
개인수요의 상·하 이동을 고려한 좌석할당모형 개발

Development of Seat Allocation Model with Individual Demand's Diversion and Upgrade

이휘영

인하공업전문대학 항공경영과

Hwi-Young Lee(leehy1231@naver.com)

요약

최근 수입경영은 항공운송산업뿐만 아니라 이와 유사한 일회성상품(perishable assets)의 성격을 갖는 산업 전 부문에서 널리 활용되고 있다. 본 논문은 항공산업에서 활용되고 있는 정태적 좌석할당모형을 기반으로 시점마다 무작위로 발생하는 고·저가의 항공수요가 각 요금수준별 사전 할당된 좌석의 유무에 상관없이 필요에 따라 상하 이동을 하며 고가수요가 저가의 좌석을 선택할 수도, 저가의 수요가 고가의 좌석을 구입할 수도 있다는 전제로 기존의 한 방향 좌석할당모형과 대별되는 양방향 좌석할당모형을 개발한다. 또한 본 모형을 기반으로 항공사 수입이 기존의 한 방향 수요이동을 고려한 모형과 비교하여 수입을 더욱 극대화 시킬 수 있다는 사실을 실증한다. 실증방법은 C-프로그램을 활용하여, 수요의 가격수준을 국내 K항공사에서 한국지역 판매를 위해 활용되고 있는 4가지 운임으로 구분하고, 수요분포는 최대값과 최소값을 발생확률에 따라 난수를 이용하게 되며, 요금수준은 한국지역의 요금수준분포를 참조하여 고가를 100, 90, 85, 80 수준으로 하여 모의실험을 시행한다. 그 결과 고가의 수요에 지나친 좌석할당을 시행하는 경우를 제외하고는 수요의 양방향을 고려한 항공좌석할당 방법이 높은 수준의 수입을 창출할 수 있다는 결론을 얻게 된다.

■ 중심어 : | 수입경영 | 좌석할당모형 | 정태적 좌석할당모형 | 수요의 상·하향 이동 |

Abstract

The concepts of static seat allocation model has been used widely in the air transportation industry, and proven as a good concepts for managing perishable assets. The paper analyzed, in realistic environment, the volume of Accept Demand and Reject Demand through several times' simulation experiments at each fare level by using C-Program analyzing process applied to upward and downward models of demand, to analyze the change of fare level when upward and downward shifts of fare levels' demand happen at once. As a consequence, I concluded that the revenue of the case to consider the both shifts of demand at each fare level is bigger than that of the case to consider the single shift of demand at each fare level, except the case to downsize the seat allotment at very low price when supply is bigger than demand, with developing a general model concerned with plural fare levels.

■ keyword : | Revenue Management | Seat Allocation Model | Static Seat Allocation Model | Diversion and Upgrade |

* 본 논문은 2006학년도 인하공업전문대학 교내연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

접수번호 : #070221-001

심사완료일 : 2007년 04월 11일

접수일자 : 2007년 02월 21일

교신저자 : 이휘영, e-mail : leehy1231@naver.com

I. 서론

수입경영은 수요와 공급에 대한 관리방법의 하나로, 수요와 생산 능력을 일치시킬 수 있는 해법을 찾기 위해 과거 30년 동안 지속적으로 연구되어 왔다. 특히, 항공좌석과 같은 소멸성 자산을 생산하는 산업에서는 고객의 수요형태에 따라 다양한 마케팅 수단을 전개하기 위한 목적으로 수입경영을 다각도로 활용하고 있는 추세이다.

항공사의 수입경영에 대해서 Smith(1992)[8]는 “적절한 좌석을 적절한 가격으로 적합한 고객에게 적시에 판매하는 것” 또는 “주어진 운항 스케줄 및 가격구조 하에서 항공사의 수익을 극대화시킬 수 있도록 예약좌석 재고를 통제하고 관리하는 것”으로 정의하고 있다. 한편 Bodily와 Weatherford(1995)[2][9]는 항공사의 수익경영을 수익 최대화를 위하여 비용절감보다는 상품 또는 서비스의 매출을 증진시킴으로써 총 매출을 증대시키는 방법이라고 정의하였다. 따라서 항공사의 수입경영은 잠재소비자의 가격민감도에 따라 서비스 가격을 적절히 조절함으로써(동일한 서비스에 다양한 요금수준 설계) 수입 잠식의 가능성을 최소화하고, 각 요금수준별 좌석할당을 적절히 통제하여 수입 극대화를 추구하는 것으로 의미를 함축할 수 있다.

한편, 항공좌석은 예약을 기반으로 판매되고 있어 예약 후 탑승하지 않는 예약부도가 발생할 수 있다. 예약부도는 빈 좌석으로 항공기를 운항하는 결과를 야기시켜, 항공사에 손실을 가져올 수 있다. 항공사의 입장에서는 예약부도를 고려하여 공급용량 보다 많은 예약을 허용하는 초과예약제를 운영하고 있다. 이때 지나친 수입증진을 위해 항공기 좌석 수보다 과다한 초과예약을 운영하게 되면 일부 고객은 탑승이 거절되고, 항공사는 탑승 거절된 고객에게 적절한 보상을 하게 된다. 이에 항공사는 탑승거절에 따른 고객 보상비용과 빈 좌석으로 운항함으로써 발생하는 기회손실을 고려하여 최적의 초과예약 한계를 설정 한다. 초기의 수익경영모형의 대부분은 초과예약한계 설정문제였으나(Smith, 1992)[8], 최근 들어 초과예약 모형은 요금수준에 따른 수요이동을 고려한 좌석할당모형의 확장된 개념으로

연구가 진행되고 있다(Brumelle & McGill, 1999)[3][4].

따라서 본 연구에서는 항공좌석에 있어 판매가격에 따라 수요의 상·하 이동이 동시에 발생할 수 있는 요인을 감안하여 이를 고려한 새로운 정태적 좌석할당모형을 개발하는 것에 목적을 둔다. 또한 새롭게 개발한 모형에 대해서는 한 방향 수요이동만을 고려한 좌석할당모형과 양방향 수요이동을 동시에 고려한 좌석할당모형을 상호 비교하여 실질적인 항공수입 효과를 모의실험을 통하여 입증한다.

II. 정태적 좌석할당모형의 선행연구

항공사의 운송수요에서는 한 요금수준의 수요가 다른 요금수준의 수요에 영향을 미치는 것이 일반적인 현상이다. 즉, 할인요금 수요가 많아 할인요금의 좌석이 일찍 매진되는 경우, 추가로 발생하는 수요는 정상요금으로만 예약이 가능하게 된다. 따라서 이 경우, 정상요금의 수요에 영향을 미치게 되고 할인요금의 좌석할당이 할인요금 수요 및 정상요금 수요에 영향을 미칠 수 있다. 요금수준간의 수요에 존재하는 이 같은 종속적 관계는 요금수준간의 수요이전으로 나타나게 된다. 또한, 현실적으로 수요의 행태에서 많은 수요의 하향이전이 발생하고 있기 때문에 이를 고려한 새로운 좌석할당모형이 필요하게 되었다. 수요의 하향이전은 여러 가지 형태로 좌석할당모형에서 고려되었다.

1. 종속적 수요의 하향이전

Pfeifer(1989)[6]는 수요의 하향이전을 고려하여 요금수준별 좌석할당을 설정하였다. 즉, 단일비행구간에 대하여 두개의 요금수준($f_1 > f_2$)을 고려하고, 각 요금수준별 수요의 하향이전을 고려한 좌석할당(s_1, s_2)을 설정하였으며 고객을 할인요금 구매자(Shopper)와 일반구매자(Non-shopper)로 구분하여 분석하였다. 또한 낮은 가격의 좌석이 먼저 판매되어 s_2 가 모두 판매된 후 s_1 의 판매가 시작되는 것으로 가정하였다.

X_2 를 할인요금의 예약고객수라하고, Y 를 $s_2 + 1$ 번

제 이후에 예약하는 일반구매자 수로 하여, g 를 판매되지 않은 좌석의 단위당 가치라 하고, β_2 와 p_1 을 다음과 같이 정의하자.

- β_2 : $s_2 + 1$ 번째 고객이 할인요금 구매자일 확률,
- p_1 : $(C - s_2 - 1)$ 즉, $s_2 + 1$ 번째 이후의 남겨진 좌석이 일반구매자 수요를 만족시킬 수 있는 확률.
- C : 총 공급석
- s_1 : f_1 요금수준에서의 좌석 할당량
- s_2 : f_2 요금수준에서의 좌석 할당량

Pfeifer(1989)[6]는 할인좌석으로 s_2 를 할당하는 경우와 $(s_2 + 1)$ 을 할당하는 경우를 고려하여, 기대수익의 차이를 분석함으로써 할인좌석에 대한 최적 좌석할당수를 설정하였으며, $((s_2 + 1)$ 경우의 기대수익) - $(s_2$ 경우의 기대수익) ≤ 0 이 만족되는 최대의 s_2 를 구하면, 이것이 할인요금 좌석의 최대 할당좌석수가 되고 이를 (관계식 1)과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \beta_2 \cdot p_1 \cdot (f_2 - g) + \beta_2(1 - p_1) \cdot (f_2 - f_1) \\ & + (1 - \beta_2) \cdot \{ p_1 \cdot (f_2 - f_1) + (1 - p_1)(f_2 - f_1) \} \\ & = \beta_2 p_1 (f_2 - g) - (1 - \beta_2 p_1)(f_1 - f_2) \leq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$\beta_2 \cdot p_1 \cdot (f_2 - g) \leq (1 - \beta_2 \cdot p_1)(f_1 - f_2)$ 의 관계로부터 (관계식 1)을 만족하는 s_2^* 가 할인요금의 최적 좌석 용량으로 할당된다.

$$\beta_2 \cdot p_1 \leq \frac{f_1 - f_2}{f_1 - g} \quad (2)$$

이때 f_1, f_2, g 가 주어진다면, β_2, p_1 를 예측하여 (관계식 2)가 만족되는 최대의 s_2 를 찾아야 한다. β_2 은 $(s_2 + 1)$ 번째 소비자가 할인요금 구매자일 확률인데, 출발시점이 가까워지면서(예약수가 커짐에 따라) 할인요금 구매자일 확률은 점차 감소하게 된다. p_1 은 남겨진 좌석으로 정상요금 수요를 충족시킬 확률로 예약수가 커지면(남겨진 좌석이 적어지면) 정상요금으로 판매

될 가능성은 점차 증가한다. 따라서 현재의 예약수준을 고려한 β_2, p_1 의 적절한 예측을 통하여 s_2 의 최적값을 결정해야 한다.

한편 Bodily & Weatherford(1995)[2]는 항공사의 좌석뿐만 아니라 소멸성 자산의 특성이 있는 모든 상품에 적용할 수 있는 요금 수준별 좌석할당 문제를 연구하였다. Bodily & Weatherford(1995)[2]도 Pfeifer(1989)[6]와 같이 할인요금 수요와 정상요금 수요의 종속적인 관계를 수요의 하향이전으로 고려하였다.

- f_i : i 번째 요금수준 가격, c_i : i 번째 요금수준 비용,
- R_0 : 정상요금의 공헌수익,
- q_i : f_i 가격에 이용가능 좌석수(네스팅 고려된 좌석수),
- β_i : 다음번 고객이 요금수준 i 의 예약을 요청할 확률,
- X_i : 요금수준 i 의 수요,
- Y_i : 요금수준 i 보다 같거나 높은 요금수준의 모든 수요

$$\left(Y_i = \sum_{k=0}^i X_k \right)$$

p_i : 요금수준 i 까지의 총수요가 $q_0 - (q_{i+1} + 1)$ 보다 작을 확률. 이것은 요금수준 i 보다 낮은 요금수준에 할당된 좌석수를 하나 더 늘리는 경우 $(q_{i+1} + 1)$ 남겨진 좌석 용량 $(q_0 - (q_{i+1} + 1))$ 으로도 요금수준 i 보다 높은 요금수준의 수요를 충족시킬 수 있는 확률.

q_i 는 네스팅을 고려하여 결정하므로, i 보다 큰 요금수준(요금이 싼 가격)에 할당된 좌석까지도 포함하게 된다. 이 때문에 q_0 가 총 공급용량(C)으로 정의될 수 있다.

Bodily & Weatherford(1995)[2]는 이 같은 수요의 하향이전 문제를 고려하는 경우의 2가지 요금수준에 대하여 살펴본 결과 (관계식 3)을 만족하는 최대의 q_1 값을 얻을 수 있음을 알게 되었고, 이 결과는 Pfeifer(1989)[6]의 결과에서 남아있는 좌석에 대한 가치를 0으로 한 경우($g = 0$)와 같음을 알 수 있다.

$$\beta_i \cdot p_0 \leq \frac{R_0 - R_1}{R_0}$$

$$p_0 = \Pr(Y_0 < q_0 - (q_1 + 1)) \quad (3)$$

이 같은 접근법을 n 개의 요금수준으로 확장하여 의사결정수(Decision Tree)를 구하여 분석한 결과 다음과 같은 좌석할당모형의 일반식을 제시하였다.

$$q_i = \max \left\{ q \mid \beta_i p_{i-1} \leq \frac{R_{i-1} - R_i}{R_{i-1}} \right\} \quad (4)$$

$$q_{i+1} = \max q \mid \left(\frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_{i-1} + \dots + \beta_0} \right) p_{i-1} \leq \frac{R_{i-1} - R_i}{R_{i-1}} \quad (5)$$

2. 종속적 수요의 상향이전

Brumelle(1990)[3]은 할인요금의 좌석이 매진된 경우에 정상요금 좌석으로 구매가 이동(수요의 상향이전)하는 경우에는 할인요금 수요에서 정상요금수요로 수요의 상향이전 될 확률 γ 을 고려하여 할인요금 좌석할당을 결정할 수 있다. D_i 를 i 번째 요금수요가 상향이전 되면 1의 값을 갖고, 그렇지 않으면 0의 값을 갖는 변수라 정의하면, 할인요금 좌석을 s_2 로 정한 경우의 정상요금 수요($X_1(s_1)$)는 다음과 같이 표현된다.

$$X_1(s_2) = X_1 + \sum_{i=s_2+1}^{X_2} D_i \quad (6)$$

따라서 수요의 상향이전이 고려되는 경우의 할인요금 수요에 대한 예약은 다음조건이 만족되는 경우 예약을 허용하는 것이 총 기대수익을 최대화 할 수 있게 된다.

$$\rho_2 > \gamma \rho_1 + (1-\gamma) \Pr(X_1(s_2) > C - s_2 \mid X_2 \geq s_2) \rho_1 \quad (7)$$

Belobaba & Weatherford(1996)[1]는 기존의 $EMSR_b$ 모형에 수요의 상향이전을 고려한 결합모형(Combined

Model)을 제안하였고, 요금수준간의 수요 이동시에 인접된 요금수준에만 수요의 이동이 있는 것으로 가정하였다. 특히, Bodily & Weatherford(1995)[2]의 개념을 $EMSR_b$ 모형에 접목하여 수요의 상향이전을 고려한 좌석할당모형을 제시하였다. 즉, n 번째 요금수준의 공현수의 R_n 에서 보호 받아야할 최소한의 좌석수준을 s_n^* 라 하면, s_n^* 은 다음 식을 만족하는 값으로 결정된다.

$$\bar{P}_n(s_n^*) = \frac{R_{n+1} - R_n(SU_{n+1,n})}{R_n(1 - SU_{n+1,n})} \quad (8)$$

($SU_{n+1,n} : R_{n+1}$ 요금수준에서 R_n 요금수준으로 수요가 이동할 확률)

따라서 (관계식 8)을 만족하는 s_n^* 가 R_n 요금수준에서 보호받아야 할 최소한의 좌석수임으로, R_{n+1} 요금수준의 예약한계는 ($C - s_n^*$)가 된다.

III. 수요의 양방향 이동을 고려한 좌석할당모형 개발 및 모의실험

항공편 당 각 요금수준별 판매 가능한 좌석수는 각 요금수준에서 발생하는 수요의 형태와 규모에 따라 결정되게 된다. 전통적으로 항공사에서 적용되는 수익경영 모형에서는 각 요금수준별로 발생하는 수요가 다른 요금수준의 수요에 영향을 미치지 않는 것으로 가정하여 왔다. 즉, 할인 요금수요가 많이 발생한다고 하여 정상 요금의 수요가 그에 따라 증가하거나 감소하지 않는다는 것이다. 이 같은 경우를 독립적 수요라 하고, 기존의 많은 연구에서 기본적인 가정으로 채택되어져 왔다.

그러나 현실적으로 낮은 요금에 할당된 좌석수보다 수요가 충분히 많아지는 경우는, 그 수요 중 일부가 정상 요금수요로 전이될 수 있다(요금 Upgrade). 반면에, 낮은 요금의 수요가 현저히 부족한 경우에는 정상요금의 수요도 할인요금으로 구매할 수 있다(요금

1 일반적으로 Diversion을 수요의 하향이전으로 정의하는데(Brumelle 등, 1990)[3] 비하여, Belobaba와 Weatherford(1996)[1]는 Diversion을 수요의 상향이전으로 정의하여 연구하였다.

Diversion). 이 같은 수요현상 때문에 각 요금수준별로 수요가 독립적이기 보다는 상호 종속적인 특성을 나타내는 것이 일반적이다. 따라서 수익경영에서는 고려되는 수요의 특성이 독립적인지 또는 종속적인지에 따라서 다른 수익경영모형이 요구된다.

수익경영모형에서 총수익은 할인요금의 상품이 매진된 경우 추가로 발생하는 할인요금의 좌석요청을, 미래 발생 가능한 정상요금의 수요를 고려하여 결정함으로써 최대화할 수 있다. 즉, 이미 할인요금의 수요가 매진된 경우라도, 앞으로 정상요금의 수요가 발생할 가능성이 현저히 낮다면 할인요금의 좌석판매를 지속하는 것이 기대수익을 높일 수 있다. 반면에, 앞으로 정상요금의 수요가 많을 것으로 기대되는 경우에는, 기존에 할당된 할인요금의 좌석까지도 정상요금으로의 판매를 위하여 할인요금의 예약요청을 기각하는 것이 수익을 높일 수 있다. 이 같은 개념은 Littlewood(1972)[5]에 의하여 적용되었고, 이후 보다 현실적인 특성을 고려한 다양한 수익경영 모형으로 발전되어져 왔다. 그러나 Littlewood(1972)[5]의 개념에 기반한 연구는 기본적으로 요금수준간의 수요가 상호 독립적이라는 가정을 전제로 하고 있어, 현실적인 항공권 구매고객의 특성을 반영하지 못하는 단점을 갖고 있다.

정태적 모형에서 요금수준간의 수요가 상호 종속적인 특성을 고려한 연구는 II장에서 보듯 Pfeifer(1989)[6], Brumelle & McGill(1993)[4], Bodily & Weatherford(1995)[1] 등에 의해 시도되었다. 이들의 연구에서는 각 요금수준에서의 수요가 다른 요금수준의 수요의 변동에 의해 영향을 받는다는 가정을 하고 있지만, 일반적인 요금수준간의 수요의 종속성을 다루는 것이 너무 복잡하여 수요의 상향이동 또는 수요의 하향이동에 따른 영향만을 고려한 수익경영 문제를 다루었다.

따라서 본 장에서는 요금수준간 수요이전에 따른 좌석할당문제를 정태적 모형관점에서 수요의 하향이전(Diversion) 특성과 상향이전(요금 Upgrade) 특성을 동시에 고려한 좌석할당모형을 개발한다. 개발된 모형의 적합성은 임의자료를 바탕으로 모의실험을 실시하여 분석하고, 분석결과를 토대로 시사점 및 향후 연구방향

을 제시한다.

1. 수요의 양방향 이동을 고려한 정태적 좌석할당 모형

할인요금 상품이 매진된 경우에는 정상요금 상품을 구매하려는 고객은 당연히 정상요금으로 구매할 것이지만, 할인요금 상품의 재고가 아직 남아있다면 정상요금으로 구매하려는 수요도 할인요금으로 구매가 이루어질 것이다. 본 연구에서는 항공운송 수요에 대하여 수요의 상향 및 하향이전을 동시에 고려하는 경우, 최대의 기대수익이 얻어지는 각 요금상품별 판매허용량 결정을 위한 수익경영모형을 제시하고자 한다.

본 연구에서는 기본적으로 다음과 같은 가정을 전제로 한다.

- 동일한 항공상품에 대하여 I개의 요금상품이 제공된다.
- 상위 요금상품에 대한 수요도 하위 요금상품이 남아 있는 경우에는 하위 요금상품을 구매한다.
- 하위 요금상품이 매진된 경우에는 하위 요금상품 수요 중 일정비율은 상위 요금상품을 구매한다.
- 전통적으로 고려되던 할인 요금상품의 수요가 정상 요금상품의 수요보다 먼저 발생한다는 가정을 적용하지 않는다.
- 개인·그룹 수요 중 개별수요만 고려한다.
- 예약부도(No-show) 및 해지는 고려하지 않으며, 초과예약한계(Overbooking Limit) 또한 고려하지 않는다.
- 정상 요금 수요를 보호하기 위하여 보호네스팅(Protective Nesting)을 가정한다.

이 같은 상위 가정을 기반으로 다음과 같이 기호 및 변수를 정의한다.

R_i : 요금수준이 i 일 때, 얻어지는 평균 기대수익,

$$(R_i < R_{i-1}, i = 0, 1, \dots, I),$$

\bar{R}_i : i 요금수준 보다 할인된 요금수준의 평균판매가,

R_i^* : i 요금수준 보다 정상 요금수준의 평균판매가,

X_i : i 요금수준의 수요,
 Y_i : 요금수준 i 와 같거나 높은 요금수준에 대한 수요
 의 합. ($Y_i = \sum_{k=0}^i X_k$),
 q_0 : 총 공급가능량(용량),
 q_i : 요금수준 i 로 판매할 수 있는 판매허용량(용량),
 P_i : 요금수준 i 의 상품 수요를 남아 있는 여유용량으
 로 충분히 공급할 수 있을 확률,
 $(P_i = \Pr(Y_i \leq q_0 - q_{i+1} - 1))$,
 β_i : 요금수준 i 의 상품에 대한 수요가 발생할 확률,
 α_{ij} : 요금수준 i 의 상품 구매수요가 요금수준 j 의 상
 품을 구매할 확률 ($j < i$), 즉 i 의 상품 구매수요
 자의 Up-grade 확률.

요금수준 i 로 판매할 수 있는 최대 허용량(q_i)은 추
 가로 하나의 상품 판매를 i 요금 수준으로 허용하는 경
 우의 기대한계수익이 0이 되는 경우에 최대 수익이 얻
 어진다. 따라서 동일한 서비스등급에 대하여 다수의 요
 금수준이 제공되는 경우, 수요의 상향이전 및 하향이전
 을 동시에 고려하는 경우의 각 요금상품별 판매 허용량
 은 기대한계수익이 0이 되도록 결정하여야 한다.

1.1 2요금 수준의 좌석할당모형

항공좌석운임이 정상요금(R_0)과 할인요금(R_1) 2가
 지 요금형태로만 제공되는 경우를 고려하자. 또한 할인
 요금으로 q_1 이 할당되고, 이미 q_1 만큼 할인요금 판매
 허용량이 모두 매진되었다고 가정하면, 이 경우 남겨진
 판매 가능량은 ($q_0 - q_1$)이 되고, 이것은 정상요금 수
 요로만 판매되게 된다. 이때, 새로 발생하는 수요는 정
 상요금 수요 또는 할인요금 수요가 발생하게 되는 데, 이
 경우 할인요금 수요는 상품구입을 포기하거나 정
 상요금으로 Upgrade하여 정상요금 상품을 구매하여야
 한다. 만일, 이 경우에 정상요금에 할당된 ($q_0 - q_1$) 중
 하나를 할인요금의 수요로 전환하여 판매한다면, 당
 장 (R_1)의 수익이 발생하지만, 정상요금으로 판매함으
 록 얻을 수 있는 기대수익이 감소하게 된다.

$U(q_i)$ 를 i 요금수준 상품판매 허용량 q_i 로 결정 한
 경우 얻어지는 총 기대 수익이라 하면, 다음 조건이 만
 족되는 경우는 할인요금의 판매허용량을 ($q_i + 1$)로 결
 정하는 것이 기대수익이 더 증가하게 됨을 알 수 있다.

$$U(q_i + 1) - U(q_i) \geq 0 \tag{9}$$

따라서 $U(q_i + 1) - U(q_i) = -(R_0 - R_1) + \beta_1 \cdot$
 $(1 - \alpha_{10}) \cdot P_0 \cdot R_0$ 이므로, 할인요금의 최대 판매허용
 량 q_1^* 는 다음 조건을 만족시키는 최대의 q_1 값으로 결
 정된다.

$$\frac{(R_0 - R_1)}{R_0} \leq \beta_1 \cdot (1 - \alpha_{10}) \cdot P_0 \tag{10}$$

(관계식 10)은 Pfeifer(1989)[6], Bodily &
 Weatherford(1995)[2]의 연구결과에서 제시된 할인요금
 상품 판매허용량 조건에 요금 Upgrade 확률($1 - \alpha_{10}$)
 가 추가로 고려된 형태가 된다. 따라서 요금 Upgrade가
 없다면($\alpha_{10} = 0$) 할인요금 판매 허용량은 기존의 연구
 결과와 동일한 결과가 됨을 알 수 있다.

1.2 3요금수준 이상의 좌석할당모형

항공좌석운임이 정상요금(R_0)과 두 종류의 할인요
 금(R_1, R_2)으로 제공되는 경우를 고려하자
 $(R_0 > R_1 > R_2)$. 이 경우에는 R_1 요금으로 판매할 q_1
 뿐만 아니라, R_2 요금으로 판매할 q_2 를 결정하여야 한
 다. 3요금수준의 경우는 2요금수준 경우의 단순한 확장
 이 아니라, 일반적인 요금수준에 대한 판매량 결정으로
 확장하기 위한 것이다. 3요금수준에 대한 연구는
 Bodily & Weatherford(1995)[2]의 연구에서 고려되었
 으나, Diversion과 요금 Upgrade가 동시에 고려되지는
 않았었다. 각 요금 수준별 판매허용량을 결정하기 위하
 여 Bodily & Weatherford(1995)[2]와 같이 R_1 요금수
 준에 대한 q_1 을 먼저 결정하고, R_2 요금수준에 대한 q_2
 를 결정하는 접근법을 사용한다.

R_1 요금수준에 대한 판매허용량이 q_1 로 결정되고, 이미 q_1 까지 판매가 된 경우를 고려하자. 만일 추가로 발생하는 수요가 요금수준 R_2 또는 R_1 수요라면, 이 수요는 상품구입을 포기하거나 R_0 요금으로 상품을 구입하여야 한다. 상품구입을 포기하는 경우라면, 앞으로 추가로 발생할 R_0 수요가 남은 용량($q_0 - q_1$)보다 큰 경우에는 추가수익이 $R_0(q_0 - q_1)$ 이 되지만, 그렇지 않은 경우는 추가수익이 $R_0 Y_0$ 가 되고 ($q_0 - q_1 - Y_0$)만큼이 판매되지 못한 채 남게 된다. 여기서 q_1 까지 판매된 상품은 R_2 또는 R_1 요금으로 판매되었고, 이들 판매가격의 평균을 \bar{R}_1 로 정의한다. R_1 또는 R_2 요금수요가 R_0 요금으로 Upgrade하여 상품을 구입하는 경우나, R_0 요금수요가 상품을 구입하는 경우에 발생할 수 있는 가능성은 위에서 설명한 경우와 동일하게 나타난다. 따라서 R_1 요금수준의 판매허용량을 q_1 으로 결정한 경우와 ($q_1 + 1$)로 결정한 경우에 발생할 수 있는 기대수익을 비교하여 q_1 값의 증가여부를 결정함으로써 최대수익을 가져오는 판매허용량을 결정할 수 있다.

R_1 요금수준의 판매허용량을 q_1 으로 결정한 경우와 ($q_1 + 1$)로 결정한 경우에 발생하는 의사결정변수는 q_1^* 가 결정되면, R_2 요금으로 판매할 판매허용량 q_2 를 결정해야 한다. 이 경우에도 q_1^* 의 결정 과정과 같이 R_2 요금으로 q_2 를 할당하고, q_2 까지 모두 판매된 경우 추가로 하나를 R_2 요금으로 판매하는 경우의 기대수익을 고려하여 q_2 를 결정한다. q_1^* 가 결정된 경우, q_2 의 결정을 위한 의사결정변수로 나타낼 수 있다.

따라서 $U(q_2 + 1) - U(q_2) \geq 0$ 인 조건을 만족하는 범위에서 q_2 를 최대한 증가시키는 것이 총 수익을 최대화할 수 있게 된다. R_2 요금에 ($q_2 + 1$)과 q_2 가 할당된 경우의 기대수익에 대한 증분은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$U(q_2 + 1) - U(q_2) = -(R_1 - R_2) + \beta_2 \cdot (1 - \alpha_{21}) \cdot P_1 \cdot R_1 \quad (11)$$

따라서 R_2 요금으로 판매할 수 있는 최대 허용량 (q_2^*)은 다음 조건을 만족하는 최대 q_2 값으로 결정된다.

$$\frac{(R_1 - R_2)}{R_1} \leq \beta_2 \cdot (1 - \alpha_{21}) \cdot P_1 \quad (12)$$

3요금수준의 경우 각 요금수준별로 판매할 수 있는 최대 허용량은 (관계식 10)과 (관계식 12)의 조건으로 결정된다. 이 같은 접근 방법을 다수의 요금수준에 대하여 고려하면 요금수준 R_i 의 최대 판매허용량(q_i^*)의 결정은 다음과 같은 일반적인 조건을 만족하는 최대 q_i 값으로 결정된다.

$$\frac{(R_{i-1} - R_i)}{R_{i-1}} \leq \frac{\beta_i \cdot (1 - \alpha_{i(i-1)})}{\beta_i + \beta_{i-1} + \dots + \beta_0} \cdot P_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, I \quad (13)$$

(관계식 13)은 Bodily & Weatherford(1995)[2]에서 제안한 일반식에 요금 Upgrade를 고려한 조건으로 요금 Upgrade가 없는 경우($a_{i(i-1)} = 0$)는 Bodily & Weatherford(1995)[2]에서와 동일한 결과가 됨을 알 수 있다. 따라서 현실적으로 각 요금수준별로 발생하는 수요가 하향이전이 일어남과 동시에 원하는 요금의 상품이 매진된 경우는, 그 요금보다 좀더 비싼 요금으로라도 상품을 구매하려는 수요가 존재하기 때문에 이 같은 수요의 상향이전이 현실적으로 중요하게 고려되어야 한다. (관계식 13)에서는 기존에 고려되지 않았던 소비자의 요금 Upgrade를 추가로 고려함으로써 보다 일반적인 상황을 고려하였고, 이 같은 상황에서 각 요금수준별로 판매허용량을 결정(좌석할당)하기 위한 일반조건을 나타낸다.

2. 양방향 수입경영모형의 효과분석

수요의 상향 및 하향 이전을 동시에 고려한 좌석할당 모형의 타당성을 분석하기 위하여, 현재 국내항공사에서 운영 중인 자료에 근접한 임의의 자료를 무작위로 생성하여 이에 대한 모의실험을 실시한다. 모의실험을

실시하기 위하여 4가지 요금수준을 가정하였고, 각 요금수준에 대한 수요의 분포는 [표 1]과 같이 최대값과 최소값의 범위 내에서 발생확률을 난수를 이용하여 생성하였다. 요금수준은 예약등급간의 일반적인 판매가 차이를 고려하여 최상위 요금을 100%로 하는 경우와 각각 90%, 85%, 80%를 의미하도록 100만원, 90만원, 85만원, 80만원으로 가정하였다.

모의실험은 C 프로그램을 작성하여 실시하였고, 요금수준간 수요의 이동확률에 대한 총 6개의 시나리오를 대상으로 각각 400회의 모의실험을 실시한 평균값을 비교하였다. 또한, 수요의 변화를 분석하기 위하여 동일한 수요분포에 대하여 좌석용량을 변화시키면서 모의실험을 실행하였다. 즉, 좌석할당을 180부터 200, 220, 240, 260까지 변화시킴으로써 과다한 수요가 발생하는 경우(좌석할당 180)와 상대적으로 수요가 낮게 발생하는 경우(좌석할당 260)를 반영하도록 하였다. 각 요금수준에 따른 수요의 상향이전 확률의 영향을 분석하기 위하여 요금수준별 수요의 상향이전 확률을 변화시켜 매출액의 변화를 비교하였다. 모의실험에 사용된 매개변수들은 [표 1]과 같이 정리할 수 있다.

모의실험을 위해 가정한 요금수준별 수요분포로부터 발생된 수요는 평균 210~212로 나타났다. 따라서 공급 좌석을 180으로 하는 경우는 공급에 비하여 수요가 초과되는 경우를 분석할 수 있고, 공급좌석을 260으로 하는 경우는 수요에 비하여 과도한 공급이 이루어지는 경우를 분석할 수 있다.

표 1. 모의실험을 위한 매개변수

요금수준		1	2	3	4	비고
요금		100	90	85	80	
수요의 상향이전 확률	model 0	0	0	0	0	수요의 하향이전만 고려
	model 1	0	0.3	0.2	0.1	
	model 2	0	0.45	0.3	0.15	
	model 3	0	0.6	0.4	0.2	
	model 4	0	0.2	0.2	0.2	
	model 5	0	0.1	0.2	0.3	수요의 상향 및 하향이전 동시고려
수요분포	최대	130	60	50	30	
	최소	91	31	21	11	난수를 이용한 무작위 확률분포

모의실험 결과인 [표 2]로부터 공급좌석용량에 관계없이 수요의 상향이전(Upgrade) 확률이 높을수록 수요의 하향이전만 고려된 경우(model 0)보다 매출액이 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 수요의 상향이전을 고려하는 경우, 판매 총좌석수의 증가보다는 낮은 요금의 좌석에 비하여 높은 요금의 좌석이 더욱 많이 판매됐기 때문이다. 즉, [표 2]에서 수요의 상향이전 확률을 고려한 경우, 평균 판매좌석수가 수요의 하향이전만 고려한 경우보다 더 적은 경우에도 매출이 크게 나타나는 것으로도 확인할 수 있다.

표 2. 적용모형별 매출액 분석

좌석용량	평균수요	판매액/석	판매액(백만원) / 판매석(석)					
			model0	model1	model2	model3	model4	model5
180	212.0	판매액	166.8	168.8	169.6	170.9	169.0	168.9
		판매석	176.4	177.9	178.2	178.5	178.2	178.3
200	210.3	판매액	177.3	177.6	177.6	178.6	177.0	178.2
		판매석	190.2	189.9	189.3	189.3	189.3	190.5
220	211.7	판매액	190.7	191.4	191.9	192.8	191.2	190.2
		판매석	207.6	207.7	207.6	207.4	207.4	206.2
240	210.5	판매액	189.3	189.9	190.5	191.6	190.0	190.2
		판매석	210.2	210.2	210.2	210.2	210.2	210.2
260	211.1	판매액	186.2	186.8	187.4	188.5	186.9	187.1
		판매석	211.1	211.1	211.1	211.1	211.1	211.1

공급좌석용량이 발생된 수요보다 큰 경우에는 요청된 모든 수요가 판매로 이어지게 되는데, 이 경우에도 수요의 하향이전만 고려한 경우에는 낮은 요금수준에 지나치게 많은 좌석용량을 할당함으로써 많은 수요의 하향이전을 초래해 매출을 감소시키게 된다. 따라서 대체로 수요의 상향이전과 하향이전을 동시에 고려하는 경우는 요금수준에 따른 상향이전 확률의 정도에 따라 다르지만 매출액이 최대 2.4%까지 증가함을 알 수 있다. 그러나 model 4와 model 5의 경우에는 일부의 매출감소가 발생하고 있음을 알 수 있다. model 4는 좌석공급용량이 200으로 주어진 경우로, 평균발생 수요는 210.3이다. 이 경우에 수요의 하향이전만 고려된 경우와 상·하향 이전을 동시에 고려한 경우의 모의실험결과는 [표 3]과 같다. model 4의 경우는 낮은 요금에서의 수요의 상향이전을 고려하여 요금수준 80만원의 좌석용량을 작게 할당함으로써 80만원 요청수요의 대부분이 거

절되고 그 중 일부만 수요의 상향이전을 통하여 85만원 수요로 판매하게 된다. 그러나 수요의 하향이전만 고려한 model 0에서는 낮은 요금수준에 다소 여유 있는 좌석용량을 할당함으로써 80만원으로 많은 좌석을 판매할 수 있다. 그러나 일반적으로 낮은 요금수준 수요의 상향이전 확률이 높아 거절되는 수요보다 상향이전 되는 수요가 충분히 많은 경우에는 수요의 상-하향이전을 모두 고려하는 것이 효과적이다. 좌석 공급용량이 220인 model 5에서도 [표 3]에서 보는바와 같이 비슷한 결과가 발생됨을 볼 수 있다.

표 3. 좌석공급용량 200/220인 경우의 모의실험 결과

좌석공급용량 200의 모의실험 결과							
요금 수준	좌석 할당수		평균 수요	판매 좌석수		판매거절	
	model0	model4		model0	model4	model0	model4
100	102	104	109.2	92.2	93.3	3.7	4.0
90	42	43	44.1	42.0	43.0	1.1	0.0
85	50	53	35.8	50.0	53.0	0.0	0.0
80	6	0	21.2	6.0	0.0	15.2	17.0
합 계	200	200	210.3	190.2	189.3	20.0	21.0
좌석공급용량 220의 모의실험 결과							
요금 수준	좌석 할당수		평균 수요	판매 좌석수		판매거절	
	model0	model5		model0	model5	model0	model5
100	102	103	109.5	89.6	89.2	2.9	2.5
90	42	44	44.7	42.0	44.0	0.6	0.0
85	50	60	36.3	50.0	60.0	0.0	0.0
80	26	13	21.3	26.0	13.0	0.6	2.9
합 계	220	220	211.8	207.6	206.2	4.1	5.4

이상의 분석에서 수요의 상-하향이전을 동시에 고려한 모형이 그렇지 않은 경우 보다 더욱 효과적임을 알 수 있다. 그러나 공급좌석용량과 발생 수요 사이에 큰 차이가 없는 경우에는 보다 정교한 분석이 요구된다. 즉, 예상수요에 비하여 공급용량이 다소 적고 수요 간의 상향이전 확률이 낮은 경우에는 수요의 하향이전만 고려하는 것이 효과적일 수 있다. 또한, 예상수요보다 공급용량이 다소 많고 과도한 수요의 상향이전이 예상되는 경우에도 수요의 하향이전만 고려하는 것이 더 효과적일 수 있다. 그러나 이 두 경우는 낮은 요금수준 수요의 상향이전 확률이 높은 요금수준 수요의 상향이전 확률과 같거나 큰 경우를 가정한 것이므로 현실적으

로 발생 가능성은 매우 낮다. 따라서 일반적인 경우(낮은 요금수준 수요의 상향이전 확률 보다 높은 요금수준 수요의 상향이전 확률이 높음)를 고려하는 경우는 본 연구에서 제시한 수요의 상-하향 이전을 동시에 고려함으로써 0.13%~2.41%까지의 수입증가를 기대할 수 있다.

VI. 결론

항공좌석 및 호텔, 렌트카, 육-해상 교통수단, 의료, 스포츠 산업 등 일회성 상품(Perishable Assets) 특성의 산업 전반에 활용되고 있는 수입경영은 사전적 수요 예측에 기반을 두고 폭 넓게 운영되고 있으며, 그 유용성에 있어서도 합리적인 방법임이 입증되고 있다. 그러나 현재까지 연구되어온 수입경영 연구는 사전적으로 예측된 수요와 가격의 조화를 기본 개념으로 각 요금수준에 따라 발생 수요가 독립적 또는 종속적 관계성을 갖으며 각 요금수준에 따라 상향 또는 하향 이동의 한 방향으로만 발생한다 라는 측면에서만 연구되어져 왔다. 그러나 현실적인 상황에서는 상품의 요금수준에 따른 좌석용량할당에 있어 구매수요가 상-하향으로 동시에 발생하기 때문에 이를 고려한 보다 현실적인 연구가 필요하게 되었다.

그리하여 본 연구에서는 이러한 현실적 배경을 두고 정태적 의사결정모형의 종속적 수요관계를 4개의 요금수준별 수요의 상-하향 이동이 동시에 발생하면서 결정되어지는 요금수준의 변화를 분석하고자 수용수요(Accept Demand)와 거절수요(Reject Demand)량을 수요의 상-하향 모델에 적용 C-프로그램으로 분석과정을 구성하여 각 요금수준별로 총 400회의 모의실험을 통하여 그 결과를 분석하였다. 그 결과 다수의 요금수준에 대한 일반모형개발과 함께 각 요금수준별 수요의 이동이 한 방향만 고려된 경우보다 양 방향을 고려한 경우가, 발생수요보다 총 공급량이 많을 때 지나치게 낮은 가격에 좌석용량 할당을 적게 하는 경우를 제외하고는 발생수입이 크다는 결론을 얻게 되었다.

따라서 본 연구는 다양한 요금수준 하에서 요금수준

간 수요이동성을 고려하여 최대의 수익을 얻고자하는 연구이며, 기존연구에서 다루었던 가정을 완화하여 일반화하려는 시도의 연구이다. 그러나 보다 현실적인 연구를 위해서 요금수준 결정과 좌석용량 할당을 동시에 고려하는 PRM(Pricing & Revenue Management) 모형에 대한 연구와 예약제에 따른 환불정책, 경쟁항공사의 요금수준의 수요이동, 전자 상거래와 연계된 수입경영 모형에 대한 연구 등 수익경영과 연계된 분야와의 통합모형이 고려되지 않은 것이 다소 아쉬움으로 남는다.

수입경영의 개념은 컴퓨터 처리능력 발전과 데이터 베이스의 구축 등으로 항공 산업 전반에 큰 성과를 보여 왔고 효율적 좌석관리의 RMS(Revenue Management System), 전자 항공권인 e-Ticket 등으로 발전되어지고 있으나 아직까지도 항공업무 전 분야에 적용 확산되지는 못하고 있는 실정이다. 따라서 보다 효율적인 수입경영을 위해서는 이상에서 살펴본바와 같이 개별수요에 국한된 연구를 벗어나 다 구간 수요변화 및 단체수요와 개별수요를 동시에 고려한 수익경영 문제 등으로 연구가 지속적으로 확장되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] P. P. Belobaba and L. R. Weatherford, "Comparing Decision Rules that Incorporate Customer Diversion in Perishable Asset Revenue Management Situations," Decision Science, Vol.77, pp.343-363, 1996.

[2] S. Bodily and L. R. Weatherford, "Perishable-Asset Revenue Management: Generic and Multiple-Price Yield Management with Diversion," Omega, Vol.23, pp.173-185, 1995.

[3] S. Brumelle and J. McGill, "Allocation of Airline Seats between Stochastically Dependent Demands," Transportation Science, Vol.24, pp.183-192, 1990.

[4] S. Brumelle and J. McGill, "Airline seat

allocation with multiple nested fare classes," Operations Research, Vol.41, pp.127-137, 1993.

[5] K. Littlewood, "Forecasting and control of passengers," 12th AGIFORS Symposium Proceedings, pp.103-105, 1972.

[6] P. E. Pfeifer, "The Airline Discount Fare Allocation Problem," Decision Science, Vol.20, pp.149-157, 1989.

[7] H. Richter, "The differential revenue method to determine optimal seat allocations by fare type," AGIFORS Symposium Proceedings, pp.339-362, 1982.

[8] B, C, Smith, J, F, Leimkuhle, and R, M Darrow, "Yield Management at American Airlines," Interfaces, Vol.22, No.1, pp.8-31, 1992.

[9] L. R. Weatherford, "Using prices more realistically as decision variables in perishable-asset revenue management problems," Journal of Combinatorial Optimization, Vol.1, pp.277-304, 1997.

저 자 소 개

이 휘 영(Hwi-Young Lee) 정회원



- 1989년 2월 : 인하대학교 경제학과 (경제학사)
- 2001년 8월 : 연세대학교 경제학과 (경제학석사)
- 2006년 2월 : 한국항공대학교 경영학과 (경영학박사)

• 2005년 3월 ~ 현재 : 인하공업전문대학 항공경영과 교수

<관심분야> : 항공·관광, 콘텐츠경영학, 디지털문화경제학, 비즈니스