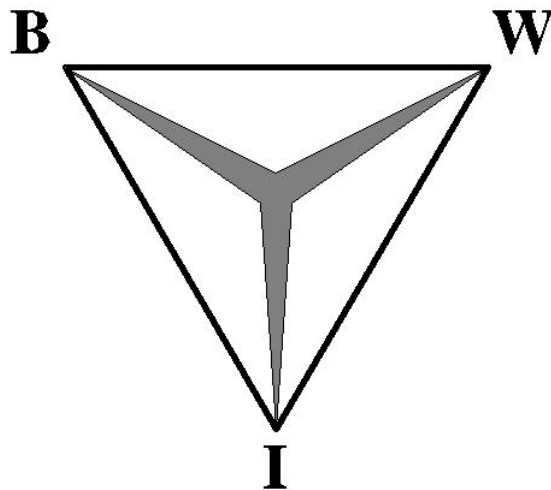


Yield Management & Short Selling



M.J. Soomer

B.W.I. Werkstuk

Begeleider : dr. G. M. Koole

Maart 2002

Vrije Universiteit
Faculteit der Exacte Wetenschappen
Divisie Wiskunde en Informatica
Studierichting Bedrijfswiskunde & Informatica
De Boelelaan 1081a
1081 HV Amsterdam

Voorwoord

Dit verslag is geschreven voor het studieonderdeel BWI-werkstuk van de studie B.W.I. (BedrijfsWiskunde & Informatica) aan de Vrije Universiteit. Dit studieonderdeel heeft als doel de student een eenvoudig (literatuur)onderzoek zelfstandig te laten uitvoeren en hierbij nadruk te leggen op het bedrijfsgerichte aspect van de studie, naast de wiskunde en informatica aspecten.

Naar aanleiding van [Biyalogorsky e.a. 2000] heb ik het onderwerp “Yield Management & Short Selling” gekozen.

Graag wil ik mijn begeleider Dr. G.M. Koole bedanken voor zijn ondersteuning en interesse.

Maarten Soomer

21 maart 2002

Samenvatting

Yield Management is het toewijzen van de juiste eenheid tegen de juiste prijs aan de juiste klant met als doel de omzet te maximaliseren. Het is toe te passen op producten waarvan op een bepaald tijdstip een beperkte capaciteit beschikbaar komt. Er is de mogelijkheid van tevoren te reserveren en verschillende groepen klanten zijn bereid verschillende prijzen te betalen: Er is een hoge mate van marktsegmentatie mogelijk. Voorbeelden van dit soort producten zijn vliegtickets, hotelkamers en bioscoopkaartjes.

Als de prijs van een eenheid stijgt naarmate dat het tijdstip waarop het product beschikbaar komt dichterbij komt, kan er *Short Selling* worden toegepast. Als de vraag tegen de hogere prijs hoger is dan verwacht, kunnen er eenheden die tegen een lagere prijs verkocht waren, teruggekocht worden. De klant waarvan deze eenheid teruggekocht wordt ontvangt een compensatie. Deze eenheid kan nu verkocht worden aan een klant die bereid is een hoge prijs te betalen. De verwachte maximale omzet is hoger als *Short Selling* wordt toegepast. *Short Selling* vermindert de risico's die verbonden met de onzekerheid van de vraag.

Inhoud

Inleiding	1
1 Yield Management & Short Selling	3
1.1 Inleiding.....	3
1.2 Yield Management.....	3
1.3 Short Selling.....	6
2 Modellen	7
2.1 Inleiding.....	7
2.2 Algemene Begrippen	8
2.3 Simpel generiek allocatie probleem	9
2.4 Simpel generiek allocatie probleem met short selling	11
2.5 Expected Marginal Seat Revenue.....	14
2.6 Dynamisch model met annuleringen.....	17
3 Yield management in de praktijk	21
3.1 Inleiding.....	21
3.2 SABRE.....	22
3.3 EasyGroup.....	25
Literatuur	27

Inleiding

Als je in een vliegtuig zit is de kans groot dat degene die naast je zit een andere prijs voor zijn of haar ticket heeft betaald. Dit komt omdat luchtvaartmaatschappijen al ruim 30 jaar “Yield Management” toepassen. Voor hen kan dit het verschil tussen winst en verlies betekenen. Door de toenemende concurrentie en de komst van budgetmaatschappijen zoals Easyjet zal het alleen maar belangrijker worden. Yield management is echter ook goed toe te passen bij de verkoop van andere producten.

In hoofdstuk 1 zullen de begrippen Yield Management en Short Selling nader worden toegelicht. Ook zullen de voorwaarden worden besproken waar producten aan moeten voldoen, willen Yield Management en Short Selling toe te passen zijn bij de verkoop. In hoofdstuk 2 worden een aantal modellen voor het toepassen van Yield Management en Short Selling beschreven. Ten slotte wordt in hoofdstuk 3 de huidige toepassingen binnen de luchtvaartindustrie en bij de easyGroup worden besproken.

1 Yield Management & Short Selling

1.1 Inleiding

In paragraaf 1.2 wordt uiteengezet wat het precies inhoudt en welke eigenschappen producten moeten hebben om het toe te kunnen passen. Een techniek binnen Yield Management is “Short Selling”, in paragraaf 1.3 zal dit begrip nader verklaard worden.

1.2 Yield Management

Yield management wordt ook wel *revenue management* of *Perishable-Asset Revenue Management* (PARM) [Weatherford e.a. 1992] genoemd. Het doel is om voor producten die “bederfelijk” zijn en waarvan slechts een beperkte capaciteit beschikbaar is de omzet te maximaliseren. Een meer formele definitie is: Yield Management is het proces van de allocatie van capaciteit aan klanten door prijsvariatie, met als doel de omzet te maximaliseren. Of: Het proces om de juiste eenheid product tegen de juiste prijs aan de juiste klant toe te wijzen.

Voor het toepassen van Yield Management moet een product een aantal karakteristieken hebben [Weatherford e.a. 1992], [Oberwetter 2001]:

1) Het product is “bederfelijk”.

Dit betekent dat er een moment is waarop het product beschikbaar komt en waarna het niet meer beschikbaar of ‘verouderd’ is: Er zullen nadat een vliegtuig is opgestegen geen tickets meer worden verkocht.

2) Het product is geschikt voor marktsegmentatie.

Er is een mogelijkheid om een onderscheid te maken tussen groepen klanten naar aanleiding van hun prijsgevoeligheid: Sommige klanten zullen meer over hebben voor een product dan andere.

3) Het product kan (lang) van tevoren verkocht worden.

De klant kan van tevoren reserveren.

4) Het aantal beschikbare eenheden product is beperkt.

Er is een vast aantal eenheden product beschikbaar. Aanvullende eenheden kunnen niet worden toegevoegd in een kort tijdbestek en/of zonder hoge investeringen: Een hotel heeft een aantal hotelkamers. Het bijbouwen van nieuwe hotelkamers zal veel tijd en geld kosten.

5) De variabele kosten van het product zijn laag.

Dit betekent dat bij de verkoop van een extra eenheid, weinig extra kosten zullen worden gemaakt en bijna de gehele opbrengst direct ten goede komt aan de winst. Het is dus aantrekkelijk om, als er nog capaciteit beschikbaar is, deze eenheden te verkopen.

6) De vraag naar het product varieert door de tijd.

Veel producten blijken ook de volgende karakteristieken te hebben:

7) Klanten die bereid zijn een hoge prijs te betalen betreden de markt laat.

8) De vraag is onzeker.

Bekende voorbeelden van producten die deze karakteristieken hebben en waarbij yield management al veelvuldig wordt toegepast zijn vliegtickets en hotelkamers. Maar ook bijvoorbeeld bioscoopkaartjes hebben deze eigenschappen. [Oberwetter 2001] pleit er dan ook voor om yield management in deze industrie toe te passen.

De genoemde karakteristieken suggereren het toepassen van verschillende prijsniveaus, die op verschillende tijdstippen beschikbaar zijn. Dit roept de volgende twee vragen op:

- 1) Hoeveel eenheden in welke prijsniveaus moeten er (initieel) beschikbaar zijn?
- 2) Wanneer moeten bepaalde prijsniveaus niet meer beschikbaar zijn of juist beschikbaar komen?

Door de onzekerheid van de vraag is er risico op twee soorten potentieel verlies:

- **Verspillingverlies**

Men wacht met het verkopen van een eenheid omdat men deze later tegen een hogere prijs wil verkopen. Later kan echter blijken dat de vraag tegenvalt en lukt het niet deze eenheid tegen een hogere prijs te verkopen.

- **Opbrengstverlies**

Men verkoopt een eenheid aan een klant tegen een lage prijs, terwijl er voldoende vraag was geweest om deze eenheid later tegen een hogere prijs te verkopen.

Uit het voorgaande blijkt wel dat het succesvol toepassen van Yield Management kennis vraagt op het gebied van voorspelling, kansrekening en operationeel management. Ook zijn ervaring met en kennis over het product essentieel.

1.3 Short Selling

Short Selling is een begrip uit de aandelenhandel. Een handelaar verkoopt aandelen, die hij niet bezit, als hij verwacht dat de prijs gaat dalen. Hij koopt deze aandelen pas later, vlak voordat hij deze moet leveren. Hij hoopt zo te profiteren van de prijsdaling in deze tijd.

Dit principe is ook toepasbaar op producten die (net zoals in paragraaf 1.2) van te voren gereserveerd of verkocht kunnen worden. Een verkoper heeft een eenheid product tegen een bepaalde prijs verkocht aan een klant. Later heeft hij de mogelijkheid deze eenheid tegen een hogere prijs aan een andere klant te verkopen. Hij koopt nu deze eenheid, tegen voldoende compensatie, terug van de eerdere klant en verkoopt hem aan de klant die bereid is de hoge prijs te betalen. Uiteraard moet het prijsverschil wel groter zijn dan de compensatie, daarom is het belangrijk dat er een grote mate van marktsegmentatie is: De verschillen in prijzen die consumenten willen betalen moeten erg groot zijn [Biyalogorsky e.a. 1999] .

Het toepassen van short selling verkleint het risico van de in paragraaf 1.2 genoemde verliezen:

De verkoper hoeft minder eenheden te blokkeren omdat hij verwacht deze later tegen een hoge prijs te kunnen verkopen. Dit verkleint dus het risico van verspillingverlies.

Het risico van opbrengstverlies wordt verkleind omdat een eenheid die tegen een lage prijs is verkocht kan worden teruggekocht en alsnog tegen een hogere prijs verkocht kan worden.

Short selling vermindert dus de risico's die ontstaan door een onzekere vraag.

2 Modellen

2.1 Inleiding

De afgelopen 30 jaar zijn er vele modellen ontwikkeld op het gebied van Yield management. Een beknopt overzicht van deze modellen (tot 1992) is terug te vinden in [Weatherford e.a. 1992].

Er zijn vele modellen met verschillende eigenschappen. In dit werkstuk zullen modellen worden besproken, die de volgende aannames over de karakteristieken van het product hebben:

- Vaste (beperkte) capaciteit beschikbaar.
- De eenheid van het product is discreet: De hoeveelheid product is alleen in gehele getallen uit te drukken.
- De vraag naar het product is stochastisch.

De eerder genoemde producten (vliegtickets, hotelkamers en bioscoopkaartjes) voldoen hieraan. De modellen verschillen op een aantal andere punten. Er zijn modellen die twee tariefklassen (een dure en een goedkope) hebben terwijl andere meerdere tariefklassen hebben. Een aantal modellen veronderstelt dat alle reserveringen voor een bepaalde tariefklasse binnen zijn, voordat reserveringen voor duurdere tariefklassen kunnen worden gemaakt. In een aantal modellen is short selling mogelijk. Het dynamische model van Chatwin houdt ook rekening met klanten die hun reservering annuleren. In de onderstaande tabel is aangegeven welke veronderstellingen de in dit hoofdstuk te bespreken modellen maken.

Par.	Model	# tariefs- klassen	Goedkope klassen eerst	Short Selling	Annu- leringen	Beslissings -regel
2.3	Simpel Allocatie	2	X			Statisch
2.4	Short Selling	2	X	X		Statisch
2.5.1	E.M.S.R.	Meer	X			Statisch
2.5.2	Dynamische E.M.S.R.	Meer	X			Dynamisch
2.6	Chatwin	Meer		X	X	Dynamisch

Ook zijn er modellen die combinaties van producten (b.v. verschillende aansluitende vluchten of het boeken van een hotelkamer voor meer dan een nacht) in beschouwing nemen. Deze modellen worden in dit werkstuk buiten beschouwing gelaten.

Voor de modellen worden besproken zullen er in paragraaf 2.2. eerst een aantal algemene begrippen worden geïntroduceerd.

2.2 Algemene Begrippen

In alle modellen wordt er uitgegaan van de volgende situatie:

Een verkoper heeft een van tevoren bekende beschikbare capaciteit eenheden beschikbaar, dit zal worden aangegeven met C . Op een bepaald tijdstip komt het product beschikbaar (zie voorwaarde 1 in paragraaf 1.2). Voor dit tijdstip zijn er een aantal periodes waarin klanten het product kunnen reserveren. Het aantal periodes wordt aangegeven met N . In elk van deze periodes geldt een (gemiddelde) prijs, waarvoor te reserveren. Met f_i wordt de (gemiddelde) prijs, i periodes voordat het product beschikbaar komt aangegeven. R_i is de (stochastische) variabele voor de vraag, i periodes voor het beschikbaar komen van het product.

Het doel is de verwachte omzet te maximaliseren. Vaak wordt dit bereikt door (optimale) boekingslimieten voor tariefklassen te bepalen. Een

boekingslimiet voor een tariefklasse is het aantal reserveringen dat er maximaal geaccepteerd wordt in deze tariefklasse. b_i is dus het maximale aantal reserveringen dat geaccepteerd wordt, i periodes voor het beschikbaar komen van het product. Een boekingslimiet zorgt ervoor dat er producten overblijven die de verkoper in latere periodes (wellicht tegen een hogere prijs) kan verkopen. Voor de laatste periode is er dus geen boekingslimiet, hierin kunnen alle overgebleven eenheden kunnen worden verkocht.

2.3 Simpel generiek allocatie probleem

In dit model [Biyalogorsky e.a. 1999], [Littlewood 1972] zijn er twee vooraf vastgestelde prijsniveaus: een hoge prijs (f_1) en een kortingsprijs (f_2) met $f_1 > f_2$. De klanten die bereid zijn een hoge prijs te betalen, betreden de markt dus laat. Er wordt verondersteld dat de vraag tegen de kortingsprijs groter is dan de beschikbare capaciteit ($R_2 > C$) en dat de vraag tegen de hoge prijs stochastisch is. Er moet nu dus een optimale boekingslimiet b_2^* voor de kortingsklasse bepaald worden, waarbij de verwachte omzet maximaal is.

Stel dat er op dit moment $b_2 - 1$ eenheden tegen de kortingsprijs verkocht zijn en er nu een klant is die ook een eenheid tegen deze prijs wil kopen. Als de verkoper dit doet dan neemt zijn omzet met f_2 toe. Hij kan echter ook deze eenheid nu niet verkopen maar bewaren voor verkoop in de volgende periode tegen f_1 . De kans dat hij de rest van de eenheden in die periode verkoopt is $P(R_1 > C - b_2)$.

Het is dus alleen aantrekkelijk om deze eenheid tegen de kortingsprijs te verkopen als:

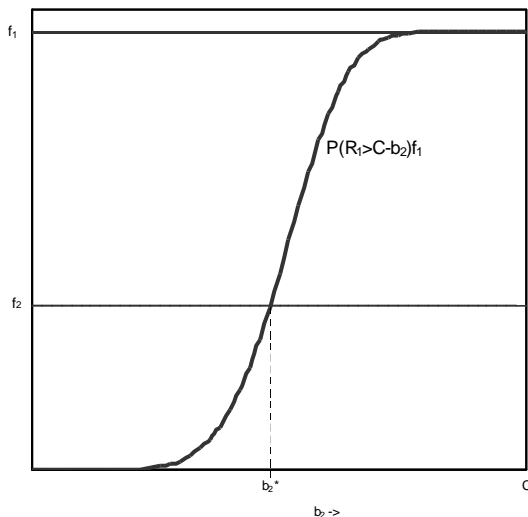
$$f_2 \geq P(R_1 > C - b_2) f_1 \quad (2.1)$$

Dit is equivalent met:

$$P(R_1 > C - b_2) \leq \frac{f_2}{f_1} \quad (2.2)$$

De maximale verwachte omzet wordt dus bereikt als er (maximaal) b_2^* eenheden verkocht worden tegen de kortingsprijs.

$$b_2^* = \max \left\{ 0 \leq b_2 \leq C : P(R_1 > C - b_2) \leq \frac{f_2}{f_1} \right\} \quad (2.3)$$



Dit betekent dat er $C - b_2^*$ producten gereserveerd worden voor verkoop tegen de hoge prijs in de latere periode.

De grafiek geeft de waarden $P(R_1 > C - b_2)f_1$ voor verschillende waarden van b_2^* . Ook zijn de prijsniveaus f_1 en f_2 weergegeven.

[Brumelle e.a. 1990] bespreekt ook het geval dat de vraag tegen de kortingsprijs ook stochastisch is en deze vraag en de vraag tegen de hoge prijs afhankelijk zijn. De boekingslimiet waarvoor de maximale verwachte omzet wordt bereikt is nu:

$$b_2^* = \max \left\{ 0 \leq b_2 \leq C : P(R_1 > C - b_2 \mid R_2 \geq b_2) \leq \frac{f_2}{f_1} \right\} \quad (2.4)$$

2.4 Simpel generiek allocatie probleem met short selling

In [Biyalogorsky e.a. 1999] is het model uit de vorige paragraaf uitgebreid met de toepassing van short-selling.

Bij dit model wordt ook de waarde die het product heeft voor de klant in beschouwing genomen. Dit is dus de (gemiddelde) prijs die klanten in een periode maximaal bereid zijn te betalen voor een eenheid product. Voor de i -de periode voor het beschikbaar komen van het product wordt dit aangegeven met w_i . Er wordt verondersteld: $f_2 < w_2 < f_1 < w_1$.

Opnieuw moet nu de optimale boekingslimiet b_2^* bepaald worden. Stel dat er op dit moment $b_2 - 1$ eenheden tegen de kortingsprijs verkocht zijn en er is nu een klant die ook een eenheid voor deze prijs wil kopen. Deze klant krijgt nu twee keuzes:

1. Het product te kopen tegen prijs f_2 , zonder een annuleringsmogelijkheid voor de verkoper.
2. Het product te kopen tegen prijs f_2 , met een annuleringsmogelijkheid voor de verkoper, waarbij de koper het aankoop bedrag f_2 terug krijgt en een compensatie g ontvangt.

Als hij optie 1 kiest is het verwachte voordeel voor de klant: $w_2 - f_2$. Als hij optie 2 kiest is zijn er twee mogelijkheden. Als er meer dan $C - b_2$ eenheden tegen de hoge prijs verkocht worden, ontvangt hij de compensatie g . In het andere geval is zijn situatie hetzelfde als bij optie 1. Bij optie 2 is zijn verwachte voordeel dus: $P(R_1 > C - b_2)g + P(R_1 \leq C - b_2)(w_2 - f_2)$.

Om optie 2 aantrekkelijk te maken moet de compensatie c voor de klant voldoende groot zijn. Dus moet het verwachte voordeel bij optie 2 minstens zo groot zijn als bij optie 1:

$$P(R_1 > C - b_2)c + P(R_1 \leq C - b_2)(w_2 - f_2) \geq (w_2 - f_2) \quad (2.5)$$

Uit het bovenstaande en omdat de verkoper zo weinig mogelijk compensatie zal willen betalen, is de optimale compensatie: $g^* = w_2 - f_2$.

Als de verkoper deze eenheid tegen deze voorwaarde verkoopt, neemt zijn opbrengst met f_2 toe in het geval de vraag tegen de hoge prijs het aantal overgebleven eenheden niet overschrijdt. Is dit wel het geval dan maakt hij gebruik van de annuleringsoptie en neemt zijn omzet met $f_1 - g$ toe.

Als de verkoper de eenheid niet verkoopt tegen de lage prijs zal hij deze met kans $P(R_1 > C - b_2)$ tegen f_1 verkopen.

Het is dus alleen aantrekkelijk om deze eenheid tegen de kortingsprijs te verkopen als:

$$P(R_1 \leq C - b_2)f_2 + P(R_1 > C - b_2)(f_1 - g) \geq P(R_1 > C - b_2)f_1 \quad (2.7)$$

Substitutie van g door $g^* = w_2 - f_2$ geeft:

$$P(R_1 > C - b_2) \leq \frac{f_2}{w_2} \quad (2.8)$$

Hieruit volgt dat de maximale verwachte omzet wordt bereikt onder boekingslimiet b_2^* :

$$b_2^* = \max \left\{ 0 \leq b_2 \leq C : P(R_1 > C - b_2) \leq \frac{f_2}{w_2} \right\} \quad (2.9)$$

De optimale boekingslimiet met toepassing van short selling (2.9) is kleiner dan de optimale boekingslimiet uit de vorige paragraaf (2.4), omdat geldt: $f_1 > w_2$. Een kleinere boekingslimiet betekent dat het risico van verspillingverlies afneemt (zie paragraaf 1.2 en 1.3).

Nu zal worden aangetoond dat ook de verwachte maximale omzet met toepassing van short selling hoger is.

De verwachte opbrengst van een niet-geblokkeerde eenheid is met short selling $P(R_1 \leq C - b_2^*)f_2 + P(R_1 > C - b_2^*)(f_1 - c)$. In de situatie van paragraaf 2.3 is deze verwachte opbrengst f_2 . Onder de gemaakte veronderstellingen is deze verwachte opbrengst onder short selling groter.

De verwachte opbrengst voor geblokkeerde eenheden is in beide gevallen hetzelfde.

De maximale verwachte winsten bij een boekingslimiet b_2 , in de situatie uit de vorige paragraaf en die onder short selling, worden nu aangegeven met respectievelijk $\Pi(b_2)$ en $\Pi_{ss}(b_2)$. Uit het bovenstaande volgt nu dat:

$$\Pi_{ss}(b_2) > \Pi(b_2) \quad (2.10)$$

Ook geldt:

$$\Pi_{ss}(x) > \Pi_{ss}(y) \quad \text{als } x < y \quad (2.11)$$

en (2.9) < (2.4). Hieruit volgt dat de maximale verwachte omzet onder short selling groter dan in de situatie zoals beschreven in de vorige paragraaf.

2.5 Expected Marginal Seat Revenue

Het EMSR-model zoals beschreven in [Belobaba 1989] is een uitbreiding van het model zoals beschreven in paragraaf 2.3. In dit model zijn er N tariefklassen. Een tariefklasse wordt pas opengesteld nadat alle tariefklassen met een lagere (gemiddelde) prijs gesloten zijn. Er geldt dus: $f_1 > f_2 > \dots > f_{N-1} > f_N$. De vraag in elke periode is onzeker en onafhankelijk van de vraag in de andere periodes. Voor elke tariefklasse wordt de EMSR bepaald. Dit staat voor Expected Marginal Seat Revenue. Dit is de verwachte toename van de omzet als de boekingslimiet voor deze klasse met een eenheid verhoogd wordt.

Het model bestaat in een statische (2.5.1) en een dynamische vorm (2.5.2).

2.5.1 Statische E.M.S.R.

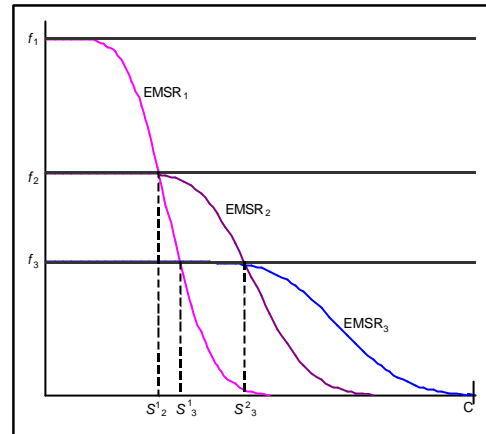
In statische vorm is de EMSR voor klasse i , met een boekingslimiet b_i :

$$EMSR_i(b_i) = f_i P(R_i > b_i) \quad (2.12)$$

Het is dus aantrekkelijk om deze boekingslimiet voor klasse i met een eenheid te verhogen, ten koste van een eenheid toegewezen aan een lagere prijsklasse j , zolang $EMSR_i(b_i) \geq f_j$. Hiervoor kan dan een optimale waarde voor S_j^i , het aantal eenheden dat niet beschikbaar is voor klasse j en exclusief toegewezen zijn aan klasse i , worden bekend. $S_j^i = 0$ als $i \geq j$, want er zullen geen eenheden geblokkeerd worden in duurdere klassen voor een goedkopere prijsklasse. De optimale waarden voor de S_j^i voldoen aan de volgende vergelijkingen:

$$EMSR_i(S_j^i) = f_i P(R_i > S_j^i) = f_j \quad \text{met } i < j, \quad j = 1, \dots, k \quad (2.13)$$

Deze optimale waarden zijn te zien in de grafiek (gebaseerd op Belobaba 1989]). Deze zijn als volgt te interpreteren: We willen geen extra eenheid meer toewijzen aan klasse i , als de verwachte marginale opbrengst voor deze eenheid gelijk is aan het gemiddelde prijsniveau in de goedkopere tariefklasse j .



De boekingslimiet b_j voor klasse j is nu de totale beschikbare capaciteit C verminderd met alle eenheden die voor klasse j niet beschikbaar zijn, omdat ze exclusief zijn toegewezen aan een van de duurdere prijsklassen:

$$b_j = \max \left\{ 0, C - \sum_{i < j} S_j^i \right\} \quad (2.14)$$

In dit model wordt gebruik gemaakt van zogenaamde geneste tariefklassen. Dit betekent dat een boekingslimiet voor een tariefklasse gedefinieerd is als het maximum aantal eenheden dat in deze **en** alle goedkopere tariefklassen verkocht mag worden. De duurste tariefklasse heeft dus de totaal beschikbare capaciteit als boekingslimiet. Het voordeel van geneste tariefklassen is dat er flexibeler gereageerd kan worden als er een onverwachte hoge vraag optreedt voor hogere tariefklassen.

Het extra aantal eenheden dat voor klasse j gereserveerd wordt noemen we het geneste reserveringsniveau voor klasse j :

$$NP_j = b_j - b_{j+1} \quad (2.15)$$

2.5.2 Dynamische EMSR

In deze vorm wordt het model op meerdere tijdstippen voor het beschikbaar komen van de producten toegepast.

R_i^t is nu voor het aantal reserveringsaanvragen tussen tijdstip t en 0 voor het beschikbaar komen van het product. De EMSR voor tariefklasse i op tijdstip t is nu als volgt gedefinieerd:

$$EMSR_i^t(b_i) = f_i P(R_i^t > b_i) \quad (2.16)$$

De optimale waarden voor de $S_j^i(t)$ op tijdstip t voldoen nu aan de volgende vergelijkingen:

$$EMSR_i^t(S_j^i(t)) = f_i P(R_i^t > S_j^i(t)) = f_j \quad \text{met } i < j, j = 1, \dots, k \quad (2.17)$$

Bij de boekingslimieten moet nu rekening worden gehouden met het aantal tot en met tijdstip t geaccepteerde reserveringen in klasse i : a_i^t .

$$b_j(t) = \max \left\{ 0, C - \sum_{i < j} S_j^i(t) - \sum_{i < j} a_i^t, \sum_{k \geq j} a_k^t \right\} \quad (2.18)$$

De uitdrukking $\sum_{k \geq j} a_k^t$ is het aantal op tijdstip t geaccepteerde boekingen in tariefklasse j en alle goedkopere tariefklassen en dit is dus de minimumwaarde voor de boekingslimiet.

2.6 Dynamisch model met annuleringen

In [Chatwin 1996] wordt een dynamisch model beschreven waarbij ook rekening gehouden wordt met annuleringen.

De toestandruimte van het model is het aantal geaccepteerde reserveringen r . Deze kan de waarden $\{0,1,2,3,\dots,R\}$ met $C \leq R < \infty$ aannemen. We hebben nu opnieuw N perioden met bijbehorende (gemiddelde) prijzen. Voor deze prijzen gelden geen beperkingen, dus dit model is geschikt voor het gebruik van verschillende tariefstructuren. Het kan, net zoals in de eerder besproken modellen, zijn dat de prijs hoger wordt, als het moment waarop het product beschikbaar komt dichterbij komt. Maar het omgekeerde kan dus ook het geval zijn.

Klanten kunnen hun reservering annuleren en krijgen dan (een gedeelte) van hun geld terug. Als ze in de i -de periode annuleren krijgen ze een bedrag h_i terug. Er kunnen meer reserveringen worden geaccepteerd dan de capaciteit (C) die beschikbaar is. Hierdoor kan de situatie ontstaan dat er voor klanten die gereserveerd hebben geen eenheden meer beschikbaar zijn. Deze klanten moeten hun geld terug krijgen en een compensatie ontvangen. Als er x klanten niet meer mee kunnen moet er $g(x)$ aan compensatie betaald worden, waarbij g een stijgende functie is en $g(0) = 0$.

De variabele $V_i(r)$ is de maximale verwachte inkomsten i tijdsintervallen voor het beschikbaar komen van het product, als er op dit moment r geaccepteerde reserveringen zijn.

Er kan nu een uitdrukking gegeven worden voor $V_0(r)$, de inkomsten op het moment dat het product beschikbaar komt als er r geaccepteerde reserveringen zijn.

$$V_0(r) = \begin{cases} 0 & r \leq C \\ -g(r-C) & r > C \end{cases} \quad (2.19)$$

In elk van de N perioden vinden er na elkaar drie processen plaats: Allereerst komen er reserveringsaanvragen binnen, hierna wordt er besloten welke aanvragen geaccepteerd worden en daarna komen er annuleringen binnen.

De overgangskansen $p_i(r, t)$ zijn de (voorwaardelijke) kansen dat er $t-r$ reserveringsaanvragen gedaan worden in periode i , als er aan het begin van de periode, r geaccepteerde aanvragen waren.

Hierna wordt besloten hoeveel van deze $t-r$ aanvragen er geaccepteerd zullen worden. Als er $s-r$ reserveringen geaccepteerd worden, zijn er s ($r \leq s \leq \min\{t, R\}$) geaccepteerde reserveringen.

Hierna worden de annuleringen verwerkt. $q_i(s, r)$ is de kans dat er na annuleringen in periode i nog r geaccepteerde reserveringen zijn als er hiervoor s waren.

Naast $V_i(r)$ worden nu ook de volgende verwachtingen gedefinieerd:

$U_N(r, t)$ Maximale verwachte inkomsten in periode i als er aan het begin van deze periode r geaccepteerde reserveringen waren en er in de periode $t-r$ aanvragen waren. Hier wordt dus “besloten“ hoeveel van de $t-r$ aanvragen worden geaccepteerd.

$n_N(s)$ Maximale verwachte inkomsten in periode i als er voor de annuleringen in deze periode s geaccepteerde reserveringen waren.

Met behulp van de uitdrukking voor $V_o(r)$ kunnen we (in de tijd terug) uit het bovenstaande de volgende dynamische-programmerings recursievergelijkingen afleiden:

$$n_i(s) = \sum_{r=0}^s q_i(s, r)(V_{i-1}(r) - (s-r)h_i) \quad (\text{annuleringen}) \quad (2.20)$$

$$U_i(r, t) = \max_{r \leq s \leq \min\{t, R\}} \{n_i(s) + (s-r)f_i\} \quad (\text{acceptatie}) \quad (2.21)$$

$$V_i(r) = \sum_{t \geq r} p_i(r, t)U_i(r, t) \quad (\text{boekingsaanvragen}) \quad (2.22)$$

Een boekingslimiet-strategie is een strategie waarbij voor elke periode i een (optimale) boekingslimiet b_i wordt bepaald. [Chatwin 1996] bewijst dat zo'n strategie optimaal is als de verdeling van de potentiële vraag $p_N(r, t)$ en de opbrengstfunctie $V_o(r)$ aan een aantal voorwaarden voldoen.

Dit model beschrijft ook overboeking en Short Selling: Een ticket tegen een hogere prijs zal verkocht worden als de opbrengst hiervan groter is als de kosten die verbonden zijn met de compensatie die aan een geweigerde klant betaald moet worden.

Ook klanten die niet komen opdagen of mensen die op het laatste moment nog meewillen kunnen simpel in dit model verwerkt worden. Deze kunnen gemodelleerd worden door hiervoor de laatste tijdsintervallen voor het product beschikbaar komt te gebruiken.

3 Yield management in de praktijk

3.1 Inleiding

Het Londense café "Market Bar" bepaalt zijn bierprijzen dynamisch afhankelijk van de vraag. In het café hangen computerschermen waar de laatste prijzen te zien zijn [Cummins 1999]. In cafés is het gebruik van yield management natuurlijk een uitzondering, maar in andere industrieën wordt het al veelvuldig toegepast.

De belangrijkste hiervan is natuurlijk de luchtvaartindustrie. In deze industrie is het in de jaren 60 ontstaan en hierna steeds belangrijker geworden. Sabre was het eerste geautomatiseerde reserveringssysteem en het begin van yield management. In paragraaf 3.2 worden de ontwikkelingen van dit systeem beschreven.

De laatste jaren zijn er vele budget luchtvaartmaatschappijen opgekomen. Het belangrijkste voorbeeld is waarschijnlijk easyJet. Deze maatschappij combineert lage overheadkosten, Yield Management en reserveren via internet. De oprichter van dit bedrijf, Stelios Haji-Ioannou, heeft twee andere bedrijven opgezet waarbij het hetzelfde principe toepast: Een autoverhuurbedrijf, easyRentacar, en een keten internetcafés, easyEverything. In paragraaf 3.3 wordt de strategie, waarvan yield management een belangrijk onderdeel is, van de easyGroup beschreven.

3.2 SABRE

In 1960 wordt bij American Airlines het eerst automatische reserveringssysteem, SABRE (semi-automated business research environment), in gebruik genomen. De initiele onderzoeks-, ontwikkelings en installatiekosten bedroegen bijna 40 miljoen dollar. In 1964 bespaart het netwerk American Airlines al 30% in de personeelskosten. In 1976 wordt het eerste reisbureau aangesloten, en aan het eind van dit jaar zijn er al 130 reisbureaus in Amerika aangesloten. Twee jaar later zijn er 1 miljoen tarieven in het systeem opgeslagen. In 1985 is het voor consumenten mogelijk om via hun PC online reserveringen te maken in het SABRE systeem. In 1986, na vier jaar ontwikkeling, installeert SABRE het eerste yield management systeem in de vliegtuigindustrie. Al snel volgen Engeland en de rest van de wereld (Zie www.sabre.com)

In de periode 1989 – 1992 heeft yield management, American Airlines \$1,4 miljard bespaard. Dat is 50% meer dan de nettowinst (\$892 miljoen) in dezelfde periode.

Het systeem moet snel kunnen reageren op aanvragen van klanten. Hierdoor is het niet mogelijk om de omzet over alle beschikbare vluchten, tarieven en routes te optimaliseren. Zelfs een tabel met de uitkomst van zo'n optimalisatie zou te groot zijn, om snel te kunnen doorzoeken.

In het vervolg van deze paragraaf wordt globaal beschreven hoe het systeem werkt.

Net zoals bij het veel modellen uit hoofdstuk 2 bepaalt het systeem een boekingslimiet voor een tariefklasse door de marginale opbrengst van de verkoop van een extra ticket te vergelijken met de marginale opbrengst uit alle andere tariefklassen. Er gebruik gemaakt van geneste tariefklassen. Aan de hand van historische data wordt een overboekingslimiet bepaald. Dit is het totaal aantal tickets dat maximaal verkocht mag worden en dit zal vanwege overboekingen groter zijn dan de beschikbare capaciteit. Deze overboekingslimiet is, vanwege de geneste tariefklassen, de boekingslimiet voor de duurste tariefklasse.

De voorspelling van de vraag die nodig is, wordt op basis van exponential smoothing van de vraagdata gedaan. Er zijn modellen in ontwikkeling die dit op basis van causaliteit doen.

Veel reizigers moeten meerdere (aansluitende) vluchten maken om hun bestemming te bereiken. Als er alleen per vlucht geoptimaliseerd wordt levert dit geen optimale situatie op: De reiziger kan dan op een vlucht in een bepaalde tariefklasse geweigerd worden, terwijl hij op de andere vluchten van zijn route extra omzet had kunnen genereren. Er zal dus niet per vlucht geoptimaliseerd worden, maar over mogelijke routes van reizigers.

Aan de andere kant kunnen ook niet alle routemogelijkheden in een systeem worden opgenomen omdat dit er te veel zijn. De oplossing die hiervoor verzonnen is heet "Virtual Nesting".

Hierbij worden vergelijkbare tariefklassen van verschillende vluchten gegroepeerd. De categorieën met vergelijkbare tariefklassen worden "buckets" genoemd. Deze buckets zijn opnieuw genest. Als er nu een boekingsaanvraag voor een bepaalde vlucht is, wordt bij de berekening van de marginale opbrengst hiervan gebruik gemaakt van geschatte kansen dat passagiers die nog aansluitende vluchten hebben in de plaats komen voor passagiers die alleen deze vlucht maken.

Een boekingsaanvraag kan alleen geaccepteerd worden als er in alle vluchten die deel van de reis uit maken, nog stoelen beschikbaar zijn in de buckets met de gewenste of in die met goedkopere tariefklassen.

Voor een bepaalde route wordt niet elke mogelijke combinatie van tariefklassen en vluchten opgeslagen. In plaats hiervan worden er standaard-routes gebruikt die verschillende vluchtmogelijkheden in een entry opslaan. Er wordt een gemixt integer lineair-programmering algoritme gebruikt om de optimale standaard entries te selecteren.

Dit is een moeilijk proces omdat American Airlines 150.000 combinaties van vluchten en tarieven heeft. Er worden 8 buckets voor verschillende tariefklassen gebruikt. De tarieven worden toegewezen aan een bucket zodat de variabiliteit binnen de bucket geminimaliseerd wordt en het verschil tussen de buckets gemaximaliseerd wordt. Ook moet er voor elke bucket een minimum vraag gelden, zodat de variabiliteit van de vraagvoorspelling niet te groot zal zijn. [Davis 1994]

3.3 EasyGroup

In juni 1995 heeft Stelios Haji-Ionnou, een Griekse zakenman, de budgetluchtvaartmaatschappij easyJet opgezet. In de jaren hierna volgde een autoverhuurbedrijf (easyRentacar) en een internetcafé (easyEverything). Deze bedrijven vormen de easyGroup en volgen allemaal dezelfde strategie, waar Yield Management een belangrijk onderdeel van is.

Voor de vluchten van easyJet zijn er ongeveer 10 tariefklassen. Degene die het eerst boekt betaalt het minst. Hoe populairder de vlucht hoe minder stoelen in de laagste tariefklassen. Als 71% van de stoelen voor een vlucht verkocht worden wordt er break-even gedraaid. In het boekjaar 2000-2001 was het gemiddeld 83% van de stoelen verkocht [easyJet 2001].

Bij easyEverything New York kan men voor een dollar tussen 20 minuten en 4 uur internetten afhankelijk van de drukte. De software die hier gebruikt wordt om de prijs te berekenen is gemodelleerd aan de hand van het yield management systeem van de luchtvaartmaatschappij.

Een ander belangrijk onderdeel van de strategie van easyJet is alle onnodige kosten elimineren. Bij easyJet betekent dat gratis maaltijden tijdens de vluchten worden geserveerd. Het bedrijf gebruikt ook geen papieren tickets. Er wordt direct (via telefoon en internet) aan klanten verkocht. Dit betekent dat er geen commissie aan reisbureaus betaald hoeft te worden. Ook werden in het boekjaar 2000-2001 maar liefst 86,5% van de tickets via de website (www.easyjet.com) besteld [easyJet 2001]. Om op onderhoudskosten te besparen vliegt easyJet maar met een type vliegtuig (Boeing 737) en verhuurt easyRentacar maar een type auto (Mercedes A-klasse).

Door deze kostenbeheersing en de toepassing van yield management kunnen de bedrijven uit de easyGroup hun producten ver onder de prijs van de concurrenten aanbieden. [Labi 2000] en [Morais 2001].

Literatuur

- [easyJet 2001] Jaarverslag easyJet 2000-2001
http://www.easyjet.com/en/news/20011029_03.pdf
- [SABRE.com] Sabre Website
<http://www.sabre.com/>
- [Biyalogorsky e.a. 1999] “Overselling with Opportunistic Cancellations”
Biyalogorsky, E. and Carmon, Z. and Gerstner, E.
and Fruchter, G. E.
Marketing Science 18 1999
- [Biyalogorsky e.a. 2000] “Should Airlines and Hotels use Short Selling?”
Biyalogorsky, E. and Carmon, Z. and Gerstner, E.
OR/MS Today, october 2000
- [Brumelle e.a. 1990] “Allocation of Airline Seats between Stochastically
Dependent Demands”
Brumelle, S.L. and McGill, J.I. and Oum, T.H. and
Sawaki, K and Tretheway, M.W.
Transportation Science 24, nr. 3, augustus 1990
- [Chatwin 1996] “Multi-Period Airline overbooking with multiple fare
classes”;
Chatwin, R.E
Naval Research logistics 43 1996

- [Cummins 1999] “Beer Market: A London Bar Tries Pricing Drinks based on Demand”
Cummins, C.
Wall street Journal, 2 juni 1999
- [Davis 1994] “Airline ties Profitability to Yield Management”
Davis, P
SIAM News, Vol. 27, nr. 5, mei/juni 1994
- [Labi 2000] “Easy does it”
Labi, A.
Time Europe, vol. 156, nr. 12, 18 september 2000
- [Morais 2001] “Proving papa Wrong”
Morais, R. C.
Forbes, 9 juli 2001
- [Oberwetter 2001] “Building Blockbuster Business”
Oberwetter, R.
OR/MS Today, juni 2001
- [Weatherford e.a. 1992] “A taxonomy and research overview of perishable-asset revenue management: Yield management, overbooking and pricing”;
Weatherford, Laurence R. and Bodily, Samuel E.
Operations Research 40, nr.5, september/oktober 1992