

Operationele Research

Th.H.B. Hendriks

In dit artikel wordt een globaal overzicht gegeven van een aantal projecten waar de sectie Operationele Analyse (OA) van de vakgroep Wiskunde van de Landbouwniversiteit Wageningen (LUW) bij betrokken is. De door de sectie OA uitgevoerde onderzoeken vinden vaak plaats in samenwerking met andere vakgroepen van de LUW, Landbouwkundige Instituten en/of het bedrijfsleven.

Aan de hand van een aantal voorbeelden worden karakteristieke en toepassingsmogelijkheden van Operationele Research toegelicht.

Modelbouw

Een wezenlijk kenmerk van de Operationele Research (OR), ook wel Operationele Analyse of Management Science genoemd, is dat zoveel mogelijk geprobeerd wordt aspecten van beslissingsproblemen te kwantificeren op basis van modellen. Zonder volledig te willen zijn kunnen we OR als volgt omschrijven (Van Beek, Hendriks, 1985).

OR houdt zich bezig met het bouwen, analyseren en implementeren van (wiskundige) modellen, die dienen om besluitvormingsprocessen te ondersteunen.

Hierbij kunnen de volgende hoofdfasen vaak worden onderscheiden (zie figuur 1):

- 1 - Analyse van de situatie waarop de besluitvorming betrekking heeft;
- 2 - Bouwen van een (wiskundig) model dat door middel van relaties zo goed mogelijk de werkelijkheid weergeeft;
- 3 - Analyse van het model en het doorrekenen van het model d.w.z. de bepaling van de optimale c.q. goede oplossingen;
- 4 - Het vertalen van de oplossingen uit het model naar oplossingen ten behoeve van het feitelijke besluitvormingsproces.

Uiteraard dient regelmatige terugkoppeling tussen de verschillende fasen plaats te vinden.

Een model is een abstracte beschrijving van de beslissingssituatie. In een model worden beslissingen weergegeven door variabelen en de samenhang en kwaliteit van de beslissingen worden door relaties gerepresenteerd.

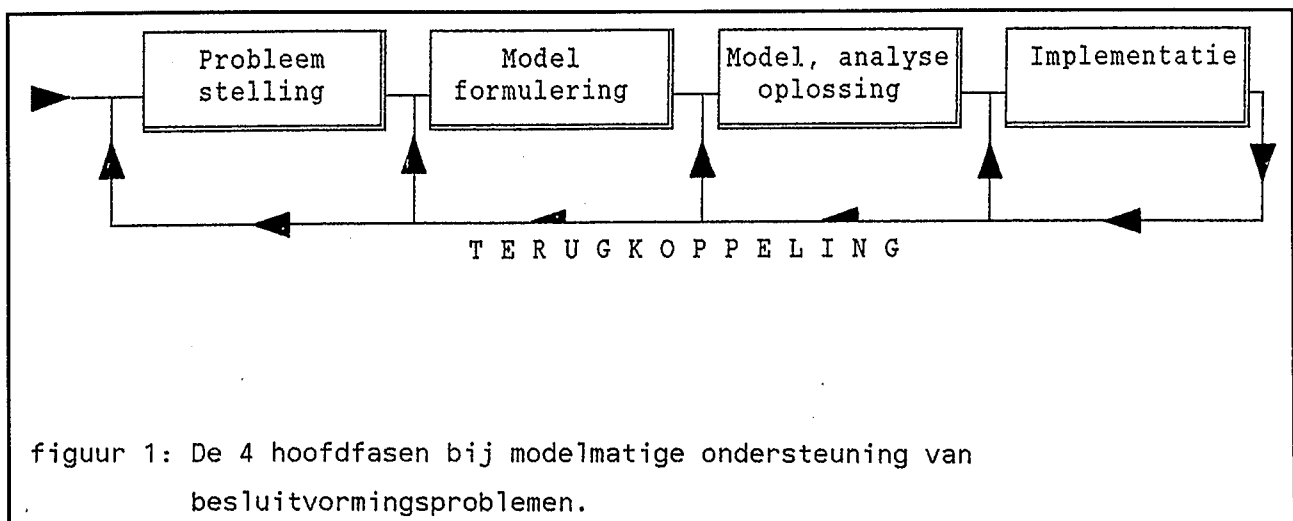
Een aantal belangrijke motieven om modellen te bouwen zijn:

- Het bouwen van een model vereist grondig inzicht in de besluitvormingssituatie. Hierdoor wordt vaak al een beter inzicht in de problematiek verkregen en een deel van de problemen opgelost;
- Het model kan worden ontworpen om op eenvoudige en goedkope wijze beslissingen te *evalueren*. Het model wordt gebruikt om "what-if" vragen snel en tegen geringe kosten te kunnen beantwoorden. Met behulp van simulatiemodellen kunnen bijvoorbeeld op grond van verschillende instellingen van parameterwaarden bruikbare oplossingen worden bepaald;
- Men kan ook een model ontwerpen om beslissingsvarianten te *genereren*. Hierbij worden vaak optimaliseringstechnieken (zoals lineaire, geheeltallige, en niet lineaire programmering) ingezet.

Een model zal vrijwel nooit een één op één afbeelding van de werkelijkheid zijn. Om het model wiskundig hanteerbaar en oplosbaar te maken moeten vaak ook modelmatige wijzigingen worden aangebracht. Bijvoorbeeld niet-lineaire relaties zullen soms gelineariseerd moeten worden.

Een en ander impliceert dat de uiteindelijk verkregen modeloplossing nog op zijn praktische bruikbaarheid getoetst moet worden.

Bij vele praktijkproblemen is daarom vanaf de probleemstelling tot en met de implementatie van het ontwikkelde systeem een nauwe samenwerking tussen de modelbouwer en de opdrachtgever noodzakelijk. Voor het welslagen van vele projecten zal bovendien de samenwerking multidisciplinair c.q. interdisciplinair van aard zijn: bedrijfskundigen, technici, informatici, biologen, wiskundigen zullen in harmonie hun bijdragen moeten leveren.



Het uiteindelijke modelresultaat zal slechts zelden de plaats van de beslisser in kunnen nemen. Omgekeerd geldt ook dat vele planningsproblemen niet zonder gebruik van kwantitatieve technieken kunnen worden opgelost. Beslissingsondersteunende systemen, ook wel interactieve planningsystemen genoemd (Anthonisse, Lenstra, Savelsbergh, 1988), behoren de sterke punten te combineren van enerzijds menselijk inzicht en ervaring en anderzijds het rekenvermogen en de nauwkeurigheid van optimaliseringstechnieken.

OR in de lift

Met toenemend succes worden kwantitatieve technieken bij beslissingsproblemen ingezet en de belangstelling vanuit de maatschappij groeit.

Dit is te danken aan een aantal factoren, waarvan enkele belangrijke zijn:

- Door de enorme vooruitgang in informatietechnologie zijn bijvoorbeeld gegevens opgeslagen in databases en deze kunnen snel en overzichtelijk (grafische mogelijkheden) worden onderhouden op allerlei aggregatie niveaus;
- Steeds betere, snellere, gebruikersvriendelijkere en goedkopere software komt ter beschikking;
- Voor het toepassen van optimaliseringssoftware is men niet noodzakelijk aangewezen op dure pakketten en mainframes; men kan vaker met een "eenvoudige" PC volstaan;
- Omdat goedkope software en PC's beschikbaar zijn kunnen projecten op initiatief van en in samenwerking met de uiteindelijke planner worden uitgevoerd. Het topmanagement hoeft eventueel pas overtuigd te worden als het prototype van het systeem al draait. Tot voor vijf jaar terug werden projecten gestart op initiatief van het topmanagement en werd de planner in het opgelegde keurslijf vaak tegen zijn wil gedwongen hetzij of medewerking te verlenen, dan wel een systeem te gebruiken dat op geen enkele wijze rekening hield met zijn wensen;
- Door de OR-successen in de praktijk raken o.a. studenten overtuigd van het nut van kwantitatieve technieken. Steeds meer studenten kiezen in hun vakkenpakket OR-onderwijselementen. Aan de LUW is bijvoorbeeld het percentage studenten dat de inleidende OR-cursus volgt in 10 jaar toegenomen van 5% naar 25% van het totaal aantal studenten. Afgestudeerd en werkzaam bij bedrijven en instellingen zijn ze in staat problemen te herkennen die vragen om toepassing van kwantitatieve technieken. Op hun initiatief worden dan vaak weer in samenwerking met de LUW zinvolle stage-onderwerpen gedefinieerd;
- Meer theoretisch geïnteresseerde OR-deskundigen blijven terecht in hun "ivoren toren" en proberen inzicht te krijgen in de vaak zeer complexe problematiek om "optimale" dan wel "goede" benaderende algoritmen te ontwikkelen. De meer praktisch ingestelde operations researcher kan dan, gebruik makend van deze formele gereedschappen, de actuele praktijkproblemen trachten op te lossen. In de 80-er jaren is een duidelijke toename te constateren van OR-deskundigen die steeds meer op

de praktijk gericht zijn. Het lijkt of prioriteiten de laatste jaren verschuiven in de richting van de toepassingen;

- Door het uitvoeren van derde geldstroomprojecten ontstaan extra mogelijkheden.

De personele formatie van de sectie OA van de LUW bijvoorbeeld is uitgebreid en noodzakelijke hard- en software kon via derde geldstroomgelden worden aangeschaft. Hierdoor is men niet langer alleen maar aangewezen op het mondjesmaat en druppelsgewijze beschikbaar komen van eerste geldstroom budgetten.

Na deze algemene inleiding worden een aantal voorbeelden van toepassingen met landbouwkundige achtergrond belicht.

OA toepassingen in de ruilverkaveling

Bepaling optimale aantal bedrijfskaartjes t.b.v. ruilverkaveling

Het Cultuurtechnische Inventarisatiesysteem wordt door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) gebruikt bij de voorbereiding van landinrichtingsprojecten. Een onderdeel van dit systeem is het maken van zogenaamde bedrijfskaarten. Een bedrijfskaart is een kaart van gegeven (vaste) afmetingen, waarop een aantal grondkavels van één bedrijf zijn weergegeven. Een kaart kan op alle mogelijke plaatsen gesitueerd worden. Bij een aantal bedrijven liggen de grondkavels zodanig verspreid dat ze niet op één bedrijfskaart kunnen worden weergegeven.

Probleemstelling:

Gegeven is de ligging van alle grondkavels van een bepaald bedrijf.

Opdracht: bepaal het minimaal aantal bedrijfskaartjes dat nodig is om alle grondkavels tenminste één maal volledig in kaart te brengen.

Het probleem kan worden geformuleerd als een zgn. set-covering probleem (Timmermans, 1988):

$$\begin{aligned} & \text{Min}(1'x) \\ & \Delta x \quad 1 \\ & x_i = 0 \text{ of } 1. \end{aligned}$$

Hierbij geven de variabelen x_i aan of kaart i in de uiteindelijke verzameling wel ($x_i = 1$) of niet ($x_i = 0$) opgenomen moet worden. De te minimaliseren doelstellingsfunctie zorgt ervoor dat het totaal aantal benodigde kaarten minimaal is, terwijl op grond van de voorwaarden iedere kavel op tenminste één kaart gesitueerd wordt.

Door reductie van de zgn. "incidentie"-matrix Δ konden alle ICW problemen binnen seconden optimaal worden opgelost.

Kaveltoedeling

Samen met het ICW en de vakgroep cultuurtechniek van de LUW heeft de sectie OA ook onderzoek gedaan aan de volgende *ruilverkavelingsproblematiek* (Linssen, 1983). Bij de herinrichting van gebieden spelen ten aan-

zien van de herindeling kaveltoedelingen o.a. twee criteria een rol:

- de totale afstand tussen moederbedrijf en de kavels die aan het moederbedrijf toegewezen gaan worden moet liefst minimaal zijn;
- de samenhang tussen de kavels, die aan een bedrijf worden toegedeeld moet maximaal zijn (grotere aaneengesloten kavels zijn eenvoudiger te bewerken).

Op grond van deze criteria is een kwadratisch toewijzingsmodel en een rekenprogramma ontwikkeld, dat als ondersteuning in de complexe ruilverkavelingsproblematiek dienst kan doen.

De mestproblematiek

Door de groei van de intensieve veehouderij is het steeds moeilijker geworden om alle geproduceerde mest een aanvaardbare bestemming te geven. Als gevolg van de invoering van wettelijke maatregelen wordt deze mestproblematiek steeds duidelijker. Thans en in de toekomst zal het mestprobleem grote moeilijkheden opleveren.

De kern van het probleem is het overschot aan mineralen (fosfaat, nitraat en kali) in de dierlijke mest. Het evenwicht tussen de toevoer en de afvoer van mineralen in de landbouw is verstoord door het gebruik van voeders van buiten het bedrijf. Met name de import van veevoedergrondstoffen ten behoeve van de intensieve veehouderij speelt hierbij een grote rol. Ten gevolge van het mineralen-overschot kan niet langer alle dierlijke mest, op verantwoorde wijze, binnen de landbouw worden afgezet.

Overdosering van dierlijke mest leidt tot aantasting van de bodemvruchtbaarheid en een achteruitgang van de kwaliteit van de gewassen. Bovendien leidt de overdosering tot aantasting van de kwaliteit van het grondwater en draagt het bij aan de eutrofiëring van het oppervlaktewater in voedselarme gebieden. Het vrijkomen van ammoniak uit mest is één van de oorzaken van de "zure regen".

Als gevolg van de wettelijke maatregelen om overbemesting tegen te gaan zal er in de toekomst sprake zijn van grootschalig transport, opslag en verwerking van mest. Ook de hiermee gepaard gaande kosten zullen toenemen. Daarom is van belang de transportmiddelen, de opslagplaatsen en de verwerkingsinstallaties zo te kiezen dat de kosten hierbij zo laag mogelijk zijn.

Om meer inzicht te krijgen in deze logistieke problematiek is bij het IMAG (Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen) in samenwerking met de sectie OA een beslissingsondersteunend systeem (zie ook 3.3) in ontwikkeling. De basis van dit systeem is een wiskundig model waarmee in een concrete situatie, gegeven de mestproductie en mogelijkheden voor afzetverwerking, transport, opslag e.d., een optimale logistieke structuur (inclusief kosten) wordt bepaald.

Een eerste prototype van het systeem is gereed en reeds in de praktijk getest (R.M. de Mol, 1988).

OR toepassingen in de bosbouw

De sectie OA heeft in samenwerking met de vakgroep Bosbouwtechniek van de LUW een aantal projecten uitgevoerd. Bosbeheer is gericht op het bereiken doelen van recreatieve, ecologische en economische aard.

Economisch gezien houdt bosbeheer met name in dat de exploitatie tegen minimale kosten moet geschieden. Aan een drietal onderzoeken heeft de sectie meegewerkt.

Optimalisatie van een wegennet in bossen

Bij de exploitatie van bossen vindt o.a. transport plaats van personeel, hout en plantsoen. Geogst hout wordt uitgeslept naar reeds aangelegde of nog aan te leggen (bos)wegen. In het uitgevoerde optimalisatieonderzoek is getracht het bos zo goed mogelijk te ontsluiten d.w.z. een zodanig wegennet te ontwerpen dat de totale transportkosten vermeerderd met de weggkosten (wegaanleg- en wegonderhoudskosten) minimaal zijn (Reinders, Wijngaard, 1984).

Optimalisering van het dunningsregime en bepaling van de omlooptijd van Douglas-hout

Dunning van het bos heeft enerzijds ten doel de onderlinge concurrentie van bomen binnen zekere grenzen te houden en anderzijds dient de groei van het bos vooral te worden geconcentreerd op de voor de houtverwerking meest geschikte bomen. Dunning heeft dus zowel een bosverzorgend- als een produktiekarakter. Eindkap vindt plaats aan het einde van de omloop; meestal komt dit erop neer dat alle bomen die nog staan worden gekapt waarna de kaalgekapte vlakte opnieuw met de gewenste boomsoort wordt beplant. In Nederland worden vele bossen op deze wijze beheerd.

Met behulp van stochastische dynamische programmering is, in samenwerking met de vakgroep Boshuishoudkunde, een model ontwikkeld dat jaarlijks aangeeft waar, wanneer en hoeveel bomen uit een bos dienen te worden gedund. De groei van een bos is o.a. afhankelijk van de gekozen dunningsstrategie. Afhankelijk van de dunnings-taktiek is het "optimale" tijdstip te berekenen waarop kaalkap van het bos moet plaatsvinden (Heijmans, 1989).

Een beslissingsondersteunend systeem t.b.v. de logistiek in de houtverwerkende industrie

Bij een aantal houtverwerkende industrieën worden boomstammen verzaagd tot half-, of eindprodukten (latten, balken, enz.). Doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een beslissingsondersteunend systeem (Decision Support System: DSS) t.b.v. investerings-, produktie-, en voorraadvraagstukken (Reinders, Hendriks, 1989).

De in de literatuur gegeven definities van een DSS zijn niet eenduidig. In dit artikel is er sprake van een DSS als het systeem over een drietal geïntegreerde modules beschikt (zie figuur 2). Van essentieel belang is voorts dat er een wiskundig model aan de beslissingsondersteuning ten grondslag ligt.

Ook het DSS voor de houtverwerkende industrie bestaat uit een drietal componenten:

- 1 - De Database

De database bevat o.a. gegevens over de produkten, bijvoorbeeld soort, lengte- en diameterverdeling van de grondstoffen (bomen), halfabrikaten (sortimenten) en eindprodukten (latten).

Voorraad- en vraagcijfers van de produkten, machine-

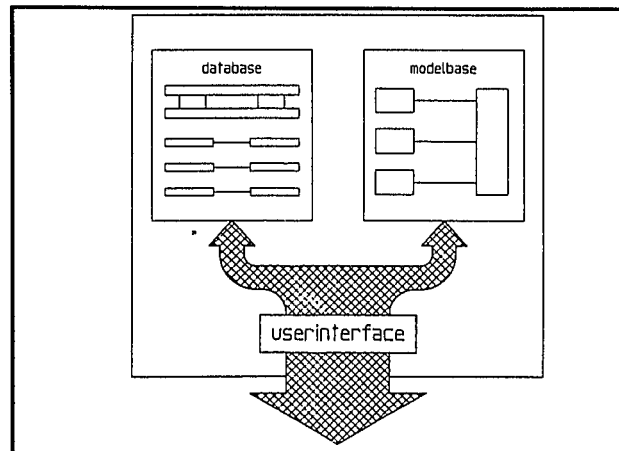
specificaties, personele- en capaciteitsgegevens, bedrijfslayout etc.;

• 2 - De Modelbase

Dit is het eigenlijke hart van het systeem. Het bevat een aantal Operations Research modellen en oplossingsgereedschappen;

• 3 - User-interface

Dit is het gedeelte waar de uiteindelijke gebruiker/planner mee te maken krijgt. De gebruikersvriendelijkheid van deze component bepaalt, uiteraard naast de voorgestelde beslissingsvarianten en -adviezen, of het DSS zal worden geaccepteerd en toegepast;



Figuur 2. De drie componenten van een Decision Support Systeem (DSS).

Doel van het DSS is het ondersteunen van beslissingen op strategisch, tactisch en operationeel niveau:

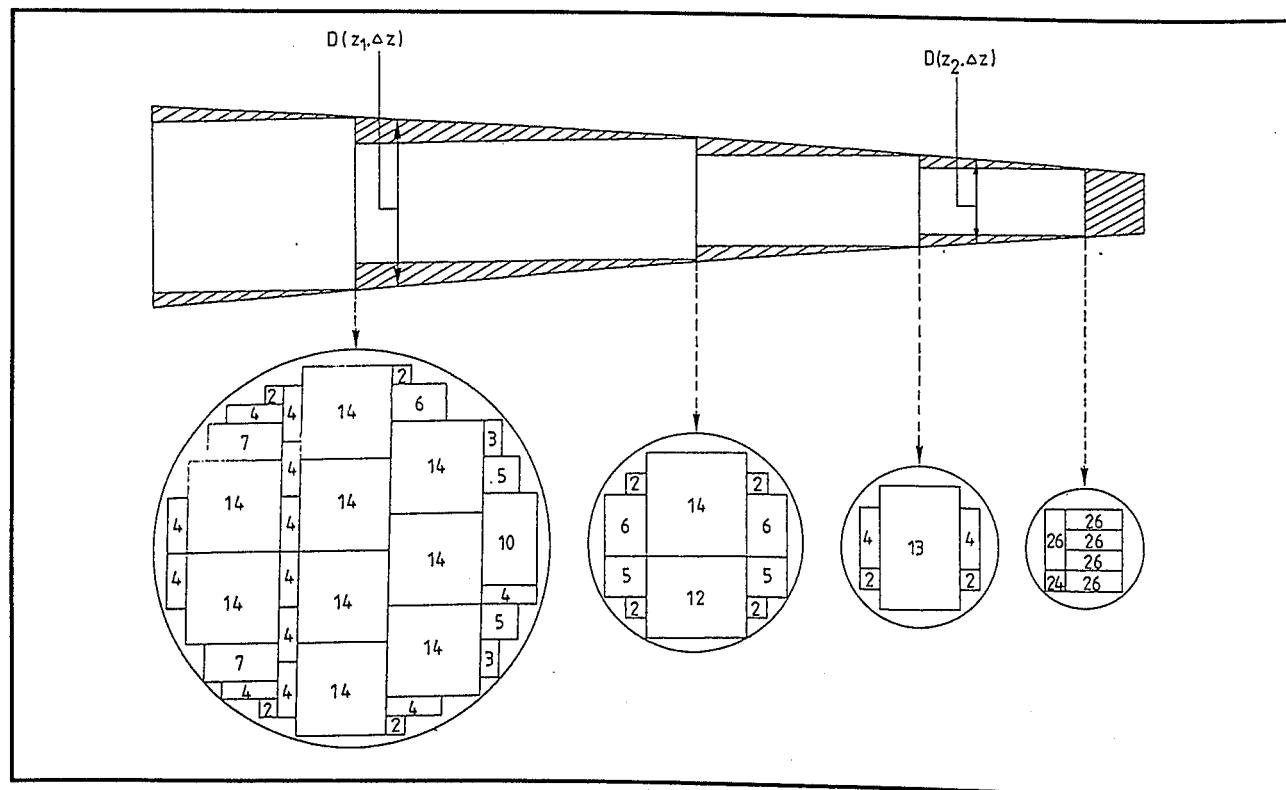
- op strategisch niveau kan het systeem worden ingezet t.b.v. bijvoorbeeld investeringsvraagstukken, het inschatten van effecten van nieuwe machines, uitbreiding van personeel en de invloed van nieuwe producten;

- op tactisch niveau wordt een productieplan voor verscheidene perioden gegenereerd. Hierbij wordt o.a. rekening gehouden met de vraag- en voorraadcijfers van de eindproducten (latten), de voorraadcijfers van de grondstoffen (bomen) en de halffabrikaten en de productiecapaciteit. De probleemstelling wordt extra bemoeilijkt door het optreden van zogenaamde koppelproductie. Het zagen van eindproducten met hoge waarden c.q. veel vraag brengt met zich mee dat "automatisch" ook minder "waardevolle" producten worden gezaagd;

- op operationeel niveau wordt een boom optimaal verzaagd tot eindproducten. Het verzaagen van bomen geschiedt in twee fasen. In fase 1 wordt de boom loodrecht in zogenaamde sortimenten gezaagd. In fase 2 worden deze sortimenten verzaagd tot de eindproducten. Het bepalen van een optimaal zaagpatroon is een zogenaamd driedimensionaal rugzakprobleem. Afhankelijk van de in fase 1 afgezaagde sortimentslengte wordt in fase 2 de waarde van het sortiment geoptimaliseerd door rechthoekige eindproducten van verschillende afmetingen en waarden, zo goed mogelijk in de cirkelvormige doorsnee te passen (zie figuur 3);

Het ontworpen algoritme en de bijbehorende software is zowel zeer efficiënt als effectief zodat on-line toepassingen mogelijk zijn. Het algoritme kan uiteraard ook zeer efficiënt worden gebruikt voor het verzaagen van rechthoekige platen. De methode bleek bij vrijwel gelijkblijvende effectiviteit veel efficiënter dan bestaande algoritmen.

Figuur 3. Het optimaal zagen van een boom. In fase 1 wordt de boom in sortimenten gezaagd. In fase 2 worden deze sortimenten optimaal ingedeeld in eindproducten. Optimaal zagen van een boom betekent integratie van fase 1 en 2.



Integrale logistiek

Ideeën en modellen die ten grondslag liggen aan het in 3.3 besproken onderzoek worden ook met succes ingezet in het project *Integrale Logistiek in de Vleesverwerkende Industrie* (Hendriks, Krielaart, 1988).

Het optimaal zagen van bomen vertoont immers een zekere "gelijkenis" met het optimaal versnijden van varkens tot eindproducten c.q. halffabrikaten.

Integrale Logistiek is gericht op een zo efficiënt mogelijke planning van de goederenstroom in bedrijven, vanaf de inkoop van grondstoffen tot de verkoop van eindproducten aan afnemers. In de agribusiness is een verbeterde efficiency van de besturing van de goederenstromen van groot belang. De agribusiness wordt o.a. gekenmerkt door de vaak seizoensgebonden beschikbaarheid en afname van (meestal) bederfelijke producten.

Na de oogst loopt de kwaliteit van vele tuinbouwproducten snel terug.

Onderwerp van een onlangs bij het Instituut voor Agrotechnologisch Onderzoek (ATO) gestart onderzoek met begeleiding vanuit de sectie OA is de ontwikkeling van *kwantitatieve modellen voor ontwerp en analyse van agrologistieke naaogstketens*. Op welke tijdstippen en hoe moeten de producten geoogst worden, hoe vindt het transport (wel/niet gekoeld) naar fabriek c.q. klant plaats. Hoe kan een efficiënte en effectieve sortering en opslag van de producten plaatsvinden, op welke wijze dienen de producten te worden verpakt (o.a. t.b.v. kwaliteitsbehoud) en hoe dienen productiesystemen te worden ontworpen opdat een snelle verwerking mogelijk wordt?

Productieplanning in potplantenbedrijven

In Nederland worden bij ruim 2000 bedrijven potplanten in kassen gekweekt. Het "productieproces" start door veel kleine plantjes per m² op te potten; deze plantjes worden tijdens de groei één of meer keren wijdergezet (dus minder planten per m²) totdat ze zijn volgroeid, waarna ze worden afgeleverd. Afhankelijk van het jaargetijde kent iedere plant een plantspecifieke groei en vergt arbeid voor verzorging en wijderzetten (neemt dus afhankelijk van de groei variabele kasruimte in). De opbrengstprijzen zijn bovendien soms sterk seizoensafhankelijk. Het planningsproces is zeer complex omdat tientallen verschillende soorten planten in de kassen voor kunnen komen. Bij de potplantentelers bestaat grote behoefte aan een beslissingsondersteunend systeem t.b.v. de planning. In samenwerking met het IMAG is een DSS systeem ontwikkeld dat op PC's is geïmplementeerd.

Het berekenen van de tactische planning: het aantal op te potten planten van iedere soort gedurende vierwekelijkse perioden is met succes afgerond (Saedt, Hendriks, Smits, 1990). De operationele planning om op grond van de tactische planning tot dagelijkse beslissingen te komen is nog steeds een probleem. Met name speelt daarbij het plaatsingsprobleem van de planten binnen een kas of afdeling een grote rol.

De sectie is ook betrokken bij het Intern Beschermd Programma: DSS in de Akker- en Tuinbouw waarin de potplantenproblematiek van een andere invalshoek wordt bestudeerd.

Melkcontrôle door het Friese Rundvee Syndicaat

Het Friese Rundvee Syndicaat (FRS) is een coöperatieve vereniging van melkveehouders in Friesland. Deze organisatie biedt bepaalde diensten aan haar leden. Een van deze diensten is de zogenaamde melkcontrôle. De aangesloten boeren kunnen op vrijwillige basis naar keuze één keer in de drie of vier weken de melk van de koeien laten inspecteren. Bij een inspectie wordt de totale melkgift van iedere koe gemeten. Bovendien worden melkmonsters genomen voor verder onderzoek op een laboratorium. De exacte dag waarop de controleur de boer bezoekt wordt pas 24 uur tevoren medegedeeld.

De controle vindt 's avonds en bovendien de ochtend daarop plaats en vergt dan zoveel tijd dat een controleur per dag slechts bij één boer de inspectie kan verrichten. De provincie Friesland is t.b.v. de controle in een aantal districten verdeeld. In een district moeten ongeveer 800 aangesloten boeren door een 50-tal controleurs worden bezocht. De boeren en controleurs wonen verspreid over de provincie waar sloten, rivieren, kanalen en meren rechtstreekse wegverbindingen onmogelijk maken.

Naast een vergoeding voor de inspectie krijgt de controleur ook een vergoeding voor iedere afgelegde kilometer tussen zijn woonplaats en de te bezoeken boerderij. De afstand wordt vier keer afgelegd, zowel 's avonds als 's ochtends de heen- en terugreis.

De reisdeclaraties vormen een aanzienlijk bestanddeel van de totale inspectiekosten. De toewijzing van de controleurs aan boeren dient zodanig te zijn dat de totale af te leggen afstand zo klein mogelijk is. Het te ontwikkelen systeem dient bovendien rekening te houden met de volgende al dan niet "harde" eisen en omstandigheden:

- een sterk wisselend bestand van aangesloten boeren;
- de inspectie is vrijwillig. Indien de boer verhinderd is heeft hij in beperkte mate de mogelijkheid de inspectie één of meer dagen te verschuiven;
- de verzameling controleurs is eveneens sterk wisselend. Vele controleurs werken op part-time basis en zijn niet allemaal even bekwaam. Niet iedere controleur kan alle soorten meetapparatuur bedienen;
- niet iedere boer/controleur combinatie is toegestaan op grond van bijvoorbeeld familiebanden;
- het is niet toegestaan dat een controleur steeds dezelfde boer bezoekt;
- sommige boeren hebben meetapparatuur op het bedrijf, bij andere boeren moet de controleur de beperkt beschikbare meetapparatuur van het FRS meebrengen.

Doelstelling van dit onderzoek was enerzijds het vermindern van de variabele kosten en anderzijds de tijd die nodig is om een week- en dagplanning te maken te verkorten.

Het enorme aantal mogelijke boer/controleur-combinaties, de eis dat bij plotselinge verhindering van controleurs c.q. boeren de planning snel bijgesteld moet kunnen worden en het grote aantal moeilijk kwantificeerbare "softe" wensen maken het onmogelijk een model te ontwikkelen dat de optimale oplossing bepaalt. Het ontwikkelde DSS bepaalt echter wel een "goede" oplossing en sluit nauw aan bij de tot nu toe gebruikte handmatige planning. Weliswaar

wordt gebruik gemaakt van optimaliseringstechnieken (het transportalgoritme), maar vooral het databasemodel en de zeer gebruikersvriendelijke user-interface (zie figuur 2) hebben ervoor gezorgd dat het systeem inmiddels bij alle districten in Friesland in gebruik is.

De oorspronkelijke planners zijn unaniem enthousiast. Naast eenvoud en snelheid van de huidige planning zijn besparingen van 20 tot 30% op de variabele kosten bereikt (Ziel, 1988). In 1989 heeft het NRS (Nederlands Rundvee Syndicaat) besloten het systeem over te nemen.

Conclusie en verwachting

Slechts zelden zijn OR-technieken in staat problemen volledig tot een optimale oplossing te brengen. Bij de oplossing van veel beslissingsproblemen kan OR echter een belangrijk hulpmiddel zijn.

Een Operations Researcher dient:

- samen met de uiteindelijke gebruiker tot een goed gedefinieerde probleemstelling te komen;
- een wiskundig model te formuleren en gereedschappen te ontwikkelen dan wel te gebruiken om het model op te lossen;
- eventueel een prototype van het systeem te bouwen en op grond van regelmatige gesprekken met de gebruiker de praktische bruikbaarheid te toetsen en eventueel het systeem en/of model aan te passen;
- in nauw overleg met de gebruikers een gebruikersvriendelijk eindproduct af te leveren.

Samen met de ervaring en het inzicht van de gebruiker kan het systeem de kwaliteit van de beslissingen verbeteren en de tijd, om tot gefundeerde besluitvorming te komen verkorten. Zowel de effectiviteit als de efficiëntie van de besluitvorming worden verhoogd door het inzetten van een DSS.

Zonder uitpuittend te willen zijn is een overzicht gegeven van een aantal OR-toepassingen aan de LUW. Vaak in het kader van doctoraal leeropdrachten en in nauwe samenwerking met instituten en bedrijven is een aantal DSS-systemen ontwikkeld die hun nut nog steeds bewijzen.

De succesvolle toepassingen en de wisselwerking met de praktijk stimuleren steeds meer LUW studenten om OR vakken in hun studiepakket op te nemen. Zij zullen hopen in staat zijn om in hun latere werkring op gepaste wijze ideeën en grondslagen van OR toe te passen.

Uiteraard heeft de sectie OA ook een aantal min of meer mislukte OR-onderzoeken gekend. Maar op grond van het jaarlijks toenemend aantal geslaagde projecten en de ontwikkelingen in hard- en software met name op PC-gebied

kan de OR-toekomst optimistisch tegemoet worden gezien.

N.B. Uitgebreidere informatie is te vinden in de brochure Operationele Analyse, die op verzoek gaarne toegestuurd zal worden.

Literatuur

• Anthonisse, J.M. & J.K. Lenstra, M.W.P. Savelsbergh, 1988, *Behind the screen: DSS from an OR point of view*, report 8809/A, Erasmus University Rotterdam.

• van Beek, P. & Th.H.B. Hendriks, 1985, *Optimaliseringstechnieken, principes en toepassingen*, Bohn, Scheltema & Holkema, 2e druk.

• Hendriks, Th.H.B. & R.W.A.J. Krielaart, 1988, *De bruikbaarheid van Operations Research technieken ten behoeve van Integrale Logistiek in de Agribusiness*, VMT/nr. 20, 27-33.

• de Mol, R.M., 1988, *De toepassingen van een beslissingsondersteunend systeem op de mestproblematiek voor drie mestgroepen in Overijssel*, IMAG-nota 305.

• Reinders, M.P. & Th.H.B. Hendriks, 1989, *Lumber-production Optimization*, Kwantitatieve Modellen 30, februari 1989; European Journal of Operational Research 42, 1989, 243-253.

• Saedt, A.P.H. & Th.H.B. Hendriks, F.M. Smits, 1986, *Production planning with a microcomputer in pot-plant nurseries*, IMAG-nota 197; Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen, 1986; verschijnt in European Journal of Operations Research in 1990.

• Doctoraalverslagen, sectie Operationele Analyse, vakgroep Wiskunde, Landbouwniversiteit Wageningen

- Linssen, C., *Kavelconcentratie in het toedelingsonderzoek*, 1983.
- Heijmans, M., *Optimalisering van omlooptijd en dunningsregime voor Douglas*, 1989.
- Timmermans, P.P.H., *Ontwikkelen van een methode voor de bepaling van een zo klein mogelijk aantal benodigde bedrijfskaartjes*, 1988.
- Reinders, M.P. & P.J.M. Wijngaard, *De optimalisatie van een wegennet*, 1984.
- Ziel, K., *Monsterplan*, 1987. □

ir. Th.H.B. Hendriks is universitair docent bij de Landbouwniversiteit Wageningen, vakgroep Wiskunde, sectie Operationele Analyse.