

BEDRIJFSECONOMETRIE : TUSSEN KUNST EN WETENSCHAP ¹

Gerrit Timmer²

Samenvatting

Er bestaat een grote verscheidenheid aan toepassingsgebieden waar de bedrijfseconometrie effectief kan worden toegepast. Na een groot geloof in deze mogelijkheden in de jaren 60 en 70, werden vanaf de jaren 80 ook somberder geluiden gehoord. De auteur gelooft echter nog onverminderd in de grote bijdragen die het gebruik van kwantitatieve methoden en modellen uit de Operations Research en Econometrie kunnen leveren bij de ondersteuning van zowel strategische als operationele besluitvorming. Om haar rol te kunnen spelen is het noodzakelijk, maar niet voldoende, dat onze beroepsgemeenschap over een grote kennis van het wetenschappelijke aspect (kennis van harde wiskundige modellen en technieken) van ons vak beschikt. Even belangrijk is echter het 'kunstzinnige' aspect. Het is een kunst om beslissingsproblemen te decomponeren in hanteerbare sub-problemen, te kiezen voor het aangewezen detailniveau en de aard van de toe te passen technieken.

1. Inleiding

Ik kan mij een cursus voorstellen over (kunst) schilderen waarbij wordt uitgelegd dat er tenminste twee eigenschappen noodzakelijk zijn om een succesvol schilder te worden. Enerzijds is dat de techniek. Het vermogen en het vakmanschap om het juiste materiaal te kiezen en op de voorgeschreven wijze met dit materiaal om te gaan. Met een perfecte techniek alleen kom je er echter niet. Een technisch goed kunstwerk is misschien wel knap, maar nog niet mooi. Anderzijds is daarom ook kunstzinnigheid vereist. De creativiteit, inspiratie, het visioen om iets prachtigs te scheppen. Kunst en techniek spelen beide een essentiële rol.

Evenzo heb ik de overtuiging dat een goede toepassing van de bedrijfseconometrie zowel een kunst als een wetenschap is. In deze bijdrage zal ik trachten u meer bekend te maken met deze tweedeling in het kunstzinnige en het wetenschappelijke aspect van de bedrijfseconometrie. Het wetenschappelijke slaat daarbij op de gebruikte wiskundige modellen en technieken. Het succes van de bedrijfseconometrist wordt echter in hoge mate

¹ Dit artikel is gebaseerd op de oratie die de auteur op 15 september 1994 heeft uitgesproken bij de aanvaarding van zijn benoeming tot hoogleraar bedrijfseconometrie aan de Vrije Universiteit.

² Prof. dr G.T. Timmer, Vrije Universiteit Amsterdam, Faculteit der Economische Wetenschappen en Econometrie, Vakgroep Econometrie, De Boelelaan 1105, 1081 HV Amsterdam, tel. 020-4446024 en
ORTEC Consultants bv, Groningenweg 6/33, 2803 PV Gouda, tel. 0182-540500.

bepaald door de mate waarin hij de kunst verstaat om de technieken op verantwoorde wijze toe te passen in samenhang met andere disciplines in een gebruikersorganisatie.

Dit artikel is te plaatsen in de discussie zoals die het laatste decennium is gevoerd over het (maatschappelijke) nut en de mogelijkheden van Operations Research en Bedrijfseconometrie (hier zal verder niet worden ingegaan op de eventuele verschillen tussen de deels verwarrende termen als Operations Research, Besliskunde en Bedrijfseconometrie).

Mijn zienswijze op het nut en de mogelijkheden van ons vakgebied zijn gebaseerd op mijn ervaringen vanuit zowel de theorie (via werkzaamheden op de EUR, de TU Delft en de VU) als de praktijk (15 jaar ervaring via het werk binnen ORTEC Consultants waar samen met 100 collega's OR-technieken worden gebruikt bij de oplossing van praktische problemen voor overheid en bedrijfsleven).

Dit artikel begint met een schets van de historie en de status van het vak. Vervolgens worden een tweetal praktijkvoorbeelden behandeld. Hierna wordt mijn zienswijze met betrekking tot de wijze waarop kunst en wetenschap moeten worden gecombineerd om het vak met succes toe te passen aan de hand van deze voorbeelden uitgewerkt.

2. Historische ontwikkeling en huidige status

Zoals bekend is de Operations Research in de tweede wereldoorlog ontstaan toen men begon om beslissingsproblemen bij militaire operaties met teams van wetenschappers aan te pakken.

Het bouwen en manipuleren van wiskundige modellen dateert overigens natuurlijk al van ver voor de oorlog. Stelsels van lineaire ongelijkheden werden al opgelost door Fourier in 1826. Maar de formulering van optimalisatie modellen startte pas in de jaren 50 van deze eeuw. Om Dantzig (1991), die aan de wieg heeft gestaan van de simplex methode voor Lineair Programmeren, te citeren, "Initially there was no objective function; broad goals were never stated explicitly in those days because practical planners simply had no way to implement such a concept. Non-computability was the chief reason, I believe, for the total lack of interest in optimization prior to 1947".

In de eerste decennia na de tweede wereldoorlog is een variëteit aan modellen en technieken ontwikkeld. Toepassingen gebeurden op een ad hoc basis. Toegepast wiskundigen werden geconfronteerd met praktische problemen, analyseerden de basisstructuur van het probleem, en stelden oplossingen voor waar men nooit aan gedacht had. Het werd duidelijk hoe verbaasd krachtig wiskunde kan zijn.

OR was op weg naar een grootse toekomst. Dit werd verder bevorderd door de onvoorstelbare ontwikkeling van computers en software. Door de automatisering van administratieve processen kwamen voor optimalisatie benodigde data beschikbaar. Steeds grotere modellen konden worden opgelost door de steeds snellere computers. Het aantal succesvolle toepassingen groeide gestaag in de jaren 60 en 70. OR-afdelingen ontstonden zowel op universiteiten als in het bedrijfsleven. De aanvankelijke achterstand van de academische wereld werd snel ingelopen en technieken als geheeltallige programmering, niet-lineaire programmering en stochastische programmering werden ontwikkeld. Standaardpakketten voor lineair en geheeltallig programmeren kwamen op de markt.

Alhoewel men makkelijk kan spreken van een triomf van de wiskunde is het huidige imago van Operations Research toch niet onverdeeld positief. In een artikel over de mathematisering van de economie wordt de ontwikkeling van de OR zelfs als negatief voorbeeld genoemd (cf. Rinnooy Kan 1992) : "It is possible that economics today is following the same path as Operations Research did in the 1960's and 70's, leading to its heavily reduced status in industry. OR started life as a discipline for creative minds seeking original solutions to mathematical optimization problems. But within twenty to thirty years, the search for mathematical rigour and the solution to mathematical optimization problems was allowed to become an end in itself. Today, there is little demand for its services to help solve big problems of government and industry. It persists there among isolated specialists not involved with strategic decisions of the firm but, more typically, reporting to a 'production manager' whose problems are conceptually simple and for which a mathematically obtained optimum can reduce costs". Buiten het feit dat het mij geen schande lijkt om nuttig werk te verrichten op een meer operationeel niveau, is de bovenstaande typering overdreven. Bij strategische beslissingen op het gebied van Asset-Liability Management, waar miljarden gulden mee zijn gemoeid, bewijst de OR aanpak dagelijks zijn waarde (Boender et al. 1996).

Ook binnen het vakgebied worden echter regelmatig zorgen over de ontwikkelingen uitgesproken. De koppen van artikelen van Ackoff, één van de pioniers van het vak, spreken voor zich. Na het optimistisch gestemde "the development of Operations Research as a science" in Ackoff (1956), volgt in Ackoff (1979) het al negatieve, maar toch nog niet van hoop ontblote "Resurrecting the future of Operational Research". Dan is het in Ackoff (1987) echter definitief gebeurd met een "Operations Research, a post mortem". Ackoff meent dat de beoefenaren van de OR via de aanvankelijke markt oriëntatie (kijk om je heen en zie welke problemen om een oplossing vragen) langs een output oriëntatie (bijt je vast in toepassingsgebieden, waar je in het verleden succes hebt gehad) bij een input oriëntatie (ga uit van een techniek/kunstje dat je hebt geleerd en probeer daar problemen mee op te lossen) zijn vastgelopen.

Dit beeld lijkt mij wel in enige mate ingegeven door nostalgische gevoelens van een pionier. Ongetwijfeld was de pioniersperiode mooi, maar een dergelijke periode is nu eenmaal per definitie tijdelijk. Ook valt er veel voor te zeggen dat de kritiek niet van toepassing is op de bedrijfseconometrie. Sterker nog, de bedrijfseconometrie bestaat juist vanwege en is bedoeld als antwoord op dergelijke kritiek. Toch trek ik mij de kritiek op de OR-achtige disciplines wel aan. Er zijn verschillende oorzaken voor deze kritiek.

Een eerste reden is het niveau van de OR-specialisten. OR-consultancy biedt in Nederland geen carrière perspectief. Nadat men fris van de universiteit komt, gaat men hooguit voor een paar jaar op een OR-afdeling te werken. Dan wordt men geacht door te stromen naar andere jobs. Vandaar dat de ervaring van de OR consultants met het type problemen waaraan ze werken meestal gering is.

Een andere oorzaak is gelegen in de snelle ontwikkeling van de computers. Naast het overduidelijke positieve effect hiervan, heeft het ook als een boomerang gewerkt. Vanwege de snelheid van computers hebben mensen onvoldoende de neiging nog goed na te denken. In plaats hiervan wordt het probleem in het eerste het beste model geperst, en in de computer gedumpt. Hiermee wordt de rol van de computer zwaar overschat. Een creatieve gedachte, een sprank wiskundige inspiratie kan jaren computerberekeningen overbodig maken.

Vanwege de toegenomen computermogelijkheden, bestaat ook wel de neiging modellen te formuleren met een reikwijdte die veel groter is dan de span of control van individuele

besluitvormers. Steeds grotere modellen worden gebruikt, en deze modellen en bijbehorende technieken i.p.v. de achterliggende problemen worden een doel op zichzelf.

Hoe staat het er nu voor met de status van OR? In positieve zin kan men opmerken dat de besiskunde een omvangrijk wetenschapsgebied is geworden, met succes stories in logistiek, telecommunicatie, bedrijfszekerheid, actuariaat en financiering. Methoden als Lineair Programmeren zijn al tot middelbare scholen doorgedrongen en optimaliseringsroutines maken deel uit van Lotus en Excel, maar eerdergenoemde negatieve signalen hebben toch tot verwarring geleid en onenigheid over de te volgen koers. Verhalen over een kloof tussen theorie en praktijk doemen op. De wetenschap overspoelt de praktijk met methoden en technieken waar niemand wat aan heeft. Harde wiskundige technieken zouden niet zinvol zijn. In plaats daarvan is behoefte aan meer zachte technieken, een bedrijfskundige aanpak met een relatief eenvoudige kwantitatief instrumentarium zou afdoende zijn, waarbij men zich ook voldoende moet richten op sociale en consultancy skills.

Ik geloof niet erg in deze kloof tussen theorie en praktijk of in het onderscheid tussen harde en zachte technieken. Het probleem zit hem niet zozeer in de theorie. Het probleem is veeleer dat de kunst van het toepassen van de technieken onvoldoende wordt beheerst. Alvorens nader in te gaan op deze kunst behandel ik eerst twee praktijkvoorbeelden.

3. Voorbeeld 1 : De aanleg van wegen

Elk jaar wordt als onderdeel van de rijksbegroting die op prinsjesdag wordt gepresenteerd, door het ministerie van Verkeer en Waterstaat het Meerjarenprogramma voor Infrastructuur en Transport (MIT) uitgebracht. Een belangrijk onderdeel hiervan is de aanleg en verbetering van autosnelwegen.

Bij projecten m.b.t. de aanleg en verbetering van rijkswegen hoeft niet alleen gedacht te worden aan volledige nieuwe autosnelwegen. Een typisch project beslaat het verbreden van het aantal rijstroken, het aanleggen van een brug of tunnel, of inderdaad het aanleggen van nieuwe stukken autosnelweg. Op ieder moment betaamt een planning voor de komende 10 tot 30 jaar. Deze planning wordt in principe tweemaal per jaar aangepast. Een planning bevat voor enkele honderden projecten het startjaar en wordt gemaakt door de Hoofddirectie van de Rijkswaterstaat. Voor deze dienst zijn de jaarlijkse uitgaven gedurende de looptijd van ieder project (veelal tussen de 5 en 8 jaar) gegeven. Tevens is bekend in welke mate het is toegestaan om het project vroeger of later uit te voeren (de schuifbaarheid). Dit kan beperkt zijn door contractuele verplichtingen die reeds zijn aangegaan, toezeggingen van de minister etc. Ook kunnen er volgorde-relaties bestaan tussen projecten. Als projecten in elkaars verlengde liggen kan het zinloos zijn om het ene project uit te voeren voordat het andere is afgerond.

Tenslotte is er voor ieder project een prioriteit. Het bepalen van deze prioriteit is geen eenvoudige zaak. Dit is een bedrijfseconometrisch probleem op zich. Bij de prioriteitsstelling spelen vele aspecten een rol, zoals kosten, maatschappelijk nut, veiligheid, milieu etc. Diverse veel in de bedrijfseconometrie gebruikte technieken, zoals paarsgewijze vergelijkingen, multi-criteria analyse, etc., worden gebruikt om deze inherent onvergelykbare aspecten toch op één noemer te brengen en tot een enkel prioriteitsgetal per project te komen. De prioriteitsstelling is afkomstig van het NEI en is voor de dienst die de meerjarenplanning maakt een gegeven.

Naast de projectgegevens is het belangrijkste gegeven het budget. Dit budget bedraagt jaarlijk vele honderden miljoenen guldens, en zoals het bij de overheid gaat, dient het budget

niet overschreden te worden, maar is het ook zeer onverstandig om het gegeven budget niet geheel op te maken.

Het probleem is daarmee duidelijk. Bepaal het startjaar van ieder project rekening houdend met schuifbaarheid, budgetten en volgorde-relaties op een wijze dat zoveel mogelijk recht wordt gedaan aan de prioriteiten.

In de loop der jaren ben ik betrokken geweest bij de ontwikkeling van diverse methoden om dit probleem op te lossen. De eerste poging was de wiskundig elegantste, maar niet de succesvolste. Het probleem blijkt geformuleerd te kunnen worden als een Lineair Programmeringsprobleem. De beslissingsvariabelen geven aan in welk jaar de projecten starten. Via een truc kunnen de prioriteiten worden geïnterpreteerd als rendementen, waarna een doelstelling kan worden geformuleerd die neerkomt op het optimaliseren van netto contante waarde van het rendement van de projecten. Restricties werden opgenomen om te garanderen dat rekening wordt gehouden met schuifbaarheid, budgetten en volgorde-relaties. Aangezien zowel de doelstelling als de restricties kunnen worden geformuleerd als lineaire functies van de beslissingsvariabelen, is het mogelijk de optimale oplossing m.b.v. een willekeurig LP pakket in enkele seconden uit te rekenen.

Toch was het resulterende systeem geen succes. Een eerste nadeel was dat het op te lossen probleem in de regel onoplosbaar is. Het budget voor het eerst komende jaar is meestal al kleiner dan de kosten die dat jaar onvermijdelijk zijn. De gebruiker vindt het logisch dat eisen waar met geen mogelijkheid aan voldaan kan worden minder van belang zijn. De simplex methode brengt deze subtiliteit echter niet op, en eindigt slechts met de juiste, maar weinig nuttige uitkomst dat het niet kan.

Maar zelfs als de methode wel met een uitkomst komt, heeft men daar moeite mee. De oplossing is vaak moeilijk te verkopen. Het samenspel van doelstelling en budgetrestricties kan er makkelijk toe leiden dat een project met een hogere prioriteit later word uitgevoerd dan een project met een lagere prioriteit. De opmerking dat deze oplossing de netto contante waarde optimaliseert gegeven de randvoorwaarden, stelt een lobbyist van het project dat er slecht van af komt echter geheel niet tevreden. De verantwoordelijke voor het opstellen van de planning kan niet afdoende beargumenteren waarom het onvermijdelijk is dat dit belangrijke project pas na een onbelangrijk project wordt uitgevoerd.

Inmiddels is de methode daarom aangepast zodanig dat deze beter is te volgen en de resultaten makkelijker kunnen worden verklaard. De nieuwe methode sluit dicht aan bij een aanpak die de planner logisch acht. In principe wordt de planning jaar voor jaar gemaakt (van 1997 t/m het einde van de horizon). Per jaar worden de projecten die in het betreffende jaar kunnen worden gestart in volgorde van prioriteit aan het jaar toegedeeld tot het budget op is. Deze methode heeft een grote zwakte. Omdat projecten niet alleen in het startjaar, maar ook in volgende jaren tot kosten leiden, is het denkbaar dat het inmiddels beschouwde jaar weliswaar geen problemen geeft, maar dat de reeds genomen beslissingen tot budgetproblemen zullen leiden in komende jaren. Steeds als een project op de nominatie staat om in een jaar te worden ingepland, wordt daarom eerst nagegaan of dit voor de komende jaren niet tot onoverkomelijke problemen leidt. Zo ja, dan wordt het project pas later uitgevoerd. Deze test of voor de komende jaren een toegelaten oplossing bestaat kan wel goed m.b.v. een LP formulering gebeuren.

De huidige methode scoort slechter op de doelstelling van het optimaliseren van het rendement dan de eerdere LP benadering. Maar hier dient men zich bij te realiseren dat de definitie van deze doelstelling zoveel veronderstellingen en trucages vereiste dat de feitelijke

waarde ervan toch met een korreltje zout genomen moet worden. De gekozen opsplitsing van het probleem in een doelstelling en randvoorwaarden was overigens toch al iets dat de planner weinig aansprak. De 'werkelijk doelstelling' ligt veel dichter bij hetgeen de huidige methode bereikt. Het eerst komende jaar is het dichtstbij en dus het belangrijkste. Daar moeten projecten met een hoge prioriteit dus voorgaan boven projecten met een lagere prioriteit behalve als het niet anders kan. Vervolgens geldt een zelfde redenatie voor alle volgende jaren.

De methode wordt momenteel met succes toegepast. Dit niet in de laatste plaats vanwege de programmatuur waarin het is verwerkt. Hierbij doel ik niet zozeer op de interfaces naar verschillende andere systemen van RWS die een eenvoudige uitwisseling van de vele honderden relevante gegevens per project mogelijk maakt. Vanuit planningsoogpunt is het belangrijker dat het systeem werkelijk functioneert als een Beslissings Ondersteunend Systeem. Aangezien het probleem moeilijk hard is te definiëren en niet alle relevante factoren kunnen worden opgenomen, zal de gebruiker soms de behoefte hebben in het planningsproces in te grijpen. Met het systeem is het mogelijk een project van startjaar te wijzigen, of de kasstroom van het project anderzinds te wijzigen en onmiddellijk alle relevante consequenties (bv. op de jaarlijkse uitgaven in relatie tot de budgetten) in beeld te krijgen. Zodoende maakt het interactieve systeem het mogelijk dat de ervaring en kennis van zaken van de gebruiker, tezamen met het rekenvermogen van de computer snel tot een goede planning leidt.

4. Voorbeeld 2 : Dynamic Capacity Management

Een belangrijke succesfactor voor een luchtvaartmaatschappij is de mate waarin zij in staat is haar vloot effectief in te zetten. De afgelopen jaren zijn gekenmerkt door diverse pogingen om de bezettingsgraad en opbrengst van vliegtuigen steeds verder te verhogen. Een belangrijke complicatie hierbij is dat de toewijzing van vliegtuigtypes aan vluchten in de regel geruime tijd voor vertrek wordt gemaakt. Een moment waarop nog slechts ruwe schattingen bestaan met betrekking tot de te vervoeren aantallen passagiers. Afwijkingen tussen de geschatte en feitelijke passagiersaantallen hebben vervolgens een negatief effect op de bezettingsgraad en winst. Onderschattingen van het aantal passagiers leiden tot nee-verkopen, en overschattingen leiden tot slecht gevulde vliegtuigen.

De reden voor de starre, statische werkwijze is dat aan de planning vele andere planningen zijn gekoppeld. Te noemen zijn de toewijzing van bemanningsleden en het onderhoudspersoneel aan de vlucht. Deze personen zijn in de regel slechts gekwalificeerd voor een enkel vliegtuigtype. Een toewijzing van het personeel aan de vluchten vereist derhalve dat reeds bekend is met welk vliegtuigtype iedere vlucht wordt uitgevoerd. Aangezien de roosters van het personeel als gevolg van de CAO aan vele regels moeten voldoen en geruime tijd voor vertrek vast moeten staan, dient ook de toewijzing van de vliegtuigtypes lang voor de uitvoering van de vluchten bekend te zijn.

Deze inflexibiliteit in de toewijzingsmogelijkheden heeft een negatief effect op het rendement van de vliegtuigen. Vliegtuigfabrikanten spelen hierop in door nieuwe vliegtuigen zodanig te ontwikkelen dat de uitwisselbaarheid van vliegtuigen voor de bemanning verbeterd. Airbus streeft ernaar de cockpits van haar vliegtuigen zoveel mogelijk identiek te laten zijn, zodat eenzelfde bemanning verschillende type vliegtuigen mag vliegen. Hiermee komt Dynamic Capacity Management (DCM) binnen handbereik (Berge en Hopperstad 1993)). Dit concept houdt in, dat pas nadat een goed inzicht bestaat in de te vervoeren aantallen passagiers, een definitieve toewijzing van vliegtuigtypes aan vluchten wordt bepaald. Aan

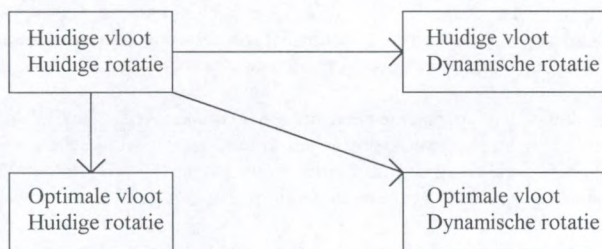
deze toewijzing kleven de nodige haken en ogen. Alle vluchten van de dienstregeling dienen te worden uitgevoerd en voor ieder vliegtuig dient een toegestaan rotatieschema te ontstaan, waarbij ieder vlucht pas kan starten nadat hetzelfde vliegtuig voldoende tijd daarvoor op dezelfde luchthaven is geland.

Ook voor Fokker was het DCM concept potentieel interessant. Aangezien verschillende Fokker vliegtuigtypen onderling uitwisselbaar zijn, was het DCM concept een mogelijk verkoopargument. Daarmee ontstond de behoefte om voor een willekeurige luchtvaartmaatschappij te kunnen kwantificeren hoe groot het mogelijk voordeel is van het gebruik van DCM, waarbij dan gebruik moet worden gemaakt van vliegtuigen die zich daarvoor lenen (Fokkers !). Dit in vergelijking met de huidige, statische werkwijze.

Aan de bovenstaande problematiek kleven vele aspecten. Zo is het onduidelijk van welke vloot moet worden uitgegaan. Het is zeer wel denkbaar dat de 'optimale' vloot, in het geval dat van DCM gebruik wordt gemaakt, een andere is dan de 'optimale' vloot voor de huidige statische werkwijze. Ook is onduidelijk hoe de werkelijkheid van een luchtvaartmaatschappij moet worden gemodelleerd. Is de dienstregeling een gegeven, of hangen de uit te voeren vluchten af van de mogelijkheden die DCM biedt? Hoe kan de onzekerheid met betrekking tot het passagiersaanbod voor een vlucht worden gemodelleerd? In hoeverre moeten operationele problemen rondom het onderhoud van de vliegtuigen worden meegenomen?

In samenspraak met verschillende deskundigen van Fokker ben ik betrokken geweest bij de bouw van een hulpmiddel waarmee strategische vragen kunnen worden beantwoord, die relevant zijn voor de fleet-planning afdeling van een luchtvaartmaatschappij. Het resulterende systeem moest enerzijds voldoende eenvoudig en transparant zijn, opdat de resultaten worden geloofd, anderzijds moet met voldoende aspecten rekening worden gehouden, zodat de resultaten relevant zijn voor de werkelijkheid. Hierbij waren diepgaande discussies nodig tussen materie-deskundigen en OR-specialisten, om tot een aanpak te komen die enerzijds relevant is voor de fleet-planner, en anderzijds wiskundig/modelmatig uitvoerbaar is.

Gekozen is voor een aanpak waarbij in een simulatie omgeving de volgende situaties te analyseren zijn :



De uit te voeren dienstregeling wordt gegeven verondersteld. Het blok linksboven correspondeert dan met de huidige situatie, waarbij de huidige vloot op de huidige statische wijze (op basis van verwachte passagiersaantallen) aan de vluchten is toegewezen. Deze situatie kan worden vergeleken met de situatie van het blok rechtsboven waarbij de huidige vloot op een dynamische wijze wordt ingezet. D.w.z. dat op basis van de steeds wisselende

werkelijke passagiersaantallen per vlucht met een bij die aantallen optimale toewijzing van de vliegtuigen aan de vluchten wordt gewerkt. Voor een aantal perioden (weken) worden de passagiersaantallen gesimuleerd en worden de winsten die horen bij de statische werkwijze (steeds wordt dezelfde toewijzing gebruikt, onafhankelijk van de getrokken passagiersaantallen) vergeleken met de winsten die horen bij de dynamische werkwijze. Met het verschil in winst behorend bij beide situaties is het voordeel van DCM gekwantificeerd. Een vliegtuigmaatschappij kan hieruit leren of het de moeite loont om op deze nieuwe werkwijze over te gaan. De vliegtuigfabrikant, die vliegtuigen levert waarmee DCM mogelijk is, kan voorrekenen wat het mogelijke voordeel is van het gebruik van zijn vliegtuigen.

Bovenstaande vereist wel dat het mogelijk is om gegeven :

- een verzameling van uit te voeren vluchten (de dienstregeling),
- passagiersaantallen voor iedere vlucht,
- een vloot,
- parameters waarmee is te bepalen hoe groot de kosten en opbrengsten zijn als een gegeven vlucht met een vliegtuig van gegeven omvang wordt uitgevoerd,

de meest winstgevende toewijzing van vliegtuigen aan vluchten te bepalen, zodanig dat uitvoerbare rotatieschema's per vliegtuig ontstaan.

Dit probleem is niet eenvoudig op te lossen. Het probleem is te formuleren als een multi-commodity flow probleem (van Rijn 1995). Nu helpt deze formulering niet erg aangezien het multi-commodity flow probleem NP compleet is (Garey en Johnson 1979). Echter, indien er slechts twee vliegtuigtypen bestaan is het corresponderende twee-commodity probleem om te schrijven naar een minimum cost flow probleem dat wel snel oplosbaar is. Op basis hiervan zijn zeer goede heuristieken te ontwerpen waarmee problemen met meer dan twee vliegtuigtypen kunnen worden opgelost door herhaald steeds twee vliegtuigtypen tegen elkaar af te wegen (van Rijn 1995). De resulterende methode is zeer snel en lost het probleem vrijwel optimaal op.

Bovendien blijkt het voor deze methode helemaal niet nodig te zijn dat een vloot gegeven wordt verondersteld. Met dezelfde formulering kan gelijk met de toewijzing ook over mogelijke vlootsamenstellingen worden geoptimaliseerd. Daarmee zijn ook de blokken links- en rechtsonder, waarbij de optimale vloot wordt bepaald, te analyseren.

Bovenstaande methode is geïmplementeerd in een gebruikersvriendelijk systeem waarmee eenvoudig studies voor luchtvaartmaatschappijen kunnen worden uitgevoerd. De resultaten zijn verbluffend. Voor enkele grote Europese maatschappijen blijkt het mogelijk om de bezettingsgraad met meer dan 10 % te verhogen door met een geschikt gekozen vloot op de DCM werkwijze over te gaan.

Het systeem sluit aan bij de denkwijze van de fleet-planners zodat deze snel en effectief met het systeem kunnen werken. Vanwege zijn eenvoud gaat het gebruik van het systeem zelfs veel verder dan bedoeld. Sommige luchtvaartmaatschappijen gebruiken het strategische systeem zelfs voor de operationele bepaling van de rotatieschema's waarvoor veel geavanceerdere systemen bestaan. De vele details waarmee deze geavanceerde systemen rekening kunnen houden worden echter niet zelden als ballast in plaats van als nuttig ervaren.

5. Kunst en Wetenschap

Op basis van beide voorgaande voorbeelden wordt wellicht al duidelijk dat ik niet erg geloof in de kloof tussen theorie en praktijk, of in het onderscheid tussen harde en zachte technieken zoals dat in Sectie 2 wordt aangeduid. Het probleem zit hem niet zozeer in de theorie. Het probleem is veeleer dat de kunst van het toepassen van de technieken onvoldoende wordt beheerst.

Theoretische basis

Nette wiskundige methoden zijn zeker nuttig. Het wetenschapsaspect van de bedrijfseconometrie moet niet worden verwaarloosd. Op basis van mijn ervaring in vele tientallen projecten durf ik zelfs de uitspraak aan dat de meest succesvolle projecten niet mogelijk waren geweest zonder een brede en gedegen theoretische achtergrond. De resultaten in het kader van het Dynamic Capacity Management van Sectie 4 waren niet mogelijk geweest zonder een gedegen kennis van harde wiskundige technieken.

Probleem oriëntatie

Dit pleidooi voor de theorie is echter niet het einde van het verhaal. Hoe nuttig technieken ook mogen zijn, ze dienen natuurlijk nooit een doel op zich te worden. Het gevaar dreigt dat de bedrijfseconometrist teveel bezig is met modellen, algoritmes en software, terwijl de focus moet zijn op de klant en zijn probleem. De introductie van Beslissings Ondersteunende Systemen heeft veelal invloed op verschillende onderdelen en personen van de organisatie van de klant. Een routeplanningspakket vereist een geautomatiseerde verwerking van ordergegevens en bedreigt de verantwoordelijkheid, bewegingsvrijheid of eventueel zelfs de werkgelegenheid van planners en chauffeurs. Hiervoor moet de bedrijfseconometrist een goed oog hebben. Maar het gaat niet alleen om persoonlijke en organisatorische effecten. Vanaf het begin dient de bedrijfseconometrist probleem georiënteerd en niet discipline georiënteerd te zijn. De taal van de modellen is niet de taal van de gewone om niet te zeggen de normale mens. De modellenbouwer zal dit communicatie probleem op moeten lossen.

Dat de bedrijfseconometrist lang niet altijd probleem georiënteerd werkt, mag al blijken uit het feit dat vele recent afgestudeerden denken in termen van moeilijke en makkelijke problemen, waarbij het probleem waaraan zij moeten werken meestal moeilijk is. Noties als moeilijke en makkelijke problemen zijn relevant in de complexiteitstheorie (Garey en Johnson 1979) en nuttig als gekozen moet worden tussen een exacte of een heuristische benadering. In een probleem en klantgerichte oriëntatie zijn de begrippen echter niet erg relevant. Het is de rol van de bedrijfseconometrist om te helpen bij het oplossen van het probleem. Dat betekent dat zijn betrokkenheid tot een verbetering moet leiden ten opzichte van de oude situatie. Het bereiken van een verbetering kan wel eens veel moeilijker zijn voor zogenaamde eenvoudige problemen dan voor moeilijke problemen. Bij deze moeilijke problemen kunnen oplossingen die verre van optimaal zijn namelijk al een grote vooruitgang betekenen. Het RWS probleem van de aanleg van wegen is theoretisch gezien een moeilijk probleem. Maar dat staat niet in de weg dat relatief eenvoudige rekenregels al bijzonder nuttig zijn. De kwaliteit van de plannings wordt beter, en studies naar alternatieven zijn veel eenvoudiger uit te voeren.

Het doel

Hoe moet een projekt van een bedrijfseconometrist nu lopen. Bij aanvang van de werkzaamheden moet eerst worden uitgezocht wat eigenlijk het probleem is. Dit lijkt een

dooddoener, maar is het niet. Het is van belang om te weten of de klant is geïnteresseerd in numerieke waarde van de oplossing van het probleem - het antwoord is 4.8 - of dat het doel is dat men een groter inzicht wil krijgen in de problematiek opdat men later betere beslissingen neemt. In strategische studies is het verhoogde inzicht vaak veel belangrijker dan de toch altijd wat toevallige uitkomst.

Ook bij het RWS project werd in eerste instantie een verkeerd doel nagestreefd. Teveel waarde werd gehecht aan het vinden van de zogenaamde "beste" oplossing. Terwijl de definitie van het begrip "beste" zeer discutabel was. Onvoldoende werd het belang gezien van de wens om de uitkomst te kunnen verklaren.

Span of control

Een ander belangrijk aspect is de positie van de klant. Wat is zijn span of control, ofwel voor welke niveaus van beslissingen is de klant verantwoordelijk. Het heeft geen zin om modellen of systemen te ontwikkelen waarbij de beslissingsvariabelen niet zo zijn gegroepeerd dat ze samenvallen met de verantwoordelijkheden van de diverse besluitvormers. Bij het RWS-probleem heb ik tot nu toe de indruk gegeven dat het mogelijk is een project binnen de schuifbaarheidsrange willekeurig in de tijd te verplaatsen. Echter, de bepaling van de kasstroom is niet de verantwoordelijkheid en competentie van de opsteller van het meerjarenplan. Indien hij een project een geheeltallig aantal jaren verplaatst is dit geen probleem. De kasstroom kan dan in zijn geheel opgepakt en verplaatst worden. Als een project een half jaar wordt vervroegd is echter interpretatie nodig om te weten hoe de nieuwe kasstroom eruit ziet. Als bv. de uitgaven in het eerste jaar 10 miljoen zijn en het project wordt met een half jaar vervroegd, is het niet zeker dat de nieuwe kosten in het eerste jaar 5 miljoen bedragen. Omdat dit niet de competentie van de opsteller van het meerjarenplan is, mag hij projecten slechts een geheeltallig aantal jaren verschuiven. Wiskundig gezien verandert dit de probleemstructuur volledig.

Bij de opzet van het DCM systeem is een groot deel van de energie gestoken in het dusdanig vormgeven van het systeem en het dusdanig groeperen van de beslissingsvariabelen over de opties, dat deze opties corresponderen met de opsplitsing van verantwoordelijkheden zoals die in de luchtvaart gebruikelijk is.

Mate van detail

Het bepalen van het detail niveau waarop men moet trachten het probleem aan te pakken is vaak heel belangrijk en moeilijk. Als vitale details worden genegeerd, wijkt het model teveel af van de werkelijkheid. Vaker gebeurt het echter dat teveel details in ogenschouw worden genomen. Hierdoor wordt de aandacht van cruciale factoren afgeleid, gaat men ten onder in de benodigde data en wordt het interpreteren van resultaten bemoeilijkt.

Verzin een list

Als dan eindelijk duidelijk is hoe het probleem eruit ziet, moet een wijze van oplossen worden bepaald. Zelden is het zo dat de oplossing geheel gezocht moet worden in bedrijfseconomische technieken. Een mooi voorbeeld is afkomstig van de eerder genoemde Ackoff over het besturen van liften. Als verschillende liften naast elkaar opereren, is het een mooi beslistkundig probleem om te bepalen hoe de liften zich moeten bewegen zodanig dat de wachttijd van de te transporteren personen wordt geminimaliseerd. Wat blijkt echter. Mensen hebben altijd de indruk dat ze te lang moeten wachten. Dit gevoel is vergaand onafhankelijk van de tijd die men objectief wacht. In plaats van de oplossing te zoeken in de wiskunde, denkt Ackoff dat de te transporteren mensen meer gediend zijn met een totaal andere aanpak. Men

zou b.v. spiegels kunnen plaatsen, zodat de mensen het niet erg vinden om te wachten. De kennelijk niet zo geëmancipeerde Ackoff vermoedde dat vrouwen graag kijken of ze er goed uitzien en mannen de spiegels graag gebruiken om onopvallend naar de vrouwen kijken.

Op dit voorbeeld is misschien wel wat af te dingen, maar wel geldt dat men er verstandig aan doet een probleem te decompuneren, op te splitsen, in deelproblemen zodanig dat per deelprobleem een adequate aanpak kan worden gekozen. In operationele systemen is het nodig te bepalen welke aspecten zich lenen voor kwantitatieve technieken, waar gebruik te maken van gebruikerservaring en intuïtie, en waar gebruik te maken van andere technologieën.

Gebruikersinteractie is in vrijwel alle systemen noodzakelijk. Redenen kunnen zijn dat het model een vereenvoudiging is van de werkelijkheid en de gebruiker moet kunnen ingrijpen als de tekortkomingen van het model tot onjuistheden leiden. Ook kan het echter zo zijn dat de gebruiker bepaalde problemen beter op kan lossen dan een computer. B.v. omdat hij op grond van een plaatje heel snel een goede oplossing kan vinden, terwijl een computer hier veel meer moeite mee heeft. Hoe de gebruikersinteractie moet plaatsvinden is zelden duidelijk. Te vaak tracht de bedrijfseconometrist het volledige probleem op te lossen met hem bekende technieken en reserveert hij de gebruikersinteractie voor die deelproblemen waar hij niet uitkomt. Als de optimale stapgrootte van een zoekstrategie b.v. probleemafhankelijk is, dan maak men er gewoon een inputvariabele van en laat de waarde aan de gebruiker over. Ook al zijn dergelijke parameters probleemafhankelijk, de gebruiker heeft natuurlijk geen enkele intuïtie voor dergelijke parameters. Hij denkt tenslotte niet in termen van de kwantitatieve techniek. In plaats hiervan is gebruikersinteractie nodig om de gebruiker die zaken te laten regelen waar hij goed in is, zoals het interpreteren van het belang en de hardheid van eisen en wensen.

Informatica

Informatietechnologie moet worden gebruikt om de gebruiker de relevante informatie zo inzichtelijk mogelijk voor te toveren. Grafische mogelijkheden op computers zijn de laatste jaren zo sterk toegenomen dat hier veel in mogelijk is. Als alle voor een beslissing relevante informatie op een enkel scherm is te presenteren, dan kan de gebruiker de beslissing waarschijnlijk zelf wel nemen en zijn ingewikkelde methoden overbodig. Voor een dergelijke oplossing moet men zich niet schamen. Het probleem is hanteerbaar gemaakt en er zijn nog genoeg problemen over waarvoor het onmogelijk is om ze op te lossen enkel door de relevante gegevens handig te presenteren. Door op de juiste wijze de kracht te combineren van de mens, wiskunde en informatica worden de beste resultaten bereikt.

Ik ben nog niet toegekomen aan de sociale vaardigheden die ongetwijfeld een belangrijke rol spelen in de succesvolle toepassing van iedere discipline. Ik hoop echter reeds voldoende te hebben aangetoond dat het toepassen van de bedrijfseconometrie niet alleen kennis van methoden en technieken vereist, maar dat ook inzicht en goede smaak nodig is om tot de meest verantwoorde toepassing van modellen en technieken te komen. Dit kan zeker een kunst worden genoemd.

6. Conclusie

Ik ben overtuigd van de grote mogelijkheden die een bedrijfseconometrist heeft bij het helpen oplossen van wezenlijke problemen van zowel strategische als operationele aard. Hiervoor is het wel een vereiste dat zowel het wetenschappelijke als het kunstzinnige aspect

van de bedrijfseconometrie voldoende aandacht krijgen. Het wetenschappelijke aspect richt zich op wiskundige modellen, optimaliseringsmethoden en schattingstechnieken. Het toepassen van de bedrijfseconometrie is echter in hoge mate een kunst. Het is een kunst, en vereist een goede smaak om in te schatten of en zo ja welke technieken bruikbaar zijn in specifieke gevallen, hoe de complexe wereld moet worden gemodelleerd, welk detailniveau moet worden gekozen, waarmee rekening moet worden gehouden en wat moet worden verwaarloosd, en, tenslotte, hoe de kwantitatieve methoden kunnen worden gemixt met de intuïtie en ervaring van gebruikers. De kunst van het toepassen van de bedrijfseconometrie is essentieel bij het verantwoorde gebruik van de modellen en technieken die de wetenschap biedt. Juist de mix van kunst en wetenschap maakt de bedrijfseconometrie interessant en zal in de toekomst nog aanleiding zijn tot succesvolle bijdragen aan de oplossing van vele strategische en operationele vraagstukken.

Literatuur

- Ackoff, R.L. (1956), "The Development of Operations Research as a Science", *Operations Research* 4, pp. 265-295.
- Ackoff, R.L. (1979), "Resurrecting the future of Operational Research", *Journal of the Operational Research Society* 30, pp. 189-199.
- Ackoff, R.L. (1987), "OR a Post Mortem", *Operations Research* 35, pp. 471-474.
- Berge, M.E. en C.A. Hopperstad (1993), "Demand driven dispatch: a method for dynamic aircraft capacity management, models and algorithms", *Operations Research* 41, pp. 153-168.
- Boender, C.G.E., P.C. van Aalst en F. Heemskerk (1996), "Modelling and management of assets and liabilities of pension plans in the Netherlands", in: W.T. Ziemba en J.M. Mulvey (eds.), *World Wide Asset and Liability Modelling*, Cambridge University Press.
- Dantzig, G.B. (1991), "Linear Programming: The story how it began", in: J.K. Lenstra, A.H.G. Rinnooy Kan and A. Schrijver (eds.), *History of Mathematical Programming*, CWI, Amsterdam.
- Garey, M.R. en D.S. Johnson (1979), *Computers and Intractability, A Guide to the Theory of NP-completeness*, Freeman, San Francisco.
- van Rijn, E.P. (1995), *Demand Driven Dispatch, introducing the rubber airplane*, Doctoraalscriptie Vrije Universiteit Amsterdam.
- Rinnooy Kan, A.H.G. (1992), Voordracht als openingsspreker van de Statistische Dag van de Vereniging van Statistiek.