand gemaakt. Op verzoek van de programmeur kan ook een verslag van de invoer gemaakt worden.

---

1) J.M.A. Nijssen is onderzoeker bij de sectie economie van het Proefstation voor de Runvechouderij.