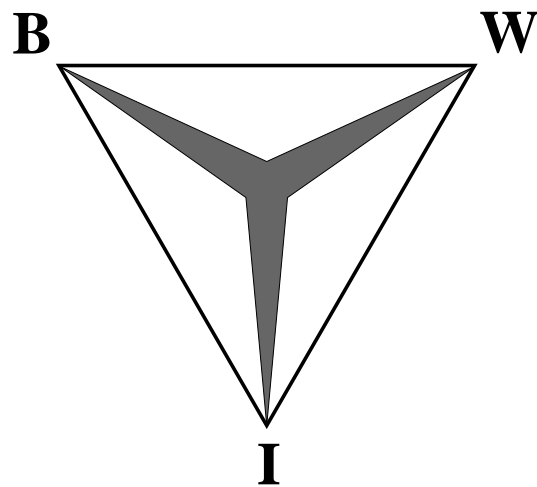


BWI Werkstuk
Operations Research op het gebied van
E-Business en E-Commerce

Herman Stofbergen

20 augustus 2002



H.L.N. Stofbergen
BWI Werkstuk
Vrije Universiteit
Faculteit der Exacte Wetenschappen
Studierichting Bedrijfskunde & Informatica
De Boelelaan 1081a
1081 HV Amsterdam

Voorwoord

Het BWI-werkstuk is als onderdeel van de opleiding Bedrijfswiskunde & Informatica aan de Vrije Universiteit te Amsterdam geplaatst in het vierde en tevens laatste studiejaar. Het werkstuk valt daarmee na de bedrijfsfase en voor de bedrijfsstage, en dient binnen één semester te worden voltooid.

Naar aanleiding van een probleemstelling doet de student een onderzoek. Vaak zullen de bronnen van het onderzoek literatuur zijn, maar het kan ook een computerprogramma zijn. De student legt de resultaten schriftelijk vast en geeft een mondelinge presentatie daarover.

Het doel van het werkstuk is dat de student voor een deskundige manager op een heldere wijze een probleem beschrijft. Dit vereist enige toelichting:

- deskundige manager: de student mag er vanuit gaan dat de manager een algemene deskundigheid heeft op het onderwerp;
- heldere wijze: een manager heeft slechts een beperkte hoeveelheid tijd, het werkstuk zal beknopt moeten zijn.

De probleemstelling van dit werkstuk betreft de plaats die de Operations Research (OR) in neemt op het gebied van E-Business en E-Commerce.

Het onderzoek vond plaats met behulp van enkele zeer recente papers welke ik van het Internet gehaald heb en tevens enkele boeken die ik tijdens mijn studie gebruikt heb.

Tot slot wil ik een woord van dank uitspreken. Allereerst aan mevr. M. Maëla van het stagebureau van de Faculteit der Exacte Wetenschappen, voor het vaststellen van het onderwerp en de begeleider. Vervolgens dhr. S. Bhulai, voor zijn hulp bij het zoeken naar een interessant onderwerp, de literatuurbronnen, het verder begeleiden bij de realisatie van dit werkstuk en de aanwijzingen bij het invoeren van de tekst in LaTeX.

Hierbij wens ik de lezer veel plezier met het lezen van mijn werkstuk.

Amsterdam, augustus 2002.

Herman Stofbergen.

Samenvatting

Om een goed antwoord te kunnen geven op de vraag welke plaats de Operations Research (OR) inneemt op het gebied van E-Business en E-Commerce, is het noodzakelijk eerst iets meer te weten over het zogenaamde 'E-Business Landscape'. Dit raamwerk bestaat uit drie delen. Ten eerste de consument-georiënteerde activiteiten, bedrijvigheden die zich richten op de behoeften van de eindgebruikers, de consumenten. Ten tweede de business-georiënteerde activiteiten, die zich richten op de behoeften van het bedrijfsleven. Deze twee worden nu tenslotte ondersteund door de e-business infrastructuur.

Er zijn nu vervolgens vier deelgebieden van dit E-Business Landscape als toepassingsgebied voor de OR aan te wijzen: informatie goederen en diensten, supply-chain management, netwerk infrastructuur en decision technology software tools. Ieder deelgebied kent zijn eigen specifieke toepassingen.

Informatie goederen en diensten vinden hun toepassingen met name in de financiële dienstverlening en in de reisindustrie. Banken en verzekeraars stellen hun diensten online beschikbaar, bieden tools aan die rendementen of leningen berekenen en maken het mogelijk om online investeringen te doen. In de reisindustrie kan de luchtvaart zelfs als voorloper van het hedendaagse e-commerce worden gezien met haar computer reserveringssystemen (CRS) zoals SABRE.

Bij supply-chain management maken met name Enterprise Resource Planning (ERP) en Advanced Planning and Scheduling (APS) een betere coördinatie, roostering en planning mogelijk. Tevens maakt het een functionele integratie mogelijk. De bestaande supply-chain wordt uitgebreid in de richting van leveranciers en klanten. Andere voorbeelden hier zijn Vendor Managed Inventory (VMI) en Customer Relationship Management (CRM).

Op het gebied van netwerk infrastructuur gaat het vooral om de verbetering van de kwaliteit van de dienstverlening. Het zo optimaal mogelijk gebruik maken van de beschikbare bandbreedte, het benutten van de capaciteit van de Internet Service Providers (ISP's), web caching dat de workload van de servers vermindert of het plaatsen van glasvezel kabels in de grond, waarbij de kosten afgewogen moeten worden tegen de opbrengst van het toekomstig gebruik.

Decision Support software tools zijn er met name voor de analyse van grote hoeveelheden data op basis waarvan bedrijven of instellingen belangrijke keuzes en beslissingen moeten maken. Deze tools moeten ontworpen en ontwikkeld worden. Goede (wiskundige) modellen zijn hierbij van uitzonderlijk belang.

Op de vraag waarom de digitale economie een goede OR nodig heeft kunnen verschillende antwoorden worden gegeven. Zo blinkt de OR uit in het halen van compacte en waardevolle informatie uit data, welke door de informatie technologie in ongekend grote mate wordt gecreëerd. Door gebruik te maken van statistiek, data analyse, data mining en andere beslissingstechnieken kunnen organisaties de grote stroom aan data omzetten in duidelijke en handelbare kennis en informatie. Tevens kan OR het hoofd bieden aan de grote mate van complexiteit die aanwezig is in de digitale economie. Een ander pluspunt van OR is dat het risico kan managen en om kan gaan met onzekerheid. Het is verstandig de hulp in te roepen van model-gebaseerde benaderingen om een besluit te nemen dat onzekerheid en risico expliciet kwantificeert. Ook geeft OR een goed inzicht in bedrijfsprocessen, kan het risicoloos experimenten uitvoeren en verschaft het software om beslissingen snel te kunnen nemen.

In een veranderende wereld als die van de digitale economie is het voor de OR beoefenaars noodzakelijk zich te blijven ontwikkelen en te her- en bijscholen. Naast het feit dat hij of zij sowieso natuurlijk al de taal van zowel de manager als die van de, eventueel aanwezig zijnde, programmeur goed moet kunnen verstaan. Het is in het belang van de organisatie dat hij weet waar hij over praat. Zowel wat betreft de IT als wat betreft de economische kant van het project. Een goede up-to-date kennis van beide vakgebieden is dus een vereiste.

De luchtvaartindustrie wordt ook wel de bakermat van het huidige e-commerce genoemd. Zo had zij als eerste een elektronische business-to-business (B2B) informatieuitwisseling. Veertig jaar geleden al ontwikkelde American Airlines het SABRE computer reservering systeem om een beeld te krijgen van het aantal nog beschikbare plaatsen op de vele honderden vluchten die wereldwijd werden geboekt. Een hele stap vooruit, zeker gezien het feit dat het aantal vluchten toenam en de reisagenten wereldwijd verspreid waren.

Doordat de goedkopere chartermaatschappijen quasi lijndiensten in gingen voeren ontstond er een stevige concurrentie op de markt. Door de juiste stoelen, op het juiste moment, voor de juiste prijs aan de juiste persoon te verkopen ontstond het yield management. Het komt er eenvoudig weg op neer dat de goedkope stoelen eerst worden verkocht aan bijvoorbeeld vakantiegangers, die ver van tevoren boeken. Daarna pas de duurdere stoelen aan bijvoorbeeld de zakenreizigers, die vlak voor vertrek pas een stoel reserveren. Een maatschappij die hierdoor groot werd was PeopleExpress, dat binnen vijf jaar uitgroeide tot één van de vijf grootste maatschappijen van de VS. Tegenwoordig wordt yield management ook toegepast voor vrachtluchten. Extra bijkomstigheid is hier de aard van het goed.

Later is men in de luchtvaart de OR ook gaan gebruiken voor vraagvoorspelling en marketing. Onder andere door het verzamelen van click-streams kreeg men een goed beeld van bepaalde klantprofielen. Deze klanten kregen dan bijvoorbeeld aanbiedingen of alternatieve reisschema's toegezonden.

Door middel van het verkrijgen van inzicht in de vraag naar vluchten kunnen maatschappijen ook hun dienstroosters en reisschema's opstellen. Men gebruikt klantgegevens om er simulaties mee te draaien en zodoende het marktaandeel te bepalen. Hiermee kan men tenslotte een goede kosten/baten analyse uitvoeren. Ook kan men de samenstelling van de vloot bepalen.

De decision support en het yield management worden niet alleen bij de planning gebruikt. Ook op het gebied van marketing heeft het zijn diensten bewezen. Er worden modellen gebruikt om de toekomstige vraag en het aantal annuleringen te berekenen. Op basis van deze gegevens worden dan drie soorten beslissingen genomen: vluchtverboeking, discount-fare management en reismanagement. Voor dit alles is een stochastisch optimalisatie proces nodig.

De in de luchtvaartindustrie opgedane kennis wordt tegenwoordig ook toegepast in andere industriën. Voorbeelden zijn onder andere het vracht- en treinverkeer.

Echter, de betrouwbaarheid van de voorspellingen zal niet alleen afhankelijk zijn van de kwaliteit van de gebruikte modellen, maar meer nog van de kwaliteit van de gebruikte data. Het is dus van absoluut belang dat deze data zowel representatief als up-to-date is. Dit is in een snel veranderende economie misschien nog wel het meest lastige onderdeel van dit alles.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	E-Business Landscape	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Drie onderdelen	3
2.3	Fysieke en informatie goederen en diensten	5
2.4	Infrastructuur	5
2.5	Decision Technology	5
2.6	OR werkzaamheden	6
3	Vier toepassingsgebieden van OR en E-Business	7
3.1	Inleiding	7
3.2	Informatie goederen en diensten	7
3.3	Supply-Chain Management	9
3.4	Netwerk Infrastructuur	11
3.5	Software Tools voor Decision Technology	12
4	Waarom de digitale economie OR nodig heeft	15
5	Gevolgen voor OR-professionals	17
6	Een toepassing: De luchtvaart	19
6.1	Inleiding	19
6.2	SABRE, CRS en GDS	19
6.3	Geschiedenis van de luchtvaart e-commerce	20
6.4	Internet en Travel Distribution	22
6.5	Decision Support	22
6.5.1	Planning	23
6.5.2	Marketing	23
6.6	OR in E-Commerce	24
7	Conclusies en aanbevelingen	27
A	Verklarende woordenlijst	29

Hoofdstuk 1

Inleiding

De digitale economie biedt een overvloed aan nieuwe mogelijkheden voor verschillende Operations Research (OR) toepassingen. Met name op gebieden als de financiële dienstverlening, elektronische markten, netwerk infrastructuur, software pakketten, supply-chain management en de reiswereld worden op dit moment al aanzienlijke successen geboekt. Omdat de OR mogelijkheden juist goed overeenkomen met de behoeften van de digitale economie zijn er voor de OR dan ook goede vooruitzichten om, met behulp van analytische technieken in combinatie met de informatie technologie (IT), de digitale economie verder te ontwikkelen en te verbeteren. Duidelijk is dus dat de Operations Research hier in de toekomst een sleutelrol zal gaan spelen, zoals A.M. Geoffrion en R. Krishnan ook beweren in [2].

Dit werkstuk zal allereerst wat dieper ingaan op de technische aspecten van e-business, het zogenaamde 'E-Business Landscape'. Hieruit komt vervolgens naar voren dat er vier verschillende deelgebieden van dit E-Business Landscape zijn waarin de OR een grote rol zal kunnen spelen: informatie goederen en diensten, supply-chain management, netwerk infrastructuur en software tools voor decision technology. Deze vier gebieden zullen verder in detail worden besproken met daarbij bijzondere aandacht voor de mogelijkheden van de OR die hier liggen.

Met behulp van de tot dan toe opgedane kennis kan dan tenslotte de vraag worden beantwoord waarom nou juist de digitale economie zoveel behoefte heeft aan een goede OR. En tevens kunnen er tips en suggesties worden gegeven aan de 'beoefenaars' van OR om zo goed mogelijk te kunnen gedijen in dit nieuwe digitale tijdperk.

Het theoretisch fundament van de eerste hoofdstukken zal vervolgens met enkele praktische aspecten uit de luchtvaart worden geïllustreerd. De luchtvaartindustrie kan namelijk ook wel als een voorloper van de hedendaagse e-business en e-commerce worden beschouwd (Sabre Inc.). Op deze manier wordt dan dus ook de algehele BWI-gedachte in het werkstuk verwerkt: eerst de theorie, en vervolgens de praktijk.

Voorin in het werkstuk is een samenvatting gegeven van de uitkomsten van het lite-

ratuuronderzoek, achterin staan zowel een bibliografie als ook een lijst met verklarende woorden. De bibliografie bevat tevens een aantal te raadplegen URL's voor meer informatie over het onderwerp Operations Research op het gebied E-Business en E-Commerce en naar enkele in dit werkstuk genoemde bedrijven en instanties.

Hoofdstuk 2

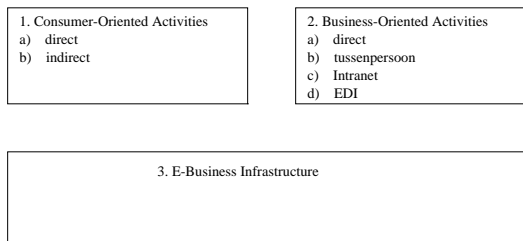
E-Business Landscape

2.1 Inleiding

Het hier te beschrijven E-Business Landscape dient als een soort raamwerk voor wat hierna volgt en introduceert tevens enkele essentiële begrippen en concepten voor het vervolg van dit werkstuk. Het richt zich natuurlijk meer op met name online activiteiten en bedrijvigheden (TCP/IP gebaseerd), dan op offline activiteiten. Echter, deze twee convergeren zo snel dat het binnenkort als ouderwets zal worden beschouwd om deze twee nog apart van elkaar te bekijken. TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) is het protocol waarop het Internet is gebaseerd.

2.2 Drie onderdelen

Het E-Business Landscape bestaat uit drie belangrijke onderdelen. Ten eerste de consument-georiënteerde activiteiten (1), bedrijvigheden die zich richten op de behoeften van de eindgebruikers, de consumenten. Daarnaast de business-georiënteerde activiteiten (2), welke zich richten op de behoeften van het bedrijfsleven. Beide worden nu tenslotte noodzakelijkerwijs ondersteund door de e-business infrastructuur (3). Figuur 2.1 laat dit nog eens grafisch zien.



Figuur 2.1: Het E-Business Landscape

De consument-georieënteerde activiteiten omvatten de business-to-consumer (B2C), government-to-consumer (G2C) en consumer-to-consumer (C2C) activiteiten. Business-georieënteerde activiteiten omvatten business-to-business (B2B), business-to-government (B2G) en government-to-business (G2B) activiteiten. Op de zogenaamde government- en C2C activiteiten zal hier verder weinig aandacht worden geschonken. Dit is omdat e-business bij de overheden een zeer kleine plaats inneemt en er ook relatief maar zeer kleine bedragen mee gemoeid zijn. Bij de C2C-activiteiten betreft het vooral zaken als consumenten veilingssites (zoals bijvoorbeeld eBay) en individuele communicatie mogelijkheden (bijvoorbeeld Web-based e-mail en instant messaging zoals MSN of ICQ). Daarentegen maken de commerciële C2C-tussenpersonen en de bedragen en provisies die met C2C-activiteiten gemoeid zijn, juist weer deel uit van de B2C-activiteiten.

De consument-georieënteerde activiteiten kunnen we nog verder onderverdelen naar de herkomst van de opbrengst die ermee behaald wordt: direct van de consumenten door bijvoorbeeld verkoop, toegangskosten, deelnamekosten en commissies of juist indirect via bijvoorbeeld sponsors (banners) of het betalen voor verwijzingen of links.

De business-georieënteerde activiteiten kunnen we onderverdelen in a) activiteiten direct tussen de betreffende partijen, b) activiteiten met de hulp van een tussenpersoon (bijv. een elektronische markt), c) die via een Intranet of d) via EDI (electronic data interchange), het over computernetwerken uitwisselen van standaard business documenten. De eerste drie maken exclusief gebruik van de Internet technologie. De eerste twee maken of gebruik van het (publieke) Internet of van zogenaamde extranets, members-only netwerken gerund door een bepaalde individuele organisatie, vaak geïmplementeerd als virtueel privé netwerk op het publieke Internet. Intranets maken daarentegen gebruik van veilige, intraorganisatie, Internet technologie-gebaseerde netwerken geïmplementeerd als privé netwerken of als virtuele privé netwerken.

Organisaties gebruiken intranets voor verschillende interne, vaak operationele, doeleinden. Voorbeelden hiervan zijn het toegang hebben tot klantgegevens en interne rapporten, het besturen van administratieve procedures of het automatiseren van work-flows.

EDI was twintig jaar geleden als het ware een voorloper van Internet-gebaseerd e-commerce en overtreft het nu ook nog steeds in belangrijkheid. Echter, het groeit veel langzamer vanwege de beperkte functionaliteit, de relatieve inflexibiliteit en de hogere kosten. De oude legacy EDI bezigheden zullen nog vele jaren bestaan, hoewel sommige daarvan wel al naar extranets neigen, maar de meeste nieuwe EDI toepassingen worden nu geïmplementeerd door gebruik te maken van Internet technologie en XML (eXtensible Markup Language).

2.3 Fysieke en informatie goederen en diensten

We maken tevens een onderscheid tussen enerzijds fysieke goederen, zoals auto's en computers, en anderzijds (digitaliseerbare) informatie goederen (information goods) zoals tijdschriften en muziek. Ook zijn er fysieke diensten, zoals transport en (digitale) informatie diensten, zoals nieuwsbronnen. Als een goed of dienst totaal gedigitaliseerd is, zijn de productiekosten na de eerste eenheid geheel verwaarloosbaar, zijn er geen marginale transportkosten meer en ook geen marginale voorraadkosten. Bovendien kunnen ze worden gereproduceerd en vervoerd in onbeperkte hoeveelheden en ook vaak tegelijkertijd. Voor fysieke goederen gelden deze eigenschappen niet. Zij hebben supply chains nodig, met vaak hoge kosten.

Wat betreft de fysieke goederen en diensten wordt er ook onderscheid gemaakt tussen spot en prearranged transacties. De digitale economie zorgt ervoor dat de frequentie van zulke spot handelingen, zoals het kopen en verkopen van capaciteit en voorraad, flink toeneemt.

2.4 Infrastructuur

Een goede e-business infrastructuur nu ondersteunt al deze dingen. Het fundament is een netwerk infrastructuur, dat informatiemiddelen bevat (netwerk PC's, persoonlijke digitale hulpmiddelen, telefoons), servers, toegangstechnologieën, zoals kabelmodem en DSL (digital subscriber line), glasvezel kabel, netwerk software en hardware, Internettoegang et cetera. Deze componenten worden soms als pakket aangeboden als infrastructuur met als doel een bepaalde markt. Een belangrijk voorbeeld hiervan is de ASP (application service provider) dat opereert als een veilig server bedrijf in data centers met een hoge mate van mogelijkheden tot ISP (internet service provider). Zulke ASP's bieden een platform om software als dienst beschikbaar te maken.

Op de netwerk infrastructuur worden netwerk applicaties gebouwd om e-business mogelijk te kunnen maken. Hieronder vallen bijvoorbeeld software voor Web applicatie ontwikkeling, zoek- en transactiemogelijkheden en diensten als e-business consulting en training.

2.5 Decision Technology

Decision technology voegt waarde toe aan de infrastructuur van het onderliggende netwerk en de toepassingen door ze slimmer en efficiënter te laten werken. We gebruiken het woord decision technology om te verwijzen naar het modelleren met behulp van de klassieke operations research, naar de symbolische en numerieke methoden uit de kunstmatige intelligentie (AI) en tevens naar de implementatie van deze technieken in de software. In dit nieuwe tijdperk heeft OR namelijk een veel bredere opvatting nodig. Binnen de decision technology maken we onderscheid tussen enerzijds de applicaties en anderzijds de software tools die ze mogelijk maken. Ter illustratie: een web-ready

component van de bibliotheek van een organisatie is een *tool*, maar de software voor online portfolio optimalisatie dat deze component gebruikt noemen we een *applicatie*.

2.6 OR werkzaamheden

De werkzaamheden die er bestaan op het gebied van zowel e-business als operations research kunnen we globaal in vier deelgebieden van het E-Business Landscape verder opsplitsen:

- binnen de B2C en B2B commerce in informatie goederen en diensten, met toepassingen onder andere in de financiële dienstverlening en reis-gerelateerde diensten;
- binnen de B2C en B2B commerce in fysieke goederen en diensten, met toepassingen in supply-chain management en op elektronische markten;
- binnen de netwerk infrastructuur en bijbehorende toepassingen, met toepassingen in netwerk ontwikkeling en quality-of-service verbetering; en
- binnen decision technology software tools, met de software pakket component.

In het nu volgende hoofdstuk zullen deze vier deelgebieden met hun OR toepassingen en mogelijkheden nader worden uitgewerkt en besproken.

Hoofdstuk 3

Vier toepassingsgebieden van OR en E-Business

3.1 Inleiding

Zoals in het vorige hoofdstuk werd uitgelegd, kunnen de activiteiten waarbij OR en e-business samenkomen, worden onderverdeeld in vier verschillende deelgebieden van het E-Business Landscape: 'Informatie Goederen en Diensten', 'Supply-Chain Management', 'Netwerk Infrastructuur' en 'Software Tools voor Decision Technology'. In dit hoofdstuk zal nu ieder toepassingsgebied in meer detail worden besproken en zal ook aandacht worden besteed aan de mogelijkheden van de OR.

3.2 Informatie goederen en diensten

Informatie goederen omvatten goederen zoals bijvoorbeeld boeken, greeting cards, muziek, software, video games en videotapes. Hoewel deze goederen traditioneel in fysieke vorm werden geproduceerd en geleverd, kunnen ze nu worden gedigitaliseerd. Ze hoeven dus niet te worden gematerialiseerd voor klanten die ze digitaal willen ontvangen, iets dat in de toekomst alleen nog maar zal toenemen. De fysieke productie en alles wat daarbij (en vooral daarna) nog komt kijken kan dan dus bijna geheel worden overgeslagen. Supply chains voor informatie goederen in fysieke vorm zijn om die reden gedoemd minder belangrijk te worden.

De belangrijkste categorieën wat betreft informatie diensten zijn entertainment, financiën, nieuws, telecommunicatie en reizen; maar alleen in die mate dat hun levering en bedrijfsprocessen digitaal zijn. De ASP industrie, waarvan verwacht wordt dat zij explodeert als software meer een dienst wordt en minder een product, valt in meerdere categorieën. Omdat administratieve, persoonlijke en professionele diensten meestal vragen om mensen voor hun uitvoering, plaatsen we deze meestal in de categorie van fysieke diensten.

Er kunnen twee soorten management activiteiten onderscheiden worden voor OR wanneer we het hebben over informatie goederen en informatie diensten, namelijk het helpen ontwerpen en operationeel maken van e-business processen en het analyseren van business items die minder vaak terug keren.

De processen zijn natuurlijk erg verschillend van die voor fysieke goederen en diensten, al kunnen er ook veel overeenkomsten worden gevonden: informatie goederen en diensten moeten worden gecreëerd, verkoopklaar worden gemaakt en aan klanten worden geleverd.

Het gaan van gestyleerde economische modellen naar werkelijke applicaties in de OR vereist minder vertrouwen in geschikte aannames maar juist meer in computer en analytische oplossingen, en soms het gemak van tools als Mathematica die zowel symbolisch als numeriek redeneren ondersteunen. Het bereiken van een fusie van deze twee tradities is een grote uitdaging van OR, en succes zou ook de strategische mogelijkheden van OR in de praktijk verscherpen, iets wat niet altijd als een kenmerk van OR wordt gezien.

Software pakketten bieden een meer bekende context voor OR om waarde toe te kunnen voegen. Wanneer bijvoorbeeld OR in geographic information systems (GIS) software wordt verweven, kunnen er grote voordelen worden behaald. Met real-time data over de locatie van vrachtwagens en het verkeer, kunnen GIS en OR detailhandelaren helpen grote voordelen wat betreft productaflevering te behalen.

Financial Services. OR methoden hebben lange tijd een belangrijke rol gespeeld in financiële toepassingen. Er zijn talrijke praktische voorbeelden van groot succes te noemen. Op OR-gebaseerde financiële producten en diensten hebben hun weg gevonden naar het online zijn. Online business financial services is op dit moment de grootste van de business services sectoren, met een verwachte omzet in 2003 van 80 miljard dollar [3]. Een voorbeeld is investment-portfolio risk management, waarin recente voordelen gebaseerd op scenario simulatie het voor ASP's mogelijk maakten alle zware berekeningen te doen terwijl hun klanten het lichte, portfolio-specifieke risico berekeningen deden met hun eigen data.

Ook voor de consumentenmarkt wordt er op dit gebied een grote toekomst voorspeld voor het gebruik van online financiële diensten. Een andere dienst die online wordt aangeboden is het lenen van geld. Klanten kunnen hun voorkeuren invoeren en het programma berekent voor de klant het optimale leenbedrag onder de door de bank opgelegde voorwaarden wat betreft leningen. Met de groei van ook het online handelen en online investeren, waarbij we zelfs de kant op gaan van online bankieren en verzekeren, zijn er voor de OR nog legio mogelijkheden op het gebied van financial services.

Travel-Related Services. Men voorspelt dat vrije tijds reizen in 2004 ongeveer 12% zullen uitmaken van alle B2C e-commerce, een groter deel dus dan het totaal aan computer hardware en elektronica [3]. Van zakenreizen zegt men dat ze in 2003 17% zullen uitmaken van alle online e-business services, dat is ongeveer de helft van de financiële

e-business services. Het gaat hier om de informatie diensten die met reizen te maken hebben, niet om de fysieke diensten.

De luchtvaartindustrie heeft ongeveer veertig jaar geleden al pionierswerk gedaan voor e-commerce, ver voor de komst van het Web dus, door 's werelds eerste business-to-business systeem te ontwikkelen. Om die reden kijken OR beoefenaars naar luchtvaartmaatschappijen voor wat betreft hun ervaringen, technologieën en applicaties die ze eventueel ook voor andere e-business domeinen zouden kunnen gebruiken. In een volgend hoofdstuk wordt hier dieper op ingegaan, wanneer het gebruik van SABRE in de luchtvaartindustrie wordt besproken.

3.3 Supply-Chain Management

Fysieke goederen maken een groot deel uit van de toekomstige verwachte e-commerce, zowel business-to-business (B2B) als ook business-to-consumer (B2C). Als de supply chain kosten (voorraad, transport, warehousing, logistieke administratie) in de toekomst een even groot gedeelte gaan uitmaken in het geval van online consumptie als van offline consumptie nu (zo'n 10%), dan zullen ook in de digitale economie supply chains een belangrijke rol gaan spelen.

OR ondersteund supply-chain management zal, net als in de offline economie, ook in de online economie erg belangrijk zijn wat betreft de te voeren strategie, de tactiek en de operationele handelingen. De digitale economie verschaft echter nog meer redenen om OR toe te passen, namelijk:

1. Enterprise Resource Planning (ERP) en Advanced Planning and Scheduling (APS) verkopers streven ernaar op Internet de vraag naar betere planning- en roostermogelijkheden tegemoet te komen in een context die zich uitbreidt door e-business.
2. De B2B elektronische markten groeien snel, met bloeiende spot markten.
3. Het Internet stimuleert veel meer supply-chain coördinatie en samenwerking met leveranciers en klanten.
4. Ook stimuleert het Internet supply-chains om product design en customer relationship in zich op te nemen.
5. De trend naar mobiele communicatie in de vrachtwagenindustrie gaat versneld met op Internet gebaseerde decision support applicaties in vrachtwagens.
6. Het Web biedt grote mogelijkheden om interactieve toepassingen te ontwikkelen.

Dit zijn enkele van de manieren waarop de digitale economie toegevoegde waarde levert aan het belang, de mogelijkheden of de effectiviteit van OR-gedreven supply-chain management. Ze zullen nu stuk voor stuk nader worden besproken.

ERP en APS. ERP systemen zijn bij ongeveer de helft van alle grote bedrijven in Europa en de VS al geïmplementeerd, breiden zich snel uit naar de middelgrote bedrijven en bevatten e-business functionaliteiten. Alleen al in de VS wordt jaarlijks ongeveer 10 miljard dollar uitgegeven aan software licenties en nog meer aan implementatie en andere diensten [3]. Omdat in het begin de systemen zich vooral richtten op transacties en niet op planning en scheduling, onstond er behoefte aan APS software. Hoewel APS wel plans en schedules kan produceren, zijn deze meestal niet optimaal. Hier ligt dus de mogelijkheid voor operations research, het optimaliseren van roosters en schema's.

Elektronische markten. Men heeft voorspeld dat elektronische markten ongeveer de helft van de B2B e-commerce in 2004 zullen verzorgen [3]. Online markten nemen vaak de vorm aan van veilingen of beurzen gehost door kopers, verkopers of tussenpersonen. Ze ondersteunen prearranged en spot kopen en verkopen. Bij de spot markten is een trend gaande richting transactie prijzen die veranderen als antwoord op de laatste informatie over de verkopers (bijvoorbeeld capaciteit, vraag, voorraad) en over de kopers (bijvoorbeeld biedgedrag). Dit biedt mogelijkheden voor analyse en modelgebaseerde systemen voor bijvoorbeeld prijsbepaling.

Collaboratie. Internetverbindingen zijn de reden dat supply-chain management zich uitbreid in de richting van leveranciers en klanten, waarbij dus de fysieke scope van de supply-chain modellen ook uitgebreid wordt. Internet maakt bijvoorbeeld vendor managed inventory (VMI) praktischer, en dat lokt uit tot nieuwe voorraadmodellen en -software.

Functionele integratie. Het Internet maakt het mogelijk dat de supply-chain wordt uitgebreid met product ontwerp, verkoop en customer relationship management (CRM). Opnieuw moeten supply-chain modellen dus worden uitgebreid, maar nu met betrekking tot hun functional scope.

Netwerk stromen. Benzine is een belangrijke kostenpost in de vrachtwagenindustrie, dit maakt optimale aankoop van benzine erg belangrijk. APS toepassingen maken de dagelijkse update van benzineprijzen transparant voor de gebruikers. Andere APS toepassingen combineren dit met optimale routing. Hier wordt gebruik gemaakt van het Web en van de satellietverbinding in de vrachtwagens.

Interactieve applicatie ontwikkeling. Het Web maakt het voor het eerst mogelijk om goedkoop hoge interactieve OR-applicaties te leveren aan de wereldwijde behoefte. Het is nu bijvoorbeeld praktisch om MCDM methoden beschikbaar te maken met de interactiviteit die nodig is voor zulke toepassingen als procurement. MCDM staat voor multicriterion decision-making. Beslissingen worden dus genomen op basis van meerdere criteria.

3.4 Netwerk Infrastructuur

De afgelopen jaren is het Internet explosief gegroeid, resulterend in meer dan 93 miljoen hosts in meer dan 200 landen in juli 2000. E-business toepassingen zijn hier niet alleen de oorzaak van, ze zorgen ook dat de infrastructuur verder blijft groeien. Met de verwezenlijking hiervan neemt echter ook de aandacht die de consument besteedt aan de kwaliteit van de dienstverlening verder toe. Mensen willen bijvoorbeeld dat de downloadtijd van webpagina's van gemiddeld acht naar vier seconden terugloopt, ongeacht het soort verbinding dat ze hebben. Het verbeteren van deze responstijd vereist aandacht voor resource allocation en pricing, gebieden waarop de OR technieken een grote rol kunnen spelen.

Vanuit het oogpunt van de consument wat betreft de kwaliteit van de geboden service bestaat de netwerk infrastructuur voor e-business uit drie belangrijke componenten:

1. Local Consumer Internet Access, welke zich ontwikkelt van narrow-band tot high-speed broad-band access, waarbij gebruik gemaakt wordt van of DSL of kabelmodem technologie;
2. Het Internet zelf en de netwerken die Internet technologie gebruiken, zoals intranets en extranets die via een server de informatie leveren aan de browser van de gebruiker, en
3. De Web-server bedrijven en transactie-verwerkende systemen die toegang tot de informatie verschaffen.

De problemen en vertragingen waar de gebruikers tegenaan lopen worden veroorzaakt door een of meerdere van deze componenten.

Local Access Networks. Ondanks de groei van breedband technieken zal tot 2005 de dial-up access via het telefoonnetwerk de belangrijkste manier blijven om toegang tot het Internet te verkrijgen. Echter, deze calls naar de ISP's verschillen, wat betreft statistische karakteristieken, natuurlijk van 'normale' telefoongesprekken. Hun langere duur heeft geresulteerd in een toename van het aantal geblokkeerde calls, zowel spraak als data. In het herinrichten van netwerken om deze verschillende typen calls af te kunnen handelen, wordt gebruik gemaakt van wachttijdtheorieën en nieuwe statistische modellen in plaats van de Poisson modellen die eerst werden gebruikt om netwerken te ontwerpen en te optimaliseren.

Content Delivery Networks. De kwaliteit van de service hiervan wordt beschouwd vanuit drie verschillende perspectieven.

De eerste is die van web-caching. Een web-cache is een computer systeem in een netwerk dat de 'verzoeken' van de gebruikers aan de server in beeld brengt en een kopie bewaart van de opgevraagde informatie. Wanneer er dan een verzoek komt voor een site die al bezocht is, dan geeft de web-cache de lokale kopie. Op deze manier reduceert de web-cache de responstijd. Tevens bespaart dit gebruik van bandbreedte en de

kosten hiervan. Ook reduceert web-cache de workload van de herkomstservers.

Een tweede perspectief is het gebruik maken van pricing voor gealloceerde bronnen. Op dit moment is de prijsbepaling op Internet hetzelfde voor vertraging-gevoelige diensten (telefoon) als voor vertraging-ongevoelige diensten (bijvoorbeeld e-mail), zelfs al vereisen verschillende toepassingen verschillende serviceniveaus. Analisten richten zich hier vooral op congestion pricing in plaats van de marginale kosten van de bandbreedte. Congestion pricing neemt de vertraging van een applicatie, welke voortkomt uit een andere vertraagde applicatie, in ogenschouw. Sommige analisten gebruiken economische modellen, andere juist statistische modellen om de vraag naar bandbreedte en de bereidheid van de consument tot het betalen voor de verschillende serviceniveaus (speltheorie). Dit maakt de weg vrij voor het toepassen van yield management voor ISP diensten.

Het derde en laatste perspectief betreft het ontwerp van deze netwerken, een lang en vruchtbaar toepassingsgebied voor OR. Te denken valt bijvoorbeeld aan hoeveel glasvezel er in de grond moet worden gelegd, waarbij de hoge kosten hiervan moeten worden afgewogen aan de opbrengsten van het toekomstig gebruik.

Het optimaliseren van de service kwaliteit van Web servers. Het controleren en optimaliseren van de mate van uitvoering van Web sites vereist een fundamenteel begrip van gebruiksvraag patronen en hun impact. Een succesvolle methodologische bijdrage betreft stochastische processen en statistiek om vraagpatronen aan zeer vaak bezochte sites te karakteriseren en modelleren. Op deze manier heeft men bijvoorbeeld de site van de Olympische Winterspelen in Nagano (1998) getest.

Om netwerk problemen op te kunnen lossen heeft een OR-uitvoerende een goed begrip nodig van netwerk protocollen (TCP/IP), met name applicatie-lagen protocollen als http en concepten als caching.

3.5 Software Tools voor Decision Technology

We richten ons hier op de bestaande software pakketten voor decision technology die een bijdrage kunnen leveren aan het verbeteren van de infrastructuur van e-business door het toepassen van OR. We kijken dus niet naar het feit of de software al dan niet via het Web verkocht wordt of dat er bijvoorbeeld misschien goede OR werkzaamheden zijn wat betreft het ontwerp en de implementatie ervan.

Deze software vergroot meestal de productiviteit van OR professionals en het aantal producten en diensten die ze kunnen verschaffen als het Web-toegankelijk is en als het kan opereren samen met andere software in een Internet omgeving en dus kan worden gebruikt in e-business software.

Twee soorten software zijn speciaal bruikbaar voor OR uitoefenaars: (1) gratis software voor interne doeleinden en (2) commerciële software voor OR analyse. Tussen

deze twee zit de zogenaamde open-source software. Het is gratis, kan worden gebruikt in toepassingen met licentiebeperkingen en is van hoge kwaliteit.

De meeste software is nu gratis verkrijgbaar via het Web, soms met enkele beperkingen tegen commercieel gebruik. Met bijvoorbeeld alleen een Web browser en een Internet verbinding kan in principe iedereen verschillende soorten optimalisatie modellen oplossen, statistische berekeningen of voorspellingen doen. In de loop van de tijd zullen ASP's meer en meer OR tools via het Web beschikbaar stellen.

Ook voor projecten die Web-enabled zijn, production quality applicatie software vereisen of die zouden kunnen profiteren van het maken van modellen of resultaten die toegankelijk zijn via het Web of die bepaalde industriële tools nodig hebben, zijn er voor OR-beoefenaars legio mogelijkheden te vinden.

Hoofdstuk 4

Waarom de digitale economie OR nodig heeft

Sommige soorten van waarde die Operations Research kan toevoegen komen juist bijzonder goed overeen met de behoeften van de digitale economie. Hieronder staan zes kenmerken van OR, waarvan het belang voortkomt uit de bijdrage die ze leveren aan de digitale economie. Het zijn dus niet die kenmerken die meestal worden genoemd wanneer het gaat over de ‘offline’ economie; OR is duidelijk meer dan bijvoorbeeld het drukken van kosten met 5 procent of het vinden van de snelste route van A naar B.

1. De OR blinkt uit in het halen van zeer compacte en waardevolle informatie uit verschillende data, welke door de informatie technologie in ongekende mate wordt gecreëerd: auctions logs, customer profiles, mobile scanner data points, point of sale data, transactional ERP data en Web logs zorgen voor grote hoeveelheden data. Door gebruik te maken van methoden uit de statistiek, data analyse, data mining, large-scale optimization en andere beslissingstechnieken kunnen organisaties nu de grote stroom aan data omzetten in duidelijke en handelbare kennis en informatie.
2. De OR kan het hoofd bieden aan de complexiteit die aanwezig is in design, planning en operations omdat het inherent analytisch is. Dit betekent dat het een complex geheel kan opdelen in kleinere componenten; juist datgene dat nodig is om goed om te kunnen gaan met de toenemende complexiteit die de e-business met zich meebrengt.
3. OR kan tevens risico managen en omgaan met onzekerheid door gebruik te maken van statistieken, decision analysis en probabilistische modellen. In een tijd dat de veranderingen in zowel business als ook technologie zo snel gaan dat het verleden amper nog een gids is naar het huidige, laat staan naar de toekomst, is het verstandig de hulp in te roepen van model-gebaseerde benaderingen om een besluit te nemen dat de onzekerheid en het risico expliciet kwantificeert.

4. De OR modelbouw benadering is een zeer vertrouwde manier om een goed inzicht te krijgen in bedrijfsprocessen en -items. Er kan haast worden gezegd dat geen enkel verschijnsel, zelfs die door mensenhanden gemaakt, zoals bedrijfsprocessen, geheel kan worden begrepen totdat het kan worden gemeten en gemodelleerd. Dus OR loont zeker de (grote) bedragen die het management in toenemende mate besteedt aan intellectueel kapitaal en methoden om kennis te verwerven.
5. OR kan virtuele experimenten (analyses, simulaties) laten zien zonder dat men het risico loopt schade toe te brengen aan bijvoorbeeld de waarde van de aandelen of aan de financiële situatie van het bedrijf.
6. OR kan decision technology verschaffen voor operationele software om gehele klassen van beslissingen snel (soms zelfs real-time, zoals in Web-applicaties) af te handelen, herhaaldelijk en ook automatisch. Zelfs decisions die gedurende lange tijd de automatisering getotseerd hebben, zoals het verbeteren van leningen, zijn nu geautomatiseerd met behulp van decision technology.

Andere (bekende) opzienbarende krachten van OR, zoals de krachtige manieren om bepaalde beslissingen met grote gevolgen goed en duidelijk te kunnen analyseren en het bereiken van kostenminimalisatie (niet alleen kostenreductie) zijn niet specifiek in het voordeel met de opkomst van de digitale economie, maar blijven even bruikbaar en toepasselijk als dat ze eerst al waren.

Kijken we nu naar het eerste punt hierboven genoemd, dan vinden we daar een duidelijke toepassing van in het Customer Relationship Management (CRM). CRM is één van de grootste begunstigen van de overvloed aan door IT geleverde data. De OR haalt hier dan weer zijn voordeel uit. Het doel van CRM is om de juiste klanten te kunnen identificeren, ze te bedienen en te behouden en er zo vervolgens waardevolle informatie uit te kunnen halen. Dit door op een effectieve manier met ze te communiceren door gebruik te maken van verschillende contactpunten voor marketing, verkoop en service zoals bijvoorbeeld e-mail, het Web, telefonisch, persoonlijk of via de post.

Dit vereist dus dat uit de grote hoeveelheden verzamelde data er compacte en waardevolle informatie wordt behaald. Data die wordt verkregen met behulp van operationele systemen zoals bijvoorbeeld order entry, het contact met de consumenten (via bijvoorbeeld de call centers) of bepaalde third-party bronnen als demografie. Voor dit alles wordt gebruik gemaakt van data mining en statistiek.

Een voorbeeld van OR dat CRM ondersteunt is het bedrijf HNC Software. Zij maken gebruik van onder andere neurale netwerken en voorspeltechnieken om de voorspelde winst van een individuele klant bij bepaalde transacties te herberekenen om op die manier een zo goed mogelijk beeld te krijgen van potentiële klanten van kredietverschaffers of beleggingsfondsen. Niet alleen hebben zij toepassingen in de financiële dienstverlening, ook in de telecommunicatie en andere toepassingen zijn zij actief.

Hoofdstuk 5

Gevolgen voor OR-professionals

De vraag is nu tenslotte hoe de OR professionals het best zouden kunnen gedijen in dit nieuwe digitale tijdperk. Allereerst, zoals altijd, door de betreffende organisatie natuurlijk goed te doorgronden. Je moet weten in wat voor omgeving je op dat moment werkzaam bent en de ‘taal’ van de betreffende manager kunnen begrijpen. Ten tweede, door gebruik te maken van de zes kenmerkende krachten van OR die van toepassing zijn op de digitale economie, zoals die in het vorige hoofdstuk zijn genoemd en besproken. En ten derde, door hun bekwaamheid wat betreft het uitvoeren van grote e-business projecten te verbeteren. Hieronder een aantal raadgevingen:

Blijf bij de tijd.

Het aan de dag leggen van de mogelijkheden van OR toepassingen en het bespreken hiervan met de betreffende managers vereist een groot en goed begrip van e-business processen en relevante kwesties. Dit is geen gemakkelijke zaak. Blijf bij de tijd door bijvoorbeeld het lezen van bedachtzame verslagen van de digitale economie, zoals bijvoorbeeld uit *The Economist* of *The Wall Street Journal Interactive Edition*. Bestudeer ook de rapporten van onderzoeksinstituten en volg de technologie-georiënteerde tijdschriften. Ook op het Internet zelf is natuurlijk voldoende informatie te vinden over verschillende onderwerpen en kwesties uit de digitale economie met betrekking tot e-business.

Bestudeer de nieuwe Decision Technologies.

Het effectief kunnen reageren op de nieuwe uitdagingen en andere mogelijkheden vraagt om een uitgebreid technisch repertoire van de OR professional. Dit betekent dat je kennis moet hebben van onderwerpen zoals ontwerp, constraint programming, data mining, dynamic pricing, revenue management, personalization en recommendation technologieën en ook van de real-time OR. Echter, slechts een paar van deze onderwerpen worden behandeld tijdens de standaard OR studieonderdelen, een feit dat een waarschuwingssignaal afgeeft aan universiteiten en andere onderwijsinstellingen. De markt vereist dus van iedere OR professional dat hij of zij zich altijd blijft ontwikkelen en laat her- en bijscholen.

Houd de economie in de gaten.

Fris je kennis op van de economische wetenschap, met name de microeconomie. Op deze manier kun je werkzaamheden in deze gebieden altijd goed volgen en kun je ergens over meepraten. Of begin met een soort hybride studie waarin economische methoden en OR gecombineerd worden toegepast om e-business analyses te kunnen maken, naast de kwantitatieve inzichten om problemen op te lossen. Helaas heeft ook de microeconomie niet altijd deel uitgemaakt van OR opleidingen en zal de professional zelf hier werk van moeten maken.

Bestudeer de nieuwe informatie technologie.

Veel OR-beoefenaars programmeren zelf of ze werken nauw samen met programmeurs. Omdat online e-business toepassingen vaak nieuwe computertalen en implementatie architecturen met zich meebrengen en vereisen, is investering op dit gebied dus een vereiste. Over deze onderwerpen zijn al vele papers geschreven waar de benodigde kennis in te vinden is. Op deze manier kun je op de hoogte blijven van de nieuwste ontwikkelingen op dit gebied en je kennis uitbreiden.

Leer te werken in het Internet-tijdperk.

Het Internet-tijdperk is al lang geen fictie meer. Echter, de meeste universiteiten en ook OR-beoefenaars opereren meestal nog niet in deze nieuwe fase. Iedereen die in de wereld van de e-business hoopt te gaan werken, zal moeten leren om de professionele projecten sneller te doen, veel sneller soms. Dat betekent dat je een goed beeld moeten hebben van de beschikbare tijd en realistische doelen moet plaatsen binnen die tijd om dan een kwalitatief goede oplossing te kunnen realiseren.

Door het opvolgen van bovenstaande suggesties raakt de OR professional meer en meer betrokken bij e-business projecten, misschien slaat hij op deze manier zelfs de Internet consultants en ondernemers van zich af. Immers, hij heeft niet alleen kennis van zijn eigen vakgebied (de OR), maar ook van de vakgebieden waarbinnen zijn werkzaamheden plaatsvinden (de IT, de economie). Dit is duidelijk een voordeel, zowel voor de OR professional zelf als voor zijn of haar werkomgeving.

Op dit moment groeit de digitale economie, en daarmee dan dus ook de talrijke kansen voor vele OR professionals op leuk en goed werk op dit gebied, natuurlijk nog steeds erg hard. Ondanks dat de vooruitzichten nog altijd redelijk goed zijn moet er wel degelijk rekening mee worden gehouden dat het ook eens heel anders kan gaan en er enorme catastrofes kunnen gaan plaats vinden als de digitale economie instort, met alle gevolgen voor de werkgelegenheid van dien. Niet alleen kan dan de vraag naar goed OR personeel afnemen, ook zal hun kennisgebied gaan verschuiven.

Echter, omdat de offline en online economie steeds meer zullen samensmelten tot één geheel zal het voor een goede OR professional niets uitmaken of hij in de e-business dan wel in de 'gewone' business werkzaam is. Mocht het dus toch fout gaan met de digitale economie, dan is er altijd nog werk genoeg te vinden.

Hoofdstuk 6

Een toepassing: De luchtvaart

In de voorgaande hoofdstukken is de theorie besproken van de operations research op het gebied van e-business. In dit hoofdstuk zal een concrete toepassing hiervan uit de praktijk de revue passeren. Het betreft de luchtvaartindustrie, ook wel de bakermat van het huidige e-commerce genoemd.

6.1 Inleiding

De luchtvaartindustrie is een voorloper geweest van veel e-commerce principes, zo had zij als eerste elektronische B2B informatieuitwisseling en een elektronische marktplaats. Dit alles gaf vele mogelijkheden voor OR toepassingen. Rond de 80'er jaren bijvoorbeeld gebruikten luchtvaartmaatschappijen gegevens over het koopgedrag van consumenten om de vraag te voorspellen, analyseerde met behulp van simulatie verschillende multi-channel product strategieën en paste men yield management toe om op dynamische wijze prijzen te bepalen. Nog steeds investeert men jaarlijks miljarden dollars in dergelijke modellen [10]. De aanwezigheid van betrouwbare, goedkope communicatiemiddelen zoals het Internet verschaffen niet alleen uitdagingen voor nieuwe modellen in de luchtvaart, ook in andere industriën biedt het vele nieuwe mogelijkheden.

6.2 SABRE, CRS en GDS

De computer reserverings systemen (CRS) die zijn ontwikkeld voor de reisindustrie waren de vroegste voorbeelden van het huidige e-commerce. Veertig jaar geleden al ontwikkelde American Airlines het SABRE computer reserveringssysteem om een beeld te krijgen van het aantal (nog) beschikbare plaatsen op de vele honderden vluchten die werden geboekt wereldwijd. Luchtvaartmaatschappijen hebben sindsdien altijd het gebruik van informatie technologie (IT) uitgebreid en hebben zo een infrastructuur gecreëerd dat vele mogelijkheden biedt aan de verschillende OR modellen.

Het SABRE systeem en andere dergelijke reserveringssystemen (zoals Amadeus, Gali-

leo, Shares) hebben de reisindustrie drastisch veranderd. Ze hebben product distributie en customer service verbeterd en ook de luchtvaart marketing gerevolutioneerd door gebruik te maken van bijvoorbeeld yield management. Deze systemen hebben geleid tot de ontwikkeling van de global distribution systems (GDS). Waar CRS de individuele maatschappij hielp hun eigen stoelen te verkopen en te managen, daar verenigde GDS de informatie van meerdere maatschappijen door reisagenten, zakenlieden en individuen te laten samenkomen in één enkele elektronische marktplaats. Deze marktplaats heeft zich vervolgens uitgebreid met diensten als hotel- en autoverhuur en producten en diensten op de plaats van bestemming.

De groei van de reserveringssystemen en het daaraan gerelateerde gebruik van de OR in de luchtvaartindustrie heeft vele parallellen met e-commerce. Zo brengt ook deze nieuwe web-gebaseerde markt de kopers en verkopers samen en vraagt provisies voor bewezen diensten.

Door de productinformatie van de vele maatschappijen te verenigen heeft GDS geleid tot bijna perfecte informatie wat betreft vliegroosters en -tarieven. Door het gebruik van het Internet gaan ook de andere industrietakken een dergelijk scenario tegemoet door functies als low-price zoekmachines, display-ordering-rules logica en real-time technologie, welke de luchtvaartindustrie ontwikkelde, voor hun eigen industrie aan te passen. Luchtvaartmaatschappijen hebben gedurende 70 jaar hun eigen e-commerce infrastructuur opgebouwd. De geschiedenis van deze ontwikkeling geeft ons inzicht in de huidige veranderingen in andere industriën.

6.3 Geschiedenis van de luchtvaart e-commerce

In de beginjaren van de luchtvaartindustrie vervoerden de paar honderd vliegtuigen slechts zo'n miljoen passagiers per jaar. Rond 1950 nam, door onder andere de verbeteringen in de navigatiesystemen en de drukcabine, de vraag echter drastisch toe. Om het personeel, de vliegtuigen en de passagiers goed te kunnen coördineren ontwikkelde men interne communicatiemiddelen en een commerciële infrastructuur. Zo ontstonden SITA (Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques) en ARINC (Aeronautical Radio Inc.), 's werelds eerste business-to-business systemen, systemen die met behulp van Teletype messaging de communicatie verzorgden en ook nu nog gebruikt worden.

Twee grote en moeilijke informatieprocesproblemen waar men mee te maken kreeg waren (1) het zicht houden op het aantal verkochte stoelen op het toenemend aantal vluchten en (2) het communiceren over het aantal nog lege stoelen met de geografisch zeer verspreide reisagenten. De middelen die men tot dan toe gebruikten waren niet alleen veel te duur, ze zouden ook de toenemende vraag niet aan kunnen. In 1953 gingen American Airlines en IBM samen dit probleem te lijf en in 1962 implementeerden zij het SABRE systeem, een geautomatiseerd systeem waarbij iedere agent die inlogde op het systeem toegang had tot alle beschikbare data. Niet alleen het aantal reserveringen nam nu toe, de tijd die nodig was om een reservering te plaatsen nam ook drastisch

af. Een hele verbetering in de efficiency dus en ook een besparing van de kosten.

Rond 1970 bepaalde de Civil Aeronautics Board (CAB) de prijzen van vluchten in de Verenigde Staten. De prijzen op de reguliere vluchten, de lijndiensten, stonden geheel vast en ook waren er geen onderlinge prijsverschillen, behalve voor kinderen en studenten. De chartervluchten waren echter een stuk goedkoper. Toen op een gegeven moment sommige chartermaatschappijen zich als quasi-lijndiensten gingen gedragen onstond er dan ook een stevige concurrentie op de markt. De duurdere 'echte' lijndiensten waren duidelijk in het nadeel. Op een gegeven moment realiseerden zij zich dat iedere, voor een lagere prijs, verkochte stoel toch de opbrengst deed toenemen, daar de toenemende kosten van een stoel bijna nul zijn en er dus altijd verdiend zou worden als die stoel bezet zou zijn.

Om lege stoelen te vullen liet men het aantal en ook de verscheidenheid aan goedkopere tarieven toenemen. Zo ontwikkelde men het yield management. Yield management past OR modellen toe om het juiste aantal stoelen te bepalen die men vrij laat voor mensen die later boeken maar wel een hoge opbrengst met zich meebrengen, zoals zakenlieden, in tegenstelling tot mensen die ver van te voren boeken voor een vaak veel lagere prijs (zoals vakantiegangers). Yield management in combinatie met andere restricties (zoals rondreizen, goedkopere last-minutes, weekendovernachtingen) leidden tot vaak erg lage prijzen die weinig risico met zich meebrachten voor lagere opbrengsten. Zo konden de maatschappijen zowel high-revenue zakenlieden als ook prijsgevoelige incidentele reizigers van dienst zijn. Een duidelijk voorbeeld van dit alles is het Amerikaanse PeopleExpress, dat in 1981 startte en gebruik maakte van yield management. Binnen vijf jaar groeide het uit tot één van de vijf grootste maatschappijen uit de VS. Ze hadden een load factor (percentage bezette stoelen) van rond de 75%, terwijl de rest rond de 55% zat. PeopleExpress kon dit onder meer doen omdat zij geen full-service boden (geen tickets in dure mapjes thuisgestuurd, geen luxe maaltijden aan boord, niet veel personeel op de luchthavens), iets wat uiteraard kostendrukkend werkt. In 1985 ging ook American Airlines over op yield management, maar omdat zij wel full-service boden, was het daarna snel gedaan met PeopleExpress: een load factor van 25% leidde ertoe dat ze in 1986 werden verkocht.

Hoewel in de jaren '70 het aantal passagiers toenam, ontwikkelde het papier-intensieve werk van reisagenten zich te langzaam. Men had ook hier behoefte aan automatisering. In 1974 werd het Joint Industry Computer Reservation System (JICRS) gelanceerd, een gezamenlijk reserveringssysteem voor alle maatschappijen. In 1976 kwam United Airlines met het plan een eigen systeem op te zetten (Apollo) en te installeren in reisbureaus. Andere maatschappijen breidden daarna snel hun eigen GDS uit. Dit alles kwam voort uit de manier waarop informatie op het scherm werd weergegeven, waarbij sommige maatschappijen voordelen konden behalen omdat de kans dat een klant een reis boekt bij een maatschappij die eerder genoemd wordt veel groter is dan bij een maatschappij die onderaan de lijst staat. Uiteindelijk werden GDS'en (zoals SABRE) het systeem voor reisagenten om alle informatie te krijgen. In 1984 zorgde het Department of Transportation (DOT) er met bepaalde nieuwe functionaliteiten, zoals het gestandaardiseerd doorvoeren van tijd- en prijsveranderingen, dat de 'oneerlijkheid' in

de systemen werd opgeheven.

6.4 Internet en Travel Distribution

Voordat het Internet er was communiceerde men in de reisbranche met behulp van eigen netwerken. Publieke netwerken die het Internet ondersteunen zijn echter veel goedkoper en veel minder complex. De vroegste Internet reserveringen beperkten zich slechts tot boeken en betalen. Papieren tickets werden naar de mensen gepost. Door dit electronic ticketing nam het aantal reizen dat via Internet geboekt werd enorm toe, waarbij het ook tijd- en kostenbesparend werkte. En andere oorzaak van de groei is dat de methoden die worden gebruikt goed afgestemd zijn op de behoeften van de consument. Er zijn drie dominante modellen te onderscheiden: online reisbureaus zoals Travelocity.com die de reiziger direct toegang geeft tot het GDS; web-sites van luchtvaartmaatschappijen die direct contact tussen passagier en maatschappij leggen; en (veiling-)sites die als tussenpersoon van leverancier en consument dienen.

Met behulp van zulke online reisagenten kunnen de klanten reizen uitkiezen die het best met hun persoonlijke voorkeuren overeenstemmen, zowel qua prijs als qua tijd. Ook kan men op extra gegevens zoeken zoals bijvoorbeeld het aantal verbindingen. Maatschappijen gebruiken deze middelen om de consument aanvullende diensten aan te bieden, zoals bijvoorbeeld airport information of complete vakantiepakketten of de mogelijkheid om airmiles te sparen die men later weer kan gebruiken als men een andere reis boekt. Met behulp van OR technieken, zoals vraagvoorspelling en optimalisatie, ontwikkelen ze verkoop promoties en extra mogelijkheden zoals het huren van hotels of autos. Hiervoor maken ze gebruik van het surfgedrag van de consument (click-stream). Een klant heeft dan een bepaald profiel en dit wordt gebruikt als input om de klant bepaalde aanbiedingen te doen. Als een klant bijvoorbeeld een reis wil boeken die al compleet is uitverkocht, dan krijgt de klant een e-mail toegezonden met alternatieven die overeenkomen qua tijd, maar bijvoorbeeld iets duurder zijn of naar een iets verderop gelegen luchthaven gaan.

Andere voordelen die men kan behalen door gebruik te maken van het Internet en OR zijn het reduceren van de kosten van een ticket, het publiceren van het aantal stoelen per prijs categorie dat nog beschikbaar is op een bepaald moment (yield management) waarmee de klant dus up-to-date informatie voorgeschoteld krijgt en onmiddellijk zijn of haar keuze kan maken. Ook maakt het chartermaatschappijen mogelijk als quasi-lijndienst op te treden. Als een klant een bepaalde route wil hebben, dan wordt deze route wereldwijd bekend gemaakt aan anderen potentiële reizigers. Dit verhoogt de effectiviteit van chartermaatschappijen.

6.5 Decision Support

De e-commerce infrastructuur die de luchtvaart heeft ontwikkeld maakt het mogelijk dat er data over verkoop en marketing centraal wordt opgeslagen. De maatschappijen gebruiken deze data weer bij hun decision support tools voor planning en marketing.

6.5.1 Planning

Decision support modellen worden vooral gebruikt voor het inschatten van de vraag, de kosten en de opbrengsten van bepaalde reisroosters en -schema's. Nadat bekend werd dat de weergave van de informatie van de GDS op het scherm een bepalende factor is bij de keuze van de consument, hebben de luchtvaartmaatschappijen er alles aan gedaan om hun dienstregeling zo goed mogelijk weer te geven om op deze manier een zo groot mogelijk vraag te ontwikkelen. Het voorspellen van dit alles blijft bovenal een zeer lastige zaak. Met behulp van CRS simulatie probeert men in te schatten wat het gevolg is van een bepaalde weergave op hun marktaandeel. Ook hier zijn weer klantgegevens voor nodig die als input van de simulatie moeten dienen. Klantgegevens worden wel als het beste middel gezien om er een goede simulatie mee te doen.

Met een goede inschatting van het te verwachten marktaandeel kunnen de maatschappijen een goede kosten/baten-analyse maken. Op basis hiervan stelt men ook hun dienstroosters op: hoe vaak en op welk tijdstip waar heen. Heeft men eenmaal een basisrooster ontwikkeld, dan kan men aan de hand daarvan bepaalde typen vliegtuigen toewijzen aan bepaalde vluchten. Doel is om op deze manier de opbrengst te maximaliseren onder bepaalde constraints, zoals de grootte en samenstelling van de vloot. Vooralsnog heeft men nog niet op basis van data die men via het Internet verzameld heeft een dienstrooster samengesteld [10]. Te verwachten is dat dit over enkele jaren wel zal gaan gebeuren, al heeft er nog geen een luchtvaartmaatschappij bekend gemaakt plannen in deze richting te hebben.

Ook andere industriën die gebruik maken van Internet-kanalen hebben te maken met product-planning problemen zoals in de luchtvaart. Men heeft behoefte aan modellen die de zichtbaarheid van producten volgen, de juiste producten aan de juiste kanalen toekennen en een schatting maken van de gevolgen daarvan op de kosten en opbrengsten. Als privacy issues worden weggenomen zal gedetailleerde customer-shopping information wereldwijd beschikbaar zijn en zullen de modellen kwantitatief en kwalitatief groeien.

6.5.2 Marketing

De belangrijkste toepassing wat betreft airline marketing is yield management. American Airlines heeft er in drie jaar 1,2 miljard dollar mee verdiend. Yield management systemen maken gebruik van historische data over de vraag naar bepaalde vluchten en boekingen van passagiers om zogenaamde reserverings beschikbaarheidsbeperkingen op te leggen.

Er worden modellen gebruikt om de toekomstige vraag en annuleringen te voorspellen en op basis hiervan worden drie soorten beslissingen genomen: vlucht overboeking, discount-fare management en reismanagement. De modellen voor overboeking gebruikt men om het maximaal aantal (meer dan het werkelijke aantal) stoelen te bepalen dat verkocht kan worden, omdat er altijd mensen afvallen. De discount-fare modellen

worden gebruikt om te bepalen wanneer men stopt met het verkopen van goedkope plaatsen om te voorkomen dat men later verlies maakt met laat-boekers en de reismodellen om de beste mix te bepalen van ‘overstappers’ en lokale passagiers (reismanagement). Dit alles vereist een stochastisch optimalisatie proces.

Luchtvaartmaatschappijen behalen extra opbrengsten met het vervoeren van vracht op passagiersvluchten en met vrachtvliegtuigen afzonderlijk. Van de winst die Lufthansa bijvoorbeeld in 1998 behaalde kwam 17% hieruit voort. Omdat yield management zulke grote successen behaalde met passagiersvluchten besloot men om dit ook toe te passen op vrachtvluchten. Cathay Pacific Cargo schat dat de winst in het vierde kwartaal van 1996 hierdoor met 3,8% is toegenomen.

Sabre heeft een cargo-routing guide ontwikkeld die alternatieve routes opstelt op basis van de gevraagde service en karakteristieken van de te vervoeren goederen (bederfelijkheid en cetera). Voor het vinden van de beste route wordt gebruik gemaakt van het kortste pad algoritme en het Dijkstra algoritme.

Met de opgedane kennis in de luchtvaartindustrie heeft het bedrijf Sabre ook andere reis-gerelateerde bedrijven geholpen. Een voorbeeld zijn de Franse spoorwegen. Er is een systeem ontworpen om een optimale mix van de vloot samen te stellen en een optimale routing. Daar komt bij dat men maar 80% van de capaciteit van de hogesnelheidslijnen vast inroostert. De overige 20% bepaalt men 14 dagen van tevoren om op die manier het aanbod zo optimaal mogelijk af te stemmen op de vraag. In samenwerking met de spoorwegen heeft Sabre ook een systeem ontwikkeld dat deze 20% extra capaciteit zo optimaal mogelijk combineert met het bestaande dienstrooster.

Ook zijn er voorbeelden te noemen waar yield management wordt toegepast in de productie industrie. Hier treden echter wel enkele verschillen op met de luchtvaart. Zo staat de capaciteit van een vliegtuig vast, maar is die van een fabriek flexibel.

Duidelijk is in ieder geval dat met de komst van het Internet en het ontstaan van yield management er in vele takken van industrie vele voordelen zijn behaald.

6.6 OR in E-Commerce

De successen die men in de luchtvaart behaald heeft met behulp van het Internet en de ontwikkeling van OR modellen moedigen andere industriën aan ook gebruik te gaan maken van decision support modellen.

Beiden hangen echter af van (1) de beschikbaarheid van data om de modellen te ondersteunen en (2) de controle van de leveranciers op de beschikbaarheid van prijzen en producten en (3) dynamische ‘storefronts’ die de tussenpersonen verschaffen die de zichtbaarheid van producten controleren. Sinds de luchtvaartmaatschappijen zijn begonnen met het ontwikkelen van modellen is de beschikbare tijd alleen maar kleiner geworden. Mogelijke applicaties om voorspellingen mee te doen, prijzen mee te be-

palen, yield management en het maken van roosters veranderen bijna dagelijks. Er zal dus sneller moeten worden ontwikkeld. Aan de andere kant worden de verwachtingen die men heeft van de toekomstige modellen ook steeds groter. Dit alles zorgt ervoor dat zowel de risico's als de beloningen ook steeds groter worden. OR beoefenaars moeten dus om kunnen gaan met grote druk van de weinig beschikbare tijd maar er wel zeker van zijn dat ze in die tijd iets betrouwbaars en geloofwaardigs maken. Dit geldt zeker voor beslissingen die uit meerdere componenten bestaan, zoals voorspellen, optimaliseren en afleveren.

Het belangrijkste uitgangspunt blijft echter toch de beschikbaarheid en de kwaliteit van de data. Data die verkregen wordt met nieuwe e-commerce systemen is hierbij natuurlijk betrouwbaarder dan data die met oude legacy systemen boven water is gehaald.

In tijden waarin bedrijfsprocessen zelf al snel veranderen zal de levensduur van een model wel erg kort zijn. Dit lijkt misschien dramatisch, maar het heeft zeker ook voordelen. Zo brengt het extra carrière mogelijkheden met zich mee met banen die meer de nadruk leggen op onderhoud dan op ontwikkeling en ook zal het de uitvoering en het effect van de modellen ten goede komen.

Hoofdstuk 7

Conclusies en aanbevelingen

Op de vraag welke plaats de Operations Research nu inneemt op het gebied van e-business en e-commerce kan worden geantwoord een zeer belangrijke plaats. Duidelijk is dat de digitale economie, welke nog steeds in ontwikkeling is, grote behoefte heeft aan een goede OR en dat deze behoeften nu juist goed overeen komen met de kracht van OR.

De OR kan uit grote hoeveelheden data compacte en waardevolle informatie halen, biedt het hoofd aan de grote complexiteit die de digitale economie met zich meebrengt, kan risico en onzekerheid managen, geeft inzicht in bedrijfsprocessen, kan risicoloos experimenteren en kan herhaaldelijke beslissingen snel afhandelen.

Omdat zowel de digitale economie als ook de OR zich voorlopig nog zullen blijven ontwikkelen is het voor OR professionals noodzakelijk zich te blijven ontwikkelen. Zowel op het gebied van de OR zelf, als ook op het gebied van de IT en de economie. Het is immers een must om zowel de taal van de manager als die van de programmeur te verstaan om in goed onderling overleg een probleem snel en goed op te lossen. Tijd is immers geld en de concurrentie ligt op de loer.

Duidelijk is ook dat er nog volop nieuwe mogelijkheden zijn om de digitale economie verder te ontwikkelen. Met name in de financiële dienstverlening en in het transport, waar bijvoorbeeld met behulp van yield management en GIS veel geld zal kunnen worden verdiend en bespaard. Maar ook biedt de OR mogelijkheden de digitale economie (infrastructuur) te verbeteren om zo de kwaliteit van de dienstverlening van bijvoorbeeld ASP's en ISP's te verhogen. Dit moet voor de OR toch een grote uitdaging zijn, en tevens een mogelijkheid om ook zichzelf te blijven ontwikkelen.

Concluderend kan dus worden gezegd dat de behoefte van de digitale economie aan OR enerzijds, en de mogelijkheden van OR voor de digitale economie anderzijds in de ideale situatie tot een win-win situatie zou moeten kunnen leiden.

Bijlage A

Verklarende woordenlijst

Application Service Provider (ASP) Een bedrijf dat op contractuele basis de complexe toepassingen van informatie systemen van klanten verzorgt.

Business-to-Business (B2B) Term die wordt gebruikt voor dat gedeelte van e-commerce dat betrekking heeft op bedrijven onderling.

Business-to-Consumer (B2C) Term die wordt gebruikt voor dat gedeelte van e-commerce dat betrekking heeft op bedrijven en eindgebruikers.

Customer Relationship Management (CRM) Technologie waarbij de benodigde consumenten data wordt verzameld en wordt onderhouden en die tools bevat om deze data te analyseren en te rapporteren.

Data mining Een proces dat het identificeren en extraheren van belangrijke analytische data van data warehouses bevat. Data mining bevat tools waarbij automatisch door grote hoeveelheden data gezocht kan worden naar bepaalde trends en patronen.

E-Business Het gebruik maken van het Internet en andere digitale technieken voor de communicatie en coördinatie en het management van het bedrijf.

E-Commerce Het proces van elektronisch kopen en verkopen van goederen en diensten waarbij gebruik gemaakt wordt van het Internet, netwerken en andere digitale technologieën.

Electronic Data Interchange (EDI) Het over computernetwerken uitwisselen van standaard business documenten.

Enterprise Resource Planning (ERP) Een complex software pakket dat vaak wordt gebruikt om het informatie systeem van een onderneming te implementeren. Bekende ERP verkopers zijn onder andere SAP, PeopleSoft en Oracle.

Extranet Een uitbreiding van een intranet met entiteiten van buiten de organisatie zoals leveranciers en klanten.

Geographic Information System (GIS) Een systeem met software dat data kan analyseren en afbeelden met behulp van gedigitaliseerde plattegronden om planning en decision making te versterken.

Internet Het wereldwijde netwerk van computernetwerken.

Intranet Een intern Internet of een organisatie-breed web.

Legacy systemen De software en hardware waar een organisatie lange tijd mee werkt heeft maar die niet geupgrade zijn naar de huidige standaarden.

Operations Research Vakgebied dat zich met behulp van wiskundige technieken richt op het optimaliseren van bepaalde parameters van organisaties zoals transport, voorraadbeheer en transportkosten.

Supply Chain Management De logistieke eisen van leverancier, vervoerder en klant geïntegreerd met de eisen van het bedrijf zelf (ketenintegratie).

Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) Een verzameling van computer communicatie protocols die het dataverkeer over het Internet mogelijk maken.

Vendor Managed Inventory (VMI) Een strategische alliantie waarbij een verkoper zicht heeft op het verbruik van de voorraad van een klant en waarbij de verkoper de manier van aanvullen bepaalt om de voorraad op het afgesproken niveau te behouden.

Bibliografie

- [1] A.M. Geoffrion: *<http://www.anderson.ucla.edu/faculty/art.geoffrion/amg.html>*
- [2] A.M. Geoffrion, R. Krishnan (2000): *Introduction: Operations Research in the E-Business Era*
- [3] A.M. Geoffrion, R. Krishnan (2000): *Prospects for Operations Research in the E-Business Era*
- [4] A.R. van Goor (2001): *Reader Logistiek*
- [5] A.R. van Goor, M.J. Ploos van Amstel, W. Ploos van Amstel (1999): *Fysieke distributie: denken in toegevoegde waarde*
- [6] K.C. Laudon, J.P. Laudon (2000): *Management Information Systems*
- [7] INTERFACES Online: *<http://silmaril.smeal.psu.edu/interfaces/>*
- [8] Sabre Inc.: *<http://www.sabre.com>*
- [9] K. Sandoe, G. Corbitt, R. Boykin (2001): *Enterprise Integration*
- [10] B.C. Smith, D.P. Günter, B.V. Ara Rao, R.M. Ratliff (2000): *E-Commerce and Operations Research in Airline Planning, Marketing and Distribution*
- [11] H.C. Tijms, E.M.F. Kalvelagen (1994) : *Modelbouw in de operations research*
- [12] H.M. Visser, A.R. van Goor (1999): *Werken met logistiek*