

## 항공사 수익경영모형에 관한 조사연구

윤문길 · 이휘영

### Survey on Revenue Management Models for Airlines

Moon-Gil Yoon\* · Hwi-Young Lee\*\*

#### ■ Abstract ■

The concept of revenue management (RM) has been used widely in the air-transportation industry, and proven as a good system for managing perishable assets. While the airlines are the oldest and most sophisticated users of RM, these practices have been an enormously important innovation in other service industries such as the travel, the railway, the Internet and the manufacturing industries. In this paper, reviewing several studies on RM, we introduce the fundamental concepts and the major models of RM covering seat allocation with multiple fare classes and overbooking. Future research directions also are suggested

Keyword : Revenue Management, Yield Management, Diversion, No-show

## 1. 서 론

수익경영(Revenue Management)은 상품 또는 서비스의 판매를 증진시킴으로써 수익을 최대화하기 위한 관리방법으로, 수익최대화를 위해 비용절감보다는 매출증대를 선택하는 방법이다[19]. 이 같은 수익경영의 개념은 예약을 기반으로 하는 호텔산업

에서 수요관리를 통한 최대 수익달성을 위하여 도입되었던 수익관리(Yield Management)<sup>1)</sup>에 기반하고 있다[24, 28]. 즉, 특정시점까지 판매되지 못하고 남겨진 상품(서비스)의 가치가 지속될 수 없는 경우에는, 상품(서비스)의 변동비용 이상의 수익만 보장되면 정상가격 이하에도 동일한 상품(서비스)을 판매함으로써 전체 수익을 증대시키는 것이 수익관

논문접수일 : 2004년 4월 8일

논문게재확정일 : 2005년 1월 28일

\* 한국항공대학교 경영학과

\*\* 인하공업전문대학 항공경영과

리의 개념이다. 수익관리는 1970년대 후반 미국의 항공운송산업 자유화이후 항공운송산업 분야에 도입되기 시작하였다. 1970년대 후반의 미국 항공운송산업 자유화정책은 수많은 신설 항공사의 출현을 가져왔고, 이에 따라 극심한 시장경쟁이 나타나게 되었다. 이 과정에서 항공사의 수익성 증대의 방면으로 일부 대형 항공사를 중심으로 수익관리를 항공좌석 판매에 활용하였고, 그 효과는 기대이상으로 나타나면서 '80년대 이후 수익관리는 항공사를 중심으로 활발한 연구가 진행되었다[5, 31, 38].

수익관리 개념은 초기에는 호텔 및 항공운송산업 분야에 국한되어 적용되었으나, 상품 또는 서비스 특성이 소멸성 자산의 특성을 갖는 렌터카, 육상운송, 해상운송, 의료, 스포츠 산업 등 다양한 서비스 산업으로 확대 적용되면서 수익경영(Revenue Management)의 개념으로 확장되었다[19, 22]. Smith 등[34]은 “적절한 좌석을 적절한 가격으로 적합한 고객에게 적시에 판매하는 것” 또는 “주어진 운항 스케줄 및 가격 구조하에서 기업의 수익을 극대화시킬 수 있도록 예약좌석 재고를 통제하고 관리하는 것”으로 항공사의 수익경영을 정의하였으며, Bodily and Weatherford[11]는 “수익 최대화를 위하여 비용절감보다는 상품 또는 서비스의 매출을 증진시킴으로써 총 매출을 증대시키는 방법”으로 정의하고 있다. 그러나, 수익경영을 보다 넓은 의미로 정의하면 “수요와 공급관리를 위한 새로운 방법으로 시장의 수요와 생산 능력을 일치시키는 방법에 초점을 맞추어 경제적 부를 최대화시키는 수단”으로 정의될 수 있다[24].

따라서 항공사 입장에서 수익경영은 잠재소비자의 가격민감도에 따라 서비스의 가격을 다양화하고(동일한 서비스에 다양한 요금수준 제공), 수익의 잠식 가능성을 최소화하면서 각 요금수준별 판매가능수량을 결정하여 판매활동을 수행하는 것이다. 이 과정에서 각 요금수준별 이용조건을 제한하며,

예약부도(no-show)<sup>2)</sup> 및 취소를 고려한 예약 통제를 실시하고, 이 같은 과정을 통하여 수익의 극대화를 추구하는 것이 항공사에 적용되는 수익경영의 기본개념이다.

그러나 항공사를 중심으로 효과적으로 운용되고 있는 이 같은 개념이 모든 산업에서 동일한 효과를 나타내는 것은 아니다. 수익관리 개념이 효과적으로 적용될 수 있는 산업은 자산의 가치가 특정 시점을 기준으로 급격히 하락하거나 가치를 갖지 못하는 제품 또는 상품(이를 소멸성 자산이라 함)을 생산하는 산업부문이다[2, 3, 11, 38]. <표 1>은 수익경영이 적용될 수 있는 산업의 유형을 제시하고 있다. 즉, 극장이나 스포츠 경기와 같은 문화산업, 호텔 및 렌터카 산업, 방송, 통신, 전력 등의 서비스 산업 뿐만 아니라 사진관 이발소 등의 개인 서비스 사업에도 수익경영이 적용될 수 있다. 이밖에, 시설 투자비에 비하여 제품 단위당 운영비용이 극히 적은 경우(반도체, 통신, 전력 등), 기술 개발주기가 빠른 첨단기술(개인용 컴퓨터, 휴대폰 등)이나 유행에 극히 민감한 패션산업도 고려될 수 있고, 시간이 경과함에 따라 급격히 제품의 가치가 감소하는 농산물 등도 해당된다[3, 24].

공급량이 한정되어 있는 소멸성 서비스나 상품을 공급하는 산업환경에서는 불확실한 수요에 대한 대처 방법이 사업의 효율성을 좌우하고 있다. 그러나 각 서비스 산업별로 생산제품의 특성과 수요유형이 다르기 때문에 동일한 방법이 적용되지는 않는다. 대표적인 서비스 산업인 항공운송산업, 호텔 및 렌터카 산업에서의 수익경영 적용상의 특성은 <표 2>와 같다. 특히, 수익경영의 적용 대상이 산업유형에 따라 다르게 정의되는데, 항공사는 좌석, 호텔은 객실, 렌터카 회사의 경우는 임대용 차량이 대상이 된다. 공급용량의 경우 호텔과 항공운송산업에서는 객실 수나 좌석수 등 고정된 용량을 고려하고 있으나, 렌터카의 경우는 임대용 차량의 수가 반납하는

1) Revenue Management와 Yield Management를 구분하기 위해 각각 수익경영과 수익관리로 표현한다.

2) 항공사에 예약 후 해지 통보 없이 탑승하지 않는 수요.

〈표 1〉 수익경영 적용산업의 유형

유형	적용가능 대표 산업	특성
Box Office	극장, 스포츠	단체판매나 계절적 요인에 의한 할인좌석 판매 수량 결정
숙박	호텔, 아파트	예약구매와 여행자 등을 고려한 할인계약 결정
서비스	사진관, 이발소, 자동차 정비소, 변호사	여유시간을 채우기 위하여 촉진적 패키지 이용
운송	여행, 화물	낮은 순위의 운송화물에 대한 할인이용 결정
기술	신기술개발산업	기술/성능의 수명과 이용가능성 따른 보수의 감소
리스업	자동차대여	대여상품의 감가상각비 고려 상품의 회전에 따른 대여비용 계산
방송, 통신, 전력	광고, ISP사업, 전력제공사업	구축된 통신망 혹은 고수익의 타임슬롯 판매를 고려한 차별적 가격의 서비스 제공

자료 : Bodily S.E. and L.R. Weatherford, "Perishable-Asset Revenue Management : Generic and Multiple-Price Yield Management with Diversion," *Omega* 23, pp.173-185, 1995. 발췌 수정.

〈표 2〉 서비스 산업별 수익경영 적용상의 특성

구분	항공운송산업	호텔	렌터카
자산유형	좌석	객실	차량
관리 단위	1~3석	1~10실 이상	5~20 대이상
공급용량	고정	고정	변동
자산의 이동성	약간 있음	없음	고려할 수 있음
요금수준의 종류	3~7개 이상	2~3개	4~20개 이상
사용기간	고정	변동	변동
기업체 할인	없음	있음	있음
자산관리체계	중앙집중식	중앙집중식/지역관리	중앙집중식/지역관리

일정에 따라 변동되는 특성을 가지고 있다. 뿐만 아니라, 항공운송의 경우는 사용기간이 일정하게 정해져 있지만, 호텔의 객실 사용기간과 렌터카 이용기간은 쉽게 연장이 가능하기 때문에 유동적으로 변동되는 특성을 가지고 있다.

항공운송산업 분야에 적용되어 많은 성과를 보이고 있는 수익경영 개념이 유사한 상품특성을 갖는 서비스 산업으로 적용이 확산되면서 많은 연구가 이루어지고 있다[28, 38]. 그러나 수익경영 개념이 많은 서비스 산업에서 중요한 마케팅 수단을 제공해 줄에도 불구하고, 아직까지 국내에서는 수익경영에 대한 연구가 항공사를 중심으로 일부 이루어지고 있을 뿐 활성화 되고 있지 못한 실정이다. 본 연구에서는 예약기반의 수요특성을 갖는 대표적인 예인 항공사에서 적용되는 수익경영 모형의 주요연구를 정리하여 소개하고, 이를 토대로 국내의 수익

경영 분야에 대한 연구의 확대와 타 산업분야로의 확산을 기하기 위한 기반을 제공하는데 목적을 두고 있다. 특히, 수익경영문제 중에서 요금수준별 좌석용량 할당과 예약통제 문제를 중심으로 기존의 연구모형 중 대표적인 연구에 대한 소개와 비교분석을 수행하고자 한다.

2장에서는 수익경영의 기본개념과 체계에 대하여 소개하고, 수익경영문제에서 고려되는 주요요인에 대하여 설명한다. 3장은 수익경영의 제 문제 중에서 많은 비중을 차지하고 있는 좌석용량 할당 및 통제 문제에 대한 기존의 주요 연구모형에 대하여 소개한다. 특히, 수요의 특성을 고려하여 정태적 좌석용량 할당모형과 동태적 좌석용량 할당모형으로 구분하여 설명하고, 예약부도 등을 고려한 초과예약한계에 대한 기본적인 개념을 소개한다. 4장에서는 수익경영모형의 적용효과 및 활용분야, 향후 연구과

제에 대하여 소개한다.

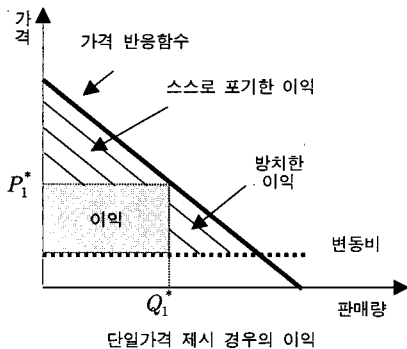
## 2. 수익경영의 개념 및 체계

수익경영은 경제학의 수요곡선에서 그 이론적 배경을 찾을 수 있다[24]. [그림 1]에서 상품(서비스)의 가격이  $P_1^*$ 으로 주어지는 경우에는 수요량은  $Q_1^*$ 이 되고, 이 경우  $P_1^* \cdot Q_1^*$ 이 매출액이 된다. 이 경우  $P_2^*$ 가격에나 구입이 가능한 제충은 이 상품(서비스)을 구입하지 못하게 된다. 그러나  $P_2^*$ 의 가격이 새로이 제공되는 경우에는 단일가격( $P_1^*$ )을 제공하는 경우에 비하여  $(Q_2^* - Q_1^*) \cdot P_2^*$ 만큼의 매출 증가를 예상할 수 있다. 즉,  $P_1^*$ 의 가격만을 제공하는 경우에 방치되었던 수익에 대하여  $P_2^*$ 의 가격을 추가로 제공함으로써 방치된 수익의 일부를 얻을 수 있게 된다. 그러나 이 경우  $P_1^*$ 을 지불하던 고객도  $P_2^*$  가격으로 구입하려 할 것이다. 수익경영에서는 이같이 정상요금의 지불의사를 갖고 있는 수요가 낮은 가격으로 이전하려는 가격전이 현상을 최대한 억제해야만 전체수익이 증대될 수 있다. 따라서 가격전이 현상을 억제하기 위해 낮은 가격인  $P_2^*$ 에는 여러 가지 이용제약을 추가하게 된다(예, 해약금지, 환불불가, 일정변경불가, 타 항공사 이용불가 등). 이 같은 이용제약을 고려하여 다양한 요금수준을 설정하면 [그림 2]와 같이 전체 매출수익

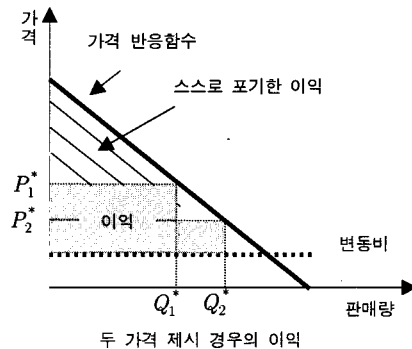
을 확대할 수 있게 된다. 따라서 적절한 가격수준을 결정하고, 각 가격수준에 판매 가능한 판매량을 결정하며, 높은 요금수준의 수요가 낮은 요금의 상품(서비스)을 구입하는 가능성을 최대한 낮추도록 함으로써 총 매출을 최대화하기 위한 것이 수익경영의 목표이다.

예약을 기반으로 하는 산업에서의 수익경영체계는 [그림 3]과 같이 이루어진다. 경쟁사의 요금정책과 시장환경을 고려하여 제공가능한 요금수준(공급가격)의 종류를 결정하고, 각 요금수준별 적절한 좌석 공급량을 결정하며(좌석용량 할당모형), 요금수준별 수요의 발생을 분석하여 공급량을 통제하는 과정(초과예약 모형)으로 이루어진다.

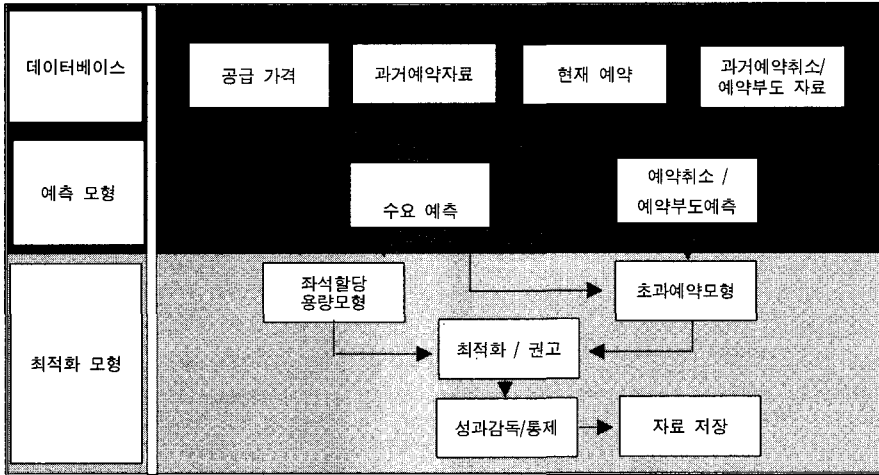
수익경영의 최적화 모형으로 좌석할당 모형과 초과예약 모형이 사용된다. 즉, 차별화된 여러 요금수준이 제공되는 경우 이용 가능한 공급용량을 각 요금수준 별로 적절히 배분하는 것은 매우 중요한 일이다. 즉, 낮은 요금에 과도한 좌석을 배정하여 판매하면 높은 요금의 수요를 잃게 될 수 있고, 높은 요금에 많은 좌석을 배정하여 판매하면 실제 판매되지 않으면서도 낮은 요금의 수요를 잃게 되는 경우가 발생하기 때문이다. 따라서 각 요금수준에서 판매할 수 있는 적정의 좌석용량을 할당하는 것이 매우 중요한 과제이다. 항공사의 경우 단일 비행구간(Single Leg Flight)을 주로 고려하여 연구가 진행되어 왔으며[17, 26, 36], 최근에 복수 비행구간에 대한 연구로 점차 확대되고 있는 추세이다[21, 28].



[그림 1] 일반적인 수요곡선



[그림 2] 다양한 요금수준에서의 매출액



[그림 3] 예약기반 서비스 산업의 수익경영체계[24]

항공좌석은 예약을 기반으로 판매되고 있어 예약 후 탑승하지 않는 예약부도가 발생할 수 있다. 예약부도는 빈 좌석으로 항공기를 운항하는 결과를 가져와, 항공사에게 손실을 가져올 수 있다. 따라서 항공사의 입장에서는 예약부도를 고려하여 공급용량 보다 많은 예약을 허용하는 초과예약제를 운영하고 있다. 초과예약된 고객 중에서 항공기 공급좌석 수보다 많이 탑승을 원하는 경우는 일부 고객은 탑승이 거절되고, 항공사는 탑승거절된 고객에게 적절한 보상을 해야 한다. 따라서 탑승거절에 따른 고객 보상비용과 빈 좌석으로 운항함으로써 발생하는 기회손실을 고려하여 최적의 초과예약 한계를 설정해야 한다. 초기의 수익경영모형의 대부분은 초과예약한계 설정문제였으나[24], 최근 들어 초과예약 모형은 좌석할당모형의 확장된 개념으로 연구가 진행되고 있다[28].

성과감독 및 통제단계에서는 각 요금수준에 대한 판매가능 좌석수가 할당된 경우에, 실제로 수요의 발생 동향에 따라 추가적으로 요금수준별 좌석용량의 조정을 통한 예약허용여부를 결정하는 것이다. 즉, 이미 낮은 요금에 할당된 좌석용량이 모두 판매된 경우에도, 기존의 예약추세를 바탕으로 향후 높은 요금의 수요발생이 극히 낮을 것으로 예측되는 경우에는 높은 요금에 할당된 좌석의 일부를 낮은

요금으로 재배정하여 판매하는 것이 총 수익을 증가시킬 수 있기 때문이다. 좌석용량 할당 및 예약통제는 수요의 확률분포, 해지, 환불, 예약부도 등의 복잡한 요인을 고려하여야하므로, 수요특성, 소비자 행동특성 등의 변수를 고려한 다양한 모형으로 연구가 진행되고 있다.

수익경영을 도입하여 적용하기 위해서는 여러 가지 제약요인을 고려해야 한다. 우선, 운영상의 제약 (operational constraint)으로는 제공가능한 공급량이 고정되어 있고, 추가적인 공급을 위해서는 많은 비용과 시간이 소요되는 특성이 있다. 즉, 항공사의 경우는 항공기 좌석 수, 호텔의 경우는 객실 수 등 서비스 제공시점에서의 공급제약이 있고, 공급능력을 증대하기 위해 많은 비용과 시간이 소요된다. 또한, 노선(운항)일정, 운용항공기수, 운항빈도 등도 운영상의 제약요인이 된다. 마케팅 관점의 제약요인으로는 최소허용 고객 서비스수준(Minimum Tolerable Customer-Service Levels)이 고려될 수 있다. 이 것은 초과예약 등으로 탑승 거절되는 비율, 더 싼 요금의 고객과 비교로 인한 고객 불만비율 등 다양한 방법으로 측정될 수 있다. 전략적 제약요인으로는 회사의 장기전망, 경쟁 사업자의 가격정책, 노선정책 및 비행일정 등의 경쟁전략을 들 수 있다.

Weatherford와 Bodily[38]는 수익경영에서 다루는 주요 요소를 <표 3>과 같이 대상자원의 특성부터 의사결정 방식까지 13개 주요요소로 구분하여 제시하였다. 항공사의 수익경영 모형에 대한 기존의 주요연구에서는 이 같은 요소 중에서 공통적으로 다음과 같은 요소에 대한 가정을 기반으로 하고 있다.

첫째, 고려대상 자원이 항공기의 좌석으로 이산

형의 특성을 갖고 있다.

둘째, 가용용량의 경우는 항공기를 대상으로 함으로 고정된 용량을 가정하고, 단일비행구간(single leg)을 가정한다.

셋째, 가격수준은 복수의 할인 요금을 가정한다.

넷째, 단체고객은 고려하지 않고, 개인고객을 중심으로 최적화 모형을 고려하며, 네스팅 방식을 적용한다.

<표 3> 수익경영의 연구요소

요소	주요 내용	유형
자원	수익경영모형에 적용될 자원의 특성을 나타냄. 항공사의 좌석, 렌터카의 차량, 호텔의 객실 등 이산형 특성을 갖거나, 전력 또는 통신 등과 같이 연속형 특성으로 구분 됨.	이산형(Discrete) 또는 연속형(Continuous)
가용용량	서비스 제공시점에 사용가능한 최대 용량에 대한 제약. 항공사, 호텔 등과 같이 사용시점의 최대용량(투입항공기의 좌석수 또는 객실수)이 사전에 정의되어 고정된 경우와, 렌터카와 같이 총 사용가능한 차량수가 변동될 수 있는 경우로 구분.	고정 또는 변동
가격수준	고려되는 가격수준에 대한 제약. 사전에 정의된 가격을 대상으로 하는 경우와, 수익경영 모형으로부터 최적가격을 유도하는 경우로 구분.	사전 정의된 가격, 모형에 의해 구해지는 최적가격 또는 두가지의 조합
요금지불의사	상품(서비스) 제공시점이 다가옴에 따라 변화되는 요금지불의사의 유형을 나타냄. 제공시점이 가까워질수록 수요가 증가하는 경우는 비싼 가격에도 지불하려 할 것이고(Build-up), 반면에 수요가 감소하는 경우에는 싼 가격에도 구매하려하지 않는 (Drow-down) 소비자의 지불의사 유형.	포기/정상요금으로 이동
할인요금수준	단일요금과 복수요금으로 구분하여 고려.	1, 2, 3, ..., I개
예약수요	예약된 수요의 헤지 및 예약부도 특성을 나타냄. 할인요금과 정상요금으로 구분하여 정의.	확정적 수요/요금수준에 독립적인 확률적 수요/요금수준에 종속적인 확률적 수요/혼합
할인요금수요와 정상요금수요의 탑승(show-up)	할인예약고객의 탑승특성 정상요금고객의 탑승특성	확실성/취소를 고려않는 불확실성/취소를 고려하는 불확실성
그룹예약	예약승낙 또는 취소를 그룹단위로 결정하는 특성을 고려함.	고려/고려하지 않음
수요의 하향이전 (Diversion)	수요의 종속적 특성 가운데 하나로, 요금수준간의 좌석용량 할당에 큰 영향을 미침. 일반적으로 할인요금 종류가 많을수록 수요의 하향이전 가능성이 높게 나타남.	고려/고려하지 않음
Displacement	단일 비행구간이 아닌 복수비행구간(multi-leg)의 경우에는 연결항공편수요(connecting flight)를 고려해야 함. 복수비행구간에서의 각 구간 의 요금수준별 좌석할당 및 통제뿐만 아니라 연결항공편의 요금수준에 따른 좌석할당 및 통제를 실시해야 함.	고려/고려하지 않음
초과예약처리	초과예약된 고객에 대한 처리과정.	고려않음/정상요금지불/할인요금지불/선착순(FCFS)
좌석할당방식	할인좌석과 정상요금좌석의 통제방식 (네스팅 방식)	Distinct/Nested
의사결정방식	수익관리와 관련된 의사결정을 조정 방식. 정태적 의사결정과 동태적 의사결정으로 구분함.	정태적/동태적 (Simple Static/Advanced Dynamic)

<표 4> 기존 주요 좌석용량할당 연구의 특성

구 분			수익경영 요소			
			수요이전	취 소	환 불	예약부도
정태적 의사결정모형	독립적 수요	Littlewood[24]	없음	없음	없음	없음
		Richter[24]	없음	없음	없음	일부고려
		EMSR[6]	없음	없음	없음	일부고려
		EMSRb[7]	없음	없음	없음	일부고려
	종속적 수요	Pfeifer[29]	하향이전	없음	없음	없음
		Brumelle 등[13]	하향이전	없음	없음	없음
		Bodily and Weatherford[11]	상향이전	없음	없음	없음
		Belobaba and Weatherford[8]	상향이전	없음	없음	없음
		Yoon and Lee[4]	상향/하향이전	없음	없음	없음
동태적 의사결정 모형	Subramanian 등[36]		없음	고려	고려	고려
	확률적 동적모형		하향이전	고려	고려	고려
초과 예약모형*	Alstrup[5]		없음	없음	없음	고려
	Brumelle 등[13]		없음	없음	없음	고려

주) \*초과예약모형은 좌석용량할당 모형은 아니나, 좌석용량할당 문제의 확장된 개념으로 포함하였음.

이 같은 공통적인 특징 외에 예약수요의 특성, 수요의 하향이전, 초과예약 처리방식, 의사결정방식 등이 주요요인으로 고려되고 있다. 본 연구에서는 항공사 수익경영 모형에 대한 기존의 주요연구 중에서 의사결정 방식과, 수요의 이전 여부, 취소, 환불 및 예약부도의 고려여부 등을 개별적으로 고려하여 모형들에 대하여 분석하고, 분석된 모형의 주요 특징은 <표 4>와 같다.

### 3. 좌석용량할당 모형

항공사와 같이 예약기반 산업의 중요한 수요특성의 하나가 상품이 공급되기 이전에 예약행위가 발생하고, 상품이 제공되는 시점까지의 여유기간 동안 해지를 요구하거나, 해지요구 없이 상품을 구매하지 않는 예약부도가 나타나는 것이다. 이 경우, 공급자의 입장에서는 상품공급시점에 예상하지 않은 재고를 갖게 된다. 따라서 해지 또는 예약부도를 고려하여 공급용량에 일정한 초과예약(초과예약 한계)을 추가하여 공급가능량을 결정하게 된다. 초과예약한계를 결정하는 경우에는 상품공급시 예약초

과에 따라 상품제공을 못하는 경우의 배상규모를 고려하여 결정한다. 수익경영모형에서는 전통적으로 요금수준별 좌석용량할당문제(Seat Allocation 또는 Capacity Assignment)와 초과예약 한계결정 문제가 주로 다루어져 왔으며[13, 28, 32, 38], 본 연구에서도 이 두 문제를 기반으로 한 모형을 중심으로 분석한다. 특히, 초과예약문제는 좌석용량할당문제의 확장된 개념으로 볼 수 있어 좌석용량 할당모형에서 함께 고려하였다.

좌석용량할당문제는 정태적(Static) 모형과 동태적(Dynamic) 모형으로 구분하여 볼 수 있다. 정태적 모형은 계획기간동안 요금수준별로 추정된 수요 발생확률을 바탕으로, 각 요금수준별 판매가능한 좌석할당량을 결정하여 계획기간동안 동일하게 적용하는 모형이다. 즉, 계획기간동안의 수요변동을 고려하여, 전체 계획기간 동안에 동일하게 적용될 수 있는 요금수준별 좌석할당량을 결정하는 것이다. 동태적 모형의 경우는 계획기간 동안에 발생하는 수요변동을 고려하여 매 시점 각 요금수준별 판매가능량을 다르게 적용할 수 있도록 하는 것이다. 정태적 좌석할당 모형은 각 요금수준별로 수요가

독립적으로 발생하는 경우(독립적 수요의 좌석할당 모형), 요금수준간 수요가 종속적인 경우(종속적 수요의 좌석할당 모형), 요금수준간의 수요이동을 허용하는 경우(수요의 하향이전/수요의 상향이전 모형)로 구분할 수 있다.

### 3.1 정태적 좌석용량할당 모형

#### 3.1.1 독립적 수요의 좌석용량할당 모형

##### (1) Littlewood 모형

Littlewood는 두 요금수준(정상요금과 할인요금)에서 할인요금으로 판매하기 위한 최적 좌석용량을 결정하기 위한 모형을 제시하였다[8, 24]. 단일비행구간을 대상으로 요금수준간의 수요는 독립적으로 발생하고, 할인요금 수요가 정상요금 수요보다 먼저 발생한다는 가정을 고려하여 모형을 수립하였다. 또한, 예약 후의 해약(cancellation)은 고려하지 않으며, 예약이 거절된 고객은 다른 형태의 요금으로 예약을 이전하지 않고 손실로 가정한다. 높은 요금수준의 좌석에 여유가 있는 경우에는 높은 요금수준 수요에 대한 예약거절은 없다고 가정한다. Littlewood는 각 요금수준에 추가로 하나의 좌석을 더 할당하는 경우 얻어지는 추가 기대수익(기대한계수익, Expected Marginal Revenue)을 고려하여, 두 요금의 기대한계수익이 같아지는 수준에서 최적의 좌석용량할당을 결정하는 방법을 제시하였다.

$C$  : 총 좌석용량

$s_i$  : 요금수준  $i$ 에 할당된 좌석수 ( $C = \sum_i s_i$ )

$f_i$  : 요구된 요금수준  $i$ 의 예약요구가 받아들여졌을 때의 평균 요금.

$\bar{b}_i(s_i)$  : 좌석할당이  $s_i$ 일 때 요금수준  $i$ 에서 예약된 예약수의 기대치.

$\bar{P}_i(s_i)$  : 요금수준  $i$ 에서  $s_i$  이상의 예약요구가 발생할 확률

요금수준  $i$ 의 좌석용량이  $s_i$ 로 할당된 경우 기대수익( $\overline{RV}_i(s_i)$ )은  $f_i \times \bar{b}_i(s_i)$ 가 되고 총 기대수익

( $\overline{RV}$ )은 모든 요금수준의 기대수익의 합으로 나타낸다:  $\overline{RV} = \sum_i \overline{RV}_i(s_i)$ . 따라서, 총 기대수익이 최대가 되도록 각 요금수준별 좌석할당을 결정하여야 하는데, 총 기대수익은 각 요금수준별 기대한계수익(EMR)이 같아지는 점에서 최대가 된다.  $i$  요금수준에 대한 기대한계수익은 다음과 같이 정의된다.

$$EMR_i = \frac{d \overline{RV}_i(s_i)}{ds_i} = f_i \times \bar{P}_i(s_i) \quad (1)$$

특정 요금수준에서 EMR이 높다면, 좌석용량할당의 재조정을 통하여 EMR을 동일하게 함으로써 총수익을 최대화할 수 있게 된다. 따라서, 최적 좌석용량할당에서는 각 요금수준별로 기대한계좌석수익이 동일해야 하고, 두개의 요금수준이 고려되는 경우에는  $f_1 \bar{P}_1(s_1^*) = f_2 \bar{P}_2(s_2^*)$ 의 관계를 갖는  $s_1^*, s_2^*$ 가 최적 좌석용량할당이 된다.<sup>3)</sup>

$$\frac{\bar{P}_1(s_1^*)}{\bar{P}_2(s_2^*)} = \frac{f_2}{f_1} \quad (2)$$

Littlewood는 두개의 요금수준이 고려되는 경우 할인요금의 수요는 할인요금으로 판매할 수 있도록 할당된 좌석수보다 더 많이 발생한다는 가정을 바탕으로 좀더 간단한 최적조건을 제시하였다. 즉, 정상요금의 수요는 할당된 좌석수보다 적게 발생할 수도 있지만, 할인요금에 할당된 좌석수는 수요에 비하여 적게 될 것이라는 가정이다. 따라서, 할인요금에서는 수요가 공급량을 초과할 확률이 1이 되고, 정상요금 수준에서는 수요가 공급보다 부족하여 빈 좌석이 남을 가능성이 있게 된다. 즉,  $\bar{P}_2(s_2) = 1$ ,  $0 \leq \bar{P}_1(s_1) \leq 1$ 의 관계가 성립한다. 결국, 위에 언급된 조건은 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$f_2 \geq \bar{P}_1(s_1) f_1 \quad (3)$$

따라서, 이 조건을 만족시키는  $s_1$ 으로부터 할인

3) 두개의 요금수준이 고려되는 경우 요금수준 1은 정상요금, 요금수준 2는 할인요금을 의미한다.



요금의 예약가능량은  $(C-s_1)$ 으로 결정된다. Littlewood 모형은 TWA에서 1973년에 적용되었고, Lufthansa에서는 Richter에 의해 1982년 확장되어 적용되었다[24].

(2) Richter 모형

낮은 요금수준에 할당된 좌석은 여유가 있으나, 높은 요금수준의 좌석에 여유가 없는 경우에는 최대의 수익을 위해서는 낮은 요금에 할당된 좌석을 높은 요금의 승객을 더 받아들이기 위해 사용할 수 있다. 이것은 높은 수익을 가져오는 수요를 낮은 요금수요로부터 보호하여 수익의 극대화를 피하는 것으로 네스팅(Nesting)이라 한다. Richter는 이 같은 경우를 고려한 좌석용량할당 모형을 제시하였는데, Littlewood 모형에서 고려된 가정하에서 낮은 요금에 할당된 좌석을 높은 요금으로 판매하는 경우의 추가수익( $\Delta R$ )은 다음과 같이 나타내었다.

$$\Delta R = (\text{낮은 요금으로 판매함에 따른 기대수익}) - (\text{높은 요금으로 판매하는 경우의 기대수익})$$

즉,  $\Delta R = f_2 \bar{P}_2(s_2) - f_1 \bar{P}_1(C - s_2 + 1)$ 이 된다. 따라서 추가이익이 0이 되는 점에서 좌석할당이 이루어져야하기 때문에,  $s_2$ 에 대한 최적조건은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{f_2}{f_1} = \bar{P}_1(C - s_2 + 1) \quad (4)$$

Littlewood의 연구와 Richter의 연구는 많은 사람들에 의하여 검증되었다[24].

(3) EMSR 모형

Belobaba[6]는 각 요금수준에 하나의 좌석을 추가로 공급하는 경우에 얻어지는 한계수익의 기대치를 계산하여, 이 한계수익의 기대치가 동일한 수준에서 각 요금수준의 좌석용량을 결정하는 기대한계좌석수익(Expected Marginal Seat Revenue, EMSR) 개념을 제안하였다[6, 8]. EMSR을 적용하기 위한 기본가정은 요금수준별로 발생하는 수요는 독립적이

고, 낮은 요금수준의 수요가 높은 요금수준의 수요보다 먼저발생하며, 요금수준간의 수요의 하향이전은 고려하지 않는 것으로 하였다. 이 밖에, 네스팅도 고려하지 않았고, 예약해지 및 예약부도는 발생하지 않는 것으로 하였으며, 예약거절된 고객은 다른 형태의 예약으로 전환되지 않고 손실되는 것으로 가정하였다.

$X_i$ 를  $i$  요금수준의 수요라 하고,  $f_i$ 를  $i$  요금수준의 요금이라 하자( $f_i > f_{i+1}$ ). Belobaba[6]는 요금수준  $i$ 에 대한 최적 좌석용량할당량  $s_i^*$ 를 다음 관계식을 만족하는 값으로 산출할 수 있음을 제시하였다.

$$f_{i+1} = EMSR_i(s_i^*) = f_i \times \bar{P}_i(s_i^*) \quad (5)$$

식 (5)는  $f_{i+1}$  요금으로부터  $f_i$  요금의 좌석이 최소한  $s_i^*$  만큼은 보호되어야 함을 의미한다. 따라서,  $f_{i+1}$  요금수준에 대한 좌석 예약한계는 (총 좌석용량 -  $s_i^*$ )가 된다. Belobaba는 모든 요금수준에 대하여 식 (5)의 관계식을 적용할 수 있음을 제시하였고, Littlewood의 모형을 일반화하였다[8].

(4)  $EMSR_b$  모형

EMSR모형은 두 요금수준에서는 잘 적용되었으나, 세 개 이상의 요금수준에서는 효과적인 적용이 어려웠다. Belobaba[7]는 이러한 문제점을 보완한 개선된  $EMSR_b$  모형을 제시하였다[7, 8].  $EMSR_b$ 에서는 상위요금 수준의 수요를 하위 요금수준으로부터 보호하기 위하여 상위 요금수준의 모든 수요를 하위 요금수준 좌석용량 설정시 고려하였다. 즉,  $i$  번째 요금수준의 좌석용량을 설정하기 위하여  $i$  번째 이전의 모든 요금수준의 수요와 요금을 평균의 개념으로 고려하여 적용하였다.  $EMSR_b$ 의 절차는 다음과 같다(Pr(.) : (.)의 조건의 발생확률).

Step 1 : 최상위 요금수준 좌석용량(C)와 좌석보호 수준( $s_1^*$ ) 설정

$$f_2 = EMSR_1 = f_1 \bar{P}_1(s_1^*)$$

$$f_2 \text{ 요금수준에 대한 예약한계} = C - s_1^*$$

Step 2 : 2번째 요금수준의 좌석보호수준 ( $s_2^*$ ) 결정

$$\bar{X}_{12} = \bar{X}_1 + \bar{X}_2, \quad \hat{\sigma}_{12} = \sqrt{\hat{\sigma}_1^2 + \hat{\sigma}_2^2},$$

$$f_{12} = \frac{f_1 \bar{X}_1 + f_2 \bar{X}_2}{\bar{X}_{12}},$$

$$\bar{P}_{12}(s_2) = \Pr(X_1 + X_2 \geq s_2)$$

( $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \hat{\sigma}_1^2, \hat{\sigma}_2^2$  : 요금수준  $f_1, f_2$ 의 수요에 대한 평균과 분산)

$$f_3 = EMSR_{12}(s_2^*) = f_{12} \bar{P}_{12}(s_2^*)$$

$$f_3 \text{ 요금수준에 대한 좌석용량 할당} = C - s_2^*$$

Step 3 : 일반요금 수준  $n$

$$\bar{X}_{1n} = \sum_{i=1}^n \bar{X}_i, \quad \hat{\sigma}_{1n} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \hat{\sigma}_i^2},$$

$$f_{1n} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \bar{X}_i}{\bar{X}_{1n}}, \quad \bar{P}_{1n}(s_n) = \Pr\left(\sum_{i=1}^n X_i \geq s_n\right)$$

$$f_{n+1} = EMSR_{1n}(s_n^*) = f_{1n} \bar{P}_{1n}(s_n^*)$$

$$f_{n+1} \text{ 요금수준에 대한 좌석용량 할당} \\ = C - s_n^*$$

EMSR과  $EMSR_b$ 는 요금수준에 따른 수요간의 이동인 수요의 하향이전(Diversion)과 상향이전(요금 Upgrade)을 고려하지 않는 모형이다. 즉, 항공사의 경우 높은 요금으로 좌석을 구입하려는 고객이 낮은 요금의 좌석이 있음을 알고 낮은 가격으로 구매함으로써 발생하는 수요의 하향이전과, 낮은 요금의 좌석을 희망하였으나 이미 낮은 요금의 좌석이 매진된 경우에는 높은 요금의 좌석구입으로 이전하는 수요의 상향이전 현상이 발생한다. 그러나 독립적 수요의 좌석할당 모형에서는 이 같은 수요 특성을 모형에 반영하지 못하였다.

### 3.1.2 종속적 수요의 좌석용량할당 모형

항공사의 운송수요에서는 한 요금수준의 수요가 다른 요금수준의 수요에 영향을 미치는 것이 일반적인 현상으로 볼 수 있다. 즉, 할인요금 수요가 많

아 할인요금의 좌석이 일찍 매진되는 경우에 추가로 발생하는 수요는 정상요금으로만 예약이 가능하게 된다. 따라서 이 경우 정상요금의 수요에 영향을 미치게 되고, 할인요금의 좌석용량의 할당이 할인요금 수요 및 정상요금 수요에 영향을 미칠 수 있다. 요금수준간의 수요에 존재하는 이 같은 종속적 관계는 요금수준간의 수요의 이전으로 나타나게 된다. 또한, 현실적으로 수요의 행태에서 많은 수요의 하향이전이 발생하고 있기 때문에 이를 고려한 새로운 좌석할당 모형이 필요하게 되었다. 수요의 하향이전은 여러 가지 형태로 좌석용량할당 모형에 고려되었다. Pfeifer[29], Belobaba and Weatherford [8], Bodily and Weatherford[11], Brumelle 등[13], Brumelle and McGill[14] 등의 연구에서 취급되었다.

#### (1) 수요의 하향이전

Pfeifer[29]는 수요의 하향이전을 고려하여 요금수준별 좌석용량 할당을 설정하였다. 즉, 단일비행구간에 대하여 두개의 요금수준 ( $f_1 > f_2$ )을 고려하고, 각 요금수준별 수요의 하향이전을 고려한 좌석용량 ( $s_1, s_2$ )를 설정하는 모형을 제시하였다. Pfeifer는 고객을 할인요금 구매자(shopper)와 일반구매자(non-shopper)로 구분하여 분석하였다. 할인요금 구매자는 낮은 요금수준의 좌석만 구입하는 고객을 나타내고, 일반구매자는 낮은 요금수준의 좌석예약을 시도한 후 매진된 경우에 높은 요금수준의 좌석예약을 시도하는 고객을 나타낸다. 즉, 일반구매자에서 수요의 하향이전이 발생하는 것으로 고려하였다. 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  $s_2 + 1$ 번째 이후에 예약하는 일반구매자 수라 하자.  $g$ 를 판매되지 않은 좌석의 단위당 가치라 하고,  $\beta_2$ 와  $\beta_1$ 을 다음과 같이 정의하자.

$\beta_2$  :  $s_2 + 1$ 번째 고객이 할인요금 구매자일 확률,

$p_1$  :  $(C - s_2 - 1)$  즉,  $s_2 + 1$ 번째 이후의 남겨진 좌석이 일반구매자의 수요를 만족시킬 수 있는 확률.

Pfeifer[29]는 할인좌석으로  $s_2$ 를 할당하는 경우와  $(s_2 + 1)$ 을 할당하는 경우를 고려하여, 기대수익의 차이를 분석함으로써 할인좌석에 대한 최적 좌석할당수를 설정하도록 하였다. 즉, 할인좌석을  $s_2$ 로 할당하는 것이  $(s_2 + 1)$ 로 할당하는 것보다 기대이익이 큰 경우  $s_2$ 로 할당하게 된다. 따라서 [그림 4]와 같은 의사결정수(decision tree)를 고려할 수 있다.

의사결정수로부터  $((s_2 + 1)$  경우의 기대수익) - ( $s_2$  경우의 기대수익)  $\leq 0$ 이 만족되는 최대의  $s_2$ 를 구하면, 이것이 할인요금좌석의 최대할당좌석수가 되고 다음과 같이 정리할 수 있다.

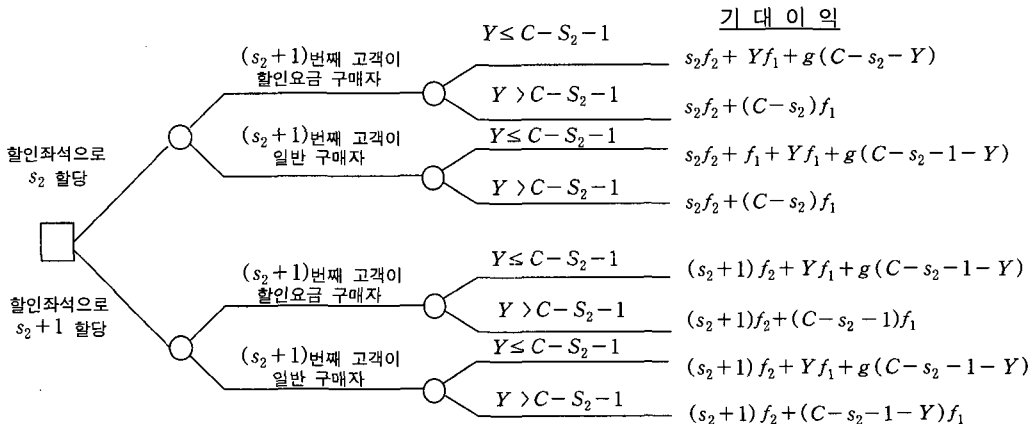
$$\begin{aligned} & \beta_2 \cdot p_1 \cdot (f_2 - g) + \beta_2(1 - p_1) \cdot (f_2 - f_1) + (1 - \beta_2) \cdot \\ & p_1 \cdot (f_2 - f_1) + (1 - p_1)(f_2 - f_1) \\ = & \beta_2 \cdot p_1 \cdot (f_2 - g) - (1 - \beta_2 \cdot p_1)(f_1 - f_2) \leq 0 \quad (6) \end{aligned}$$

따라서  $\beta_2 \cdot p_1 \cdot (f_2 - g) \leq (1 - \beta_2 \cdot p_1)(f_1 - f_2)$ 의 관계로부터 식 (7)의 관계식을 만족하는  $s_2^*$ 가 할인요금의 최적 좌석용량으로 할당된다.

$$\beta_2 \cdot p_1 \leq \frac{f_1 - f_2}{f_1 - g} \quad (7)$$

$f_1, f_2, g$ 가 주어진다면,  $\beta_2, p_1$ 를 예측하여 식 (7)이 만족되는 최대의  $s_2$ 를 찾아야 한다.  $\beta_2$ 은  $(s_2 + 1)$ 번째 소비자가 할인요금 구매자일 확률인데, 출발시점이 가까워지면서(예약수가 커짐에 따라) 할인요금 구매자일 확률은 점차 감소하게 된다.  $p_1$ 는 남겨진 좌석으로 정상요금 수요를 충족시킬 확률로 예약수가 커지면(남겨진 좌석이 적어지면) 정상요금으로 판매될 가능성은 점차 증가한다. 따라서 현재의 예약수준을 고려한  $\beta_2, p_1$ 의 적절한 예측을 통하여  $s_2$ 의 최적값을 결정해야 한다.

Brumelle 등[13]은 요금수준간의 수요가 상호 종속적인 특성을 갖는 경우에 대하여 연구하였다. 요금수준간의 수요가 독립적이라는 가정은 문제를 단순화 할 수는 있지만, 현실적인 수요특성을 반영하기는 미흡하기 때문이다. 즉, 할인좌석의 여유가 많이 남아 있는 경우와 매진된 경우의 정상요금 수요의 발생 확률이 다르기 때문이다. 따라서 Brumelle 등[13]은 Littlewood 모형을 기본으로 하여, 두가지 요금수요에 대한 종속적 수요관계를 고려한 예약좌석용량할당 모형을 제시하였다. 즉, 정상요금의 수요가 할인요금의 예약한계에 영향을 받는 것으로 가정한 모형을 연구하였다.



[그림 4] 의사결정수

$X_1, X_2$ 를 정상요금과 할인요금의 수요라 하고,  $\rho_1, \rho_2$ 을 정상요금과 할인요금의 평균수익이라 하자. 정상요금의 수요  $X_1$ 는 할인요금의 좌석용량 할당( $s_2$ )에 따라 변동될 수 있다. 즉,  $s_2$  만큼의 할인요금 좌석 예약이 발생한 경우, 추가로 정상요금 수요  $X_1$ 가 발생할 수 있는 확률은  $s_2$ 에 종속적으로 주어진다:  $\Pr(X_1 > C - s_2 | X_2 \geq s_2)$ . 할인요금 좌석으로  $s_2$  만큼 예약된 상태에서 추가로 할인요금의 예약을 허용하는 경우에 얻어지는 기대수익은  $\text{Min}\{X_2, s_2 \rho_2\}$ 가 된다.  $F(s_2)$ 를 할인요금 좌석으로  $s_2$  만큼 설정된 이후에 할인요금 좌석이 매진된 상태에서 남아 있는 좌석수라 정의하자.

$$F(s_2) = C - \text{Min}\{s_2, X_2\}$$

정상요금수요  $X_1$ 에 하나의 추가수요가 더 발생한 경우를 가정하자. 이때 정상요금수요의 분포는  $s_2$ 의 규모에 종속적으로 나타날 것이다. 즉, 할인좌석의 매진으로 할인좌석 예약이 거절되면 일부 수요가 정상요금으로 구매전환이 일어날 것이기 때문이다.  $X_1(s_2)$ 를 할인좌석한계를  $s_2$ 로 한 경우의 정상요금 수요라 하자.  $X_1(s_2)$ 수요를 받아들이면 추가적인 수익은  $\rho_1 \text{Min}\{X_1(s_2), F(s_2)\}$ 가 된다. 이때, 정상요금 수요에 대한 예약을 좌석의 부족으로 거절할 경우에는 고객으로부터 얻을 수 있는 수익을 잃게 될 뿐만 아니라, 부정적인 인식을 갖게 할 수도 있다. 따라서, 이 같은 경우를 보상비용(Goodwill Cost 또는 Penalty)으로 고려하고 이를  $\rho_C$ 라 하자. 할인좌석으로  $s_2$ 가 설정된 경우에 얻을 수 있는 총수익( $R(s_2)$ )은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} R(s_2) = & \rho_2 \text{Min}\{X_2, s_2\} + \rho_1 \text{Min}\{X_1(s_2), F(s_2)\} \\ & - \rho_C \text{Max}\{0, X_1(s_2) - F(s_2)\}, \quad (8) \\ & 0 \leq s_2 \leq C. \end{aligned}$$

결국 요금수준간의 종속적인 관계를 고려하는 경우는  $R(s_2)$ 를 최대화하는  $s_2$ 를 정하는 문제가 된다.

( $s_2-1$ )개의 할인요금 좌석이 예약되어 있고, 추가로 새로운 할인요금 수요의 예약이 발생한 경우를 고려하자. 즉,  $X_2 \geq s_2$ . 할인좌석의 예약을 ( $s_2-1$ )에서 마감하는 경우의 기대이익은  $E[R(s_2-1) | X_2 \geq s_2]$ 이 된다. 반면에 추가적으로 할인예약을 허용하는 경우에는 기대수익이  $E[R(s_2) | X_2 \geq s_2]$ 가 된다. 따라서 추가 할인예약을 허용함으로써 얻어지는 추가 기대수익( $G(s_2)$ )은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} G(s_2) = & E[R(s_2) | X_2 \geq s_2] - E[R(s_2-1) | X_2 \geq s_2] \\ = & \rho_2 + \rho_1 E[\text{Min}\{X_1(s_2), (C-s_2) \\ & - \text{Min}\{X_1(s_2-1), (C-s_2+1)\} | X_2 \geq s_2\}] \\ & + \rho_C E[\text{Max}\{0, X_1(s_2) - (C-s_2)\} \\ & - \text{Max}\{0, X_1(s_2-1) - (C-s_2+1)\} | X_2 \geq s_2] \\ & (\Pr(X_2 \geq s_2) > 0) \quad (9) \end{aligned}$$

추가 기대수익  $G(s_2)$ 는  $s_2$ 에 대하여 단조함수(monotone)의 특성을 가질 수 있기 때문에  $G(s_2)$ 가 양수 값을 갖는 범위까지는  $s_2$ 를 증가시킬 수 있다. 만일  $X_2 < s_2$ 이면,  $G(s_2)$ 는 정의되지 않고, 예약허용여부 또한 제기되지 않는다. 따라서 할인요금 좌석에 대한 최적 예약한계( $s_2^*$ )는 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} s_2^* = & \text{Max}\{s_2 \geq 0 : G(s_2) > 0\} \\ = & \text{Max}\{0 \leq s_2 \leq C : \Pr(X_1 > C - s_2 | X_2 \geq s_2) \\ & < \frac{\rho_2}{\rho_1 + \rho_C}\} \quad (10) \end{aligned}$$

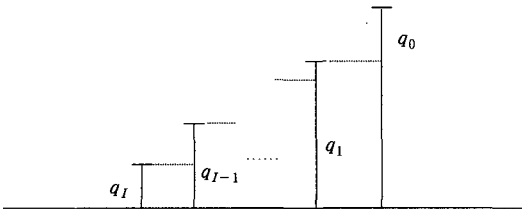
Brumelle 등[13]이 제안한 좌석용량할당 모형은 정상요금 수요와 할인요금 수요가 상호 독립적이고, 기회 손실비용(Goodwill Cost 등)을 고려하지 않는 경우에는 Littlewood의 모형과 동일하게 나타난다.

Bodily와 Weatherford[11]는 항공사의 좌석 뿐만 아니라 소멸성 자산의 특성이 있는 모든 상품에 적용할 수 있는 요금 수준별 좌석용량할당 문제를 연구하였다. Bodily와 Weatherford[11]도 Pfeifer[29]와 같이 할인요금 수요와 정상요금 수요의 종속적

인 관계를 수요의 하향이전으로 고려하였다.

- $f_i$ :  $i$ 번째 요금수준의 가격,
- $c_i$ :  $i$ 번째 요금수준의 비용,
- $R_i$ :  $i$ 번째 요금수준의 공헌이익 ( $f_i - c_i$ ), ( $R_0 > R_1 > \dots > R_I$ ),
- $R_0$ : 정상요금의 공헌이익,
- $q_i$ :  $f_i$  가격으로 이용가능한 좌석수(네스팅이 고려된 좌석수),
- $\beta_i$ : 다음번 고객이 요금수준  $i$ 의 예약을 요청할 확률,
- $X_i$ : 요금수준  $i$ 의 수요,
- $Y_i$ : 요금수준  $i$ 보다 같거나 높은 요금수준의 모든 수요 ( $Y_i = \sum_{k=0}^i X_k$ ),
- $p_i$ : 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.



[그림 5] 네스팅을 고려한 요금수준별 좌석용량 할당

Bodily and Weatherford[11]는 이 같은 수요의 하향이전 문제를 고려하는 경우의 2가지 요금수준에 대하여 살펴본 결과 (11)을 만족하는 최대의  $q_1$  값을 얻을 수 있음을 알게 되었고, 이 결과는 Pfeifer [29]의 결과에서 남아있는 좌석에 대한 가치를 0으

로 한 경우( $g=0$ 와 같음)를 알 수 있다.

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

$$(p_0 = \Pr(Y_0 < q_0 - (q_1 + 1))) \quad (11)$$

이 같은 접근법을  $n$ 개의 요금수준으로 확장하여 의사결정수(decision tree)를 구하여 분석한 결과 다음과 같은 좌석용량할당 모형의 일반식을 제시하였다.

$$q_i = \max\{q | \beta_i p_{i-1} \leq \frac{R_{i-1} - R_i}{R_{i-1}}\}, \quad (12)$$

$$q_{i+1} = \max\{q | (\frac{\beta_i}{\beta_i + \beta_{i-1} + \dots + \beta_0}) p_{i-1} \leq \frac{R_{i-1} - R_i}{R_{i-1}}\} \quad (13)$$

(2) 수요의 상향이전

Brumelle 등[13]은 할인요금의 좌석이 매진된 경우에 정상요금 좌석으로 구매가 이동(수요의 상향이전)하는 경우에는 할인요금 수요에서 정상요금수 수요의 상향이전 될 확률  $\gamma$ 을 고려하여 할인요금 좌석용량을 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( $X_1(s_2)$ )는 다음과 같이 표현된다.

$$X_1(s_2) = X_1 + \sum_{i=s_2+1}^{X_2} D_i \quad (11)$$

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

$$\rho_2 > \gamma \rho_1 + (1 - \gamma) \Pr(X_1(s_2) > C - s_2 | X_2 \geq s_2) \rho_1 \quad (12)$$

Belobaba and Weatherford[8]는 기존의 EMSR, 모형에 수요의 상향이전을 고려한 결합모형(Com-

bined Model)을 제안하였고,<sup>4)</sup> 요금수준간의 수요이 동시에 인접된 요금수준간에만 수요의 이동이 있는 것으로 가정하였다. 특히, Bodily and Weatherford [11]의 개념을 EMSR<sub>b</sub> 모형에 접목하여 수요의 상향이전을 고려한 좌석용량할당 모형을 제시하였다. 즉,  $n$  번째 요금수준의 공현이익  $R_n$ 에서 보호 받아야 할 최소한의 좌석수준을  $s_n^*$ 라 하면,  $s_n^*$ 은 다음관계식을 만족하는 값으로 결정된다.

$$\bar{P}_n(s_n^*) = \frac{R_{n+1} - R_{1n}(SU_{n+1,n})}{R_{1n}(1 - SU_{n+1,n})}, \quad (16)$$

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

식 (16)을 만족하는  $s_n^*$ 가  $R_n$  요금수준에서 보호 받아야 할 최소한의 좌석수입으로,  $R_{n+1}$  요금수준의 예약한계는  $(C - s_n^*)$ 가 된다.

(3) 수요의 상향-하향이전

요금수준간의 수요이동은 수요의 하향이전과 수요의 상향이전 형태로 나타난다. 그러나, 기존의 연구에서는 이 두 가지 수요이전 현상을 각각 개별적으로 고려되어 왔다. 그러나, 이 두 수요이전 현상은 개별적으로 발생하는 것 보다는 복합적으로 발생하는 것이 일반적이다. 즉, 할인요금 상품이 있는 경우에는 정상요금으로 구매하려는 고객도 할인요금으로 구매하지만, 할인요금 상품이 매진 된 경우에는 일부의 고객이 정상요금으로 상품을 구매하려 할 것이기 때문이다. 즉, 수요의 하향이전과 수요의 상향이전이 동시에 발생하는 것이 일반적이다. 따라서, 수요의 하향이전과 수요의 상향이전을 동시에 고려한 경우, 최대의 기대수익이 얻어지는 각 요금상품별 좌석용량 할당을 위한 수익경영 모형을 제시되었다[4].

4) 일반적으로 Diversion을 수요의 하향이전으로 정의 하는데[28] 비하여, Belobaba and Weatherford[8]는 Diversion을 수요의 상향이전으로 정의하여 연구하였다.

수요의 상향이전과 수요의 하향이전이 동시에 고려된 좌석용량 할당 모형을 개발하기 위하여 다음과 같은 가정을 고려한다.

- 동일한 상품에 대하여 1개의 요금상품이 제공된다.
- 상위 요금상품에 대한 수요도 하위 요금상품이 남아 있는 경우에는 하위 요금상품을 구매한다. (수요의 하향이전)
- 하위 요금상품이 매진 된 경우에는 하위 요금상품 수요 중 일정비율은 상위 요금상품을 구매한다. (수요의 상향이전)
- 요금별 상품에 대한 수요는 무작위로 발생한다. 즉, 전통적으로 고려되던 할인 요금상품의 수요가 정상 요금상품의 수요보다 먼저 발생한다는 가정을 적용하지 않는다.
- 그룹 수요는 고려하지 않고, 개별 수요만 고려한다.
- 회원기반의 상품이므로 예약부도는 고려하지 않고, 해지도 고려하지 않는다. 따라서 초과예약한계도 고려하지 않는다.
- 정상 요금 수준의 수요를 보호하기 위하여 보호네스팅(Protective Nesting)<sup>5)</sup>을 가정한다.

이 같은 가정 하에서 다음과 같은 기호와 변수를 정의하자.

- $R_i$ : 요금수준이  $i$ 일 때, 얻어지는 평균 기대수익.  
( $R_i < R_{i-1}, i = 0, 1, \dots, |I|$ )
- $\beta_i$ : 요금수준  $i$ 의 상품에 대한 수요가 발생할 확률.
- $\alpha_{ij}$ : 요금수준  $i$ 의 상품 구매수요가 요금수준  $j$ 의 상품을 구매할 확률( $R_i < R_j$ ).

5) 할인요금 상품은 할인요금으로 할당된 용량까지만 판매하도록 하고, 정상요금 상품은 정상요금 이하에 할당된 판매허용량 까지도 판매할 수 있도록 하는 방식. 즉, 정상요금 상품의 최소한의 판매가능량은 항상 확보되고 그 이상 판매할 수 있도록 하는데 비하여, 할인요금 상품의 경우는 최대 판매허용량을 결정해도 정상요금 상품의 수요가 있는 경우는 언제라도 정상요금 상품수요를 위해 할인요금 판매 허용량을 축소할 수 있도록 하는 방식.

윤-이[4]의 모형에서는 Pfeifer[29]의 의사결정수 방법을 적용하여 복수 요금수준에서의 좌석용량할당 모형을 제시하였다. 따라서 요금수준  $i$ 의 최대 판매허용량( $a_i^*$ )의 결정은 다음과 같은 일반적인 조건을 만족하는 최대  $a_i$ 값으로 결정된다.

$$\frac{(R_{i-1} - R_i)}{R_{i-1}} \leq \left( \frac{\beta_i}{\beta_i + \beta_{i-1} + \dots + \beta_0} \right) \cdot (1 - \alpha_{i(i-1)}) \cdot p_{i-1}, \quad i=1, 2, \dots, I \quad (17)$$

식 (17)에서 수요의 상향이전이 없는 경우 ( $\alpha_{i(i-1)}=0$ )는 Bodily and Weatherford[11]에서와 동일한 결과가 됨을 알 수 있다. 따라서, 현실적으로 각 요금수준별로 발생하는 수요가 수요의 하향이전이 일어남과 동시에 원하는 요금의 상품이 매진된 경우는, 그 요금보다 좀더 비싼 요금으로라도 상품을 구매하려는 수요가 존재하기 때문에 수요의 하향이전과 수요의 상향이전은 동시에 고려하는 것이 중요하다.

### 3.2 동태적 좌석용량할당 모형

수요변동에 따라 예약한계를 조정하고, 예약요구가 발생한 경우 예약의 승낙 또는 거절을 결정하는 예약통제에 활용하기 위하여 동태적 좌석할당 모형이 사용된다. 동적인 연구로는 [1, 15, 27, 36, 41]의 연구가 진행되어 왔다. 본 절에서는 동태적 좌석할당 모형 중 최근의 연구인 Subramanian 등[36]의 연구를 중심으로 살펴보고자 한다. Subramanian 등[36]의 연구는 수요의 변동에 따라 요금수준별 좌석용량 할당을 조정함으로써 최대의 수익을 얻기 위한 것으로, 예약 후 해지, 예약부도, 초과예약 등을 종합적으로 고려한 연구이다. 특히, 요금수준간의 수요의 독립성과 종속성을 모형에서 고려하였고, 그룹 수요도 고려한 동적 좌석용량 할당 모형을 연구하였다. Subramanian 등[36]의 연구는 항공사를 연구대상으로 한 연구지만, 인터넷 접속사업이나 기타 서비스 산업으로 효과적으로 확장될 수 있음을 보이고 있다[1, 2].

Subramanian 등[36]의 연구에서는 낮은 요금 수준의 수요가 높은 요금수준의 수요보다 시간적으로 먼저 발생하기 때문에, 낮은 요금수준의 판매가 먼저 마감된다는 가정을 사용하지 않고 있다. 즉, 모든 요금수준의 수요는 주어진 환경에 따라 확률적으로 발생할 수 있고, 이 확률 값들도 시간의 변화에 따라 변화될 수 있음을 고려하였다. 따라서 동일한 요금수준의 수요가 발생할 확률이 시간적으로 서로 다르게 될 수 있음을 고려하였다. 따라서 이같은 확률값의 변화를 고려하여 서비스가 제공되는 시점까지의 기대이익이 최대가 될 수 있는 좌석용량할당 모형을 마코프 의사결정과정모형(Markov Decision Process Model)을 이용하여 제시하였다.

좌석용량할당을 위한 효과적인 모형을 수립하기 위하여 Subramanian 등[36]의 마코프 의사결정과정모형에서는 다음과 같은 가정을 설정하였다.

- 어떤 시점에서든  $i$  요금수준의 신규수요 요구,  $i$  요금수준의 해지 또는 아무런 상황도 발생하지 않는 것 중에서 단지 하나만 발생하게 된다.
- 해지와 예약부도는 각 요금수준의 예약수에 영향 받지 않는다.
- 각 요금수준의 수요는 상호 독립적으로 발생한다.

모형의 설명을 위하여 다음과 같은 기호를 정의한다.

- $m$  : 요금수준,
- $N$  : 의사결정 단계(기간) ( $n=N, N-1, \dots, 1, 0$ (서비스 제공시점)),
- $r_{in}$  :  $n$ 시점에  $i$ 요금수준의 신규수요 예약을 허용하는 경우의 기대수익,
- $C$  : 서비스 제공가능한 용량,
- $x$  : 예약 수,
- $\tau$  : 예약 후 이용하지 않는 예약부도율(no-show rate),

$Y(x)$  : 서비스 제공시점에 서비스 제공을 받고자 하는 고객 수,

$y$  : 서비스 제공시점에서의 고객수 ( $y=Y(x)$ , 서비스 제공시점),

$\delta(y)$  : 초과예약에 따른 보상금,

$\theta_{in}$  :  $n$ 시점에  $i$ 요금수준의 신규수요가 발생할 확률,

$\phi_{in}(x)$  :  $n$ 시점에 예약수가  $x$ 일 때  $i$ 요금수준의 해약이 발생할 확률,

$\theta_{0n}(x)$  :  $n$ 시점에 예약수가  $x$ 일 때 아무런 상황도 발생하지 않을 확률.

확률의 정의에 의하여 모든 시점에서 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$\sum_{i=1}^m (\theta_{in} + \phi_{in}(x)) + \theta_{0n}(x) = 1, \quad \forall x, n. \quad (18)$$

$x - Y(x)$ 는 예약부도 수를 나타내고,  $Y(x)$ 는 이항분포( $Bin(x, 1 - \tau)$ )를 갖는다. 또한, 초과예약에 대한 보상금은 초과예약 수가 커질수록 점차 커지는 특성이 있으므로,  $y \geq C$ 인 경우에는 비음-비감소 함수(non-negative and non-decreasing)가 되고,  $y \leq C$ 인 경우에는 0이 된다. 이 같은 특성과 수식을 이용하여 동태적 좌석용량할당 문제는  $N$ 시점부터 0시점까지 총 기대이익이 최대가 되도록 각 요금수준별 좌석용량을 최적으로 할당하고, 시간의 변화에 따른 수요변동을 고려하여 좌석용량할당을 적절히 조절할 수 있다.  $N$ 시점의 예약수는 0이 된다.

$U_n(x)$ 를  $n$ 시점부터 0까지의 기대이익의 합이라 하면, 다음과 같은 순환방정식으로 표현할 수 있다.

$$U_n(x) = \sum_{i=1}^m [\theta_{in} \max\{r_{in} + U_{n-1}(x+1), U_{n-1}(x)\} + \phi_{in}(x) U_{n-1}(x-1)] + \theta_{0n}(x) U_{n-1}(x),$$

$$0 \leq x \leq N-n, n \geq 1 \quad (19)$$

$$U_0(x) = E[-\delta(Y(x))], 0 \leq x \leq N$$

$$Y(x) \sim Bin(x, 1 - \tau) \quad (20)$$

즉,  $n$ 시점에서 발생할 수 있는 각 상황의 발생확

률과 각 상황의 발생에 따른 기대수익의 관계로부터  $n$ 시점의 기대수익을 구할 수 있다. 여기서  $n$ 시점의 신규수요가 발생하는 경우, 즉시 이를 수용하는 경우와 기각하여 이를 다음기간에 발생하게 될 높은 요금수준의 수요를 위해 사용하는 경우의 기대값을 비교할 필요가 있다. 따라서, 다음 조건에 따라 요금수준  $i$ 일 경우의 예약 허용여부를 결정하게 된다.

$U_n(x) - U_n(x+1) < r_{in}$ 이면  $i$ 요금 수준의 예약을 허용

$U_n(x) - U_n(x+1) > r_{in}$ 이면  $i$ 요금 수준의 예약을 기각

결국, 이 조건이 각 단계별 요금수준에 대한 수요 관리 기준으로 활용되게 된다. 이의 적용을 보다 쉽게 하기 위하여 각 요금 수준별로 위의 예약허용 조건을 이용하여 예약한계를 설정하여 운영할 수 있다. 예약한계는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$b_{in}$  :  $n$ 시점의  $i$ 요금수준의 예약한계

$$b_{in} = \min\{x : U_{n-1}(x) - U_{n-1}(x+1) > r_{in}\}$$

따라서, 현재 예약 수( $x$ )가  $b_{in}$ 이하이면, 해당 예약요구를 승낙하는 것이 기대이익을 최대화 할 수 있다.

Subramanian 등[36]은 이 같은 연구를 보다 일반적인 조건에서 적용할 수 있는 모형으로 확장하였으나, 현실적인 적용상의 어려움으로 실증적인 접근은 제시하지 못하였다. 그러나, 본 절에서 제시된 모형에서 가정한 해지 및 예약부도율이 요금수준에 대해 독립적이라는 가정이 다소 비현실적임에도 불구하고 현실에 대한 적응성이 높기 때문에 활용성이 높은 것으로 판단하고 있다.

기존의 정태적 연구에서는 수요의 이전(수요의 하향이전/수요의 상향이전)은 고려되었으나, 해지, 예약부도, 초과예약한계 등은 효과적으로 고려되지 못하였다. 또한, 동태적 모형에서도 수요간의 이전을 효과적으로 고려하지 못하고 있다. 따라서, 기존



의 연구에서 제기되고 있는 이 같은 문제점을 해결하기 위한 통합된 모형의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 확률적 동적계획모형을 이용하여 동태적 좌석할당을 위해 초과예약, 해지 및 예약부도 뿐만 아니라 수요의 하향이전까지도 종합적으로 고려한 요금수준별 좌석용량할당 모형을 제시한다. 고려대상은 두 요금수준( $f_1, f_2$ )으로 제한하고, 보호네스팅을 가정하여 모형을 제시하고자 한다. 모형에 사용한 기호는 Subramanian 등[36]의 연구에 기반하여 정의하였다.

- $X_n$  :  $n$  시점의 예약수요,
- $f_1, f_2$  : 정상요금과 할인요금( $f_1 > f_2$ ),
- $\nu$  : 초과예약한계,
- $a_n$  :  $n$  시점 할인요금 좌석 허용량,
- $g_{in}$  :  $n$  시점에  $i$  요금수준의 해지에 따른 환불( $g_{in} \leq f_i, i=1, 2$ ),
- $U_n(X_n|a_n)$  :  $n$  시점 할인요금 좌석수를  $a_n$ 으로 정한 경우 예약이  $X_n$ 일 때  $n$  시점부터  $n=0$ 시점까지 발생하는 총기대이익,
- $U_n(X_n)$  :  $n$  시점 예약이  $X_n$ 일 때  $n$  시점부터  $n=0$ 시점까지 발생하는 최대 기대이익 (이 값을 결정하는 할인요금 좌석수를  $a_n^*(X_n)$ 으로 결정함).

$$U_n(X_n) = \text{Max}\{U_n(X_n|a_n), 0 \leq a_n < C\} \quad (21)$$

수요의 하향이전을 고려하기 위하여 예약수요가 Pfeifer[29]와 같이 할인요금구매자와 일반구매자로 구분하였고, 할인요금 좌석이 남아 있으면 수요의 특성에 관계없이 모두 할인요금의 좌석을 공급하며 정상요금 예약에 대하여는 좌석 여유가 있는 한 모두 승낙하는 것으로 가정하였다.

$n$  시점에 발생가능한 상황은 각 요금수준으로 예약이 발생하거나, 각 요금수준으로 해약이 발생하거나, 또는 아무런 사건도 발생하지 않는 상황이 될 것이며, 이 중 하나는 분명히 발생하게 된다. 할인요금구매자의 수요가 발생하는 경우는 할인요금 좌

석이 있는 경우, 할인좌석은 없으나 정상요금 좌석은 남아 있는 경우, 정상요금 좌석도 없는 경우로 구분할 수 있고, 각 상황에 따라 예약요구의 승낙 여부가 다르게 결정된다. 예약부도를 고려하여 초과예약한계( $\nu$ )를 거러하면  $n$  시점의 최대 예약한계는  $(C + \nu)$ 가 된다. 현재의 예약이  $X_n$ 이고, 할인요금의 좌석허용량이  $a_n$ 으로 주어진 경우 할인요금구매자의 예약에 대한 기대이익  $f_n^1(X_n|a_n)$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_n^1(X_n|a_n) = \begin{cases} r_2 + U_{n-1}(X_n+1) & X_n < a_n \\ r_1 + U_{n-1}(X_n+1) & a_n \leq X_n < C + \nu \\ U_{n-1}(X_n) & X_n \geq C + \nu \end{cases} \quad (22)$$

일반구매자의 예약이 발생하는 경우의 기대이익  $f_n^2(X_n|a_n)$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_n^2(X_n|a_n) = \begin{cases} r_2 + U_{n-1}(X_n+1) & X_n < a_n \\ U_{n-1}(X_n) & X_n \geq a_n \end{cases} \quad (23)$$

따라서  $n$  시점에 예약이  $X_n$ 으로 주어진 경우, 0 시점까지의 총 기대이익은 다음과 같이 나타내 진다.

$$U_n(X_n|a_n) = \sum_{i=1}^2 \{\theta_{in} f_n^i(X_n|a_n) + \phi_{in}[-g_{in} + U_{n-1}(X_n-1)]\} + \theta_{0n} U_{n-1}(X_n) \quad (24)$$

$$U_n(X_n) = \text{Max}\{U_n(X_n|a_n), 0 \leq a_n < C\} \quad (25)$$

$n=0$  시점에서는 예약부도와 탑승거절이 발생할 수 있고, 이를 고려하여  $U_0(X_0)$ 값을 정의하여야 한다.  $n=0$  시점의 예약부도율을  $\tau$ 라 하고, 예약수를  $X_0$ 라 하면, 실제 탑승객수( $x$ )는 이항분포( $\text{Bin}(X_0, (1-\tau))$ )를 갖는다.  $\delta(y)$ 를 탑승객수에 따른 보상비용이라 하면,  $U_0(X_0)$ 는 다음과 같이 나타내 진다:  $U_0(X_0) = E[-\delta(y)]$ . 따라서 초기값  $U_0(X_0)$ 와 순환관계식 (24)와 식 (25)를 만족시키는 최적의  $a_n$ 값이  $n$  시점의 할인요금 좌석할당량  $a_n^*(X_n)$ 가 된다.

### 3.3 초과예약(Overbooking) 모형

예약부도(no-show), 해지의 발생 가능성 때문에 항공사에서는 공급할 수 있는 좌석수보다 많은 초과예약을 받게 된다. 초과예약을 고려할 때는 항공기 출발시점에서 발생하는 빈 좌석으로부터의 손실과, 항공기 출발시점에 좌석을 공급할 수 없으므로 인한 탑승거절에 따른 보상을 동시에 고려해야 한다. 탑승거절에 따른 보상은 보상비용의 지출에 따른 손실 보다는 고객의 지불의사(Goodwill) 손실로부터 발생하는 비용까지도 포함하여야 한다.

일반적으로 초과예약의 개념은 전통적인 신문판매원(newsboy) 문제로부터 출발할 수 있다[31, 38]. 즉, 당일 판매를 위해 구입한 신문이 당일로 모두 판매되지 않으면 남겨진 신문은 모두 손실로 처리된다. 또한, 실제 판매할 수 있는 양 보다 적게 구입한 경우에는 추가로 판매하여 얻을 수 있는 기대이익을 잃게 된다. 신문판매원 문제는 초과구입에 따른 기대손실과 구입량 부족에 따른 기대이익 손실의 정도를 비교하여 적정구매량을 결정하는 문제이다. 이 같은 신문 판매원 문제의 개념을 초과예약문제에 적용할 수 있다.  $Y$ 가 예약부도 승객수라 하고,  $F(Y)$ 를 예약부도의 확률분포함수라 하자.  $\nu$ 가 초과예약한계라면, 실제 고객으로부터 받아들일 수 있는 예약한계는  $C + \nu$ 가 된다. 만일 출발시점에 빈 좌석으로 출발하는 경우에는 최소한 할인요금만큼의 기대이익의 손실이 발생한다. 따라서, 빈 좌석에 대한 기대손실은  $\rho_2$ 라 정할 수 있다. 또한, 좌석 부족으로 탑승거절이 발생하는 경우에 지불해야 할 보상비용을  $\rho_G$ 라 하자. 초과예약한계는 빈 좌석에서 발생하는 기대수익 손실과 탑승거절로 발생하는 보상비용의 합이 최소가 되도록 결정되어야 한다. 출발시점에는 다음과 같은 두 가지 상황이 발생하게 된다.

$\nu < T$ : 예약부도가 예약한계보다 많아  $(Y - \nu)$ 만큼 빈 좌석이 발생함. 이때의 기대수익 손실은  $(Y - \nu)\rho P_r(\nu < Y)$ .

$\nu > T$ : 예약부도가 예약한계보다 적어  $(\nu - Y)$ 만큼의 탑승거절이 발생함. 이때의 기대비용은  $(\nu - Y)/\rho P_r(\nu < Y)$ .

총비용  $T$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T = (Y - \nu)\rho_2(1 - F(\nu)) - (Y - \nu)\rho_G F(\nu). \quad (26)$$

따라서, 총비용이 0 또는 음수값인 경우에 기대손실이 최소가 되므로,  $T \leq 0$ 인 다음조건을 만족하는 최소한의  $\nu^*$ 값을 결정한다.

$$F(\nu^*) \geq \frac{\rho_2}{\rho_2 + \rho_G}. \quad (27)$$

이렇게 결정된  $\nu^*$ 값을 이용하여  $C + \nu^*$ 를 총 예약한계로 설정하고, 이를 기준으로 각 요금수준의 예약한계를 결정한다.

이 같은 기본적인 모형 외에도 초과예약에 대하여는 많은 연구가 진행되어 왔다[5, 9, 13, 17, 20, 33]. Alstrup[5]은 정상요금과 할인요금에 대하여 수요의 하향이전을 허용하지 않는 경우에 대한 초과예약한계 설정문제를 마코프 의사결정과정(Markov Decision Process)으로 정의하여 연구하였다. Brumelle 등[13]은 예약고객의 탑승확률 뿐만 아니라, 예약확정고객의 탑승거절에 따른 보상비용을 고려하여 초과예약한계 문제를 접근하였다.

## 4. 결 론

수익경영은 수요 및 공급관리를 통하여 소멸성 자산의 특성을 갖는 많은 서비스 산업에서 효과적으로 활용되고 있다. 특히, 항공운송산업을 중심으로 많은 효과를 나타내고 있으며, 점차 적용범위가 인터넷, 유통, 광고산업 등으로 확장되고 있다. 본 연구에서는 항공사의 수익경영 문제에 적용되는 좌석용량 할당 모형에 대하여 기존의 대표적인 연구를 중심으로 분석하였고, 일부의 초과예약 모형에 대해 소개하였다.

수익경영을 위한 최적화 모형연구는 많은 연구에

도 불구하고 고려되어야 할 다양한 특성들 때문에 지속적인 연구가 요구되는 분야이다. 본 연구에서 살펴본 좌석용량할당 연구의 경우에도 단체고객을 고려하는 경우 또는 수요의 이전이나 취소, 환불, 예약부도 등의 고려 여부에 따라 새로운 모형이 요구되고 있다. 그러나, 이 같은 새로운 모형은 대부분 복잡한 수리모형과 해법개발을 요구하고 있어 현실적인 적용에 어려움을 갖고 있다. 또한, 대부분의 기존연구에서 다룬 모형이 단일 비행구간을 대상으로 하고 있으나, 현실적으로는 복수 비행구간을 대상으로 한 좌석용량 할당을 더 필요로 하고 있다. 따라서 현실적으로 적용될 수 있는 보다 다양한 수익경영 모형이 지속적으로 연구되어야 하고, 본 연구에서 살펴본 여러 연구모형의 장단점을 분석하여 새로운 모형개발에 참고하여야 할 것이다.

본 연구에서는 수익경영 모형에 대한 기존의 주요연구를 모형 중심으로 소개하여 수익경영 모형 연구의 전반적인 동향과 체계를 파악할 수 있도록 하였다. 아울러, 기존 연구에서 고려하지 못했던 수요의 상향-하향 이전문제, 동태적 의사결정에서의 수요의 하향이전 문제 등에 대한 새로운 좌석용량 할당 모형을 제시하였다. <표 4>에서 살펴 볼 수 있는 바와 같이, 정태적 의사결정 모형의 경우는 예약의 취소나 환불에 대해 고려된 연구가 아직 이루어지고 있지 않다. 이 같은 이유는 예약취소 수요와 환불수요의 특성을 파악하기 어렵고, 이를 예약수요와 동시에 하나의 모형에서 고려하는 것이 용이하지 않기 때문인 것으로 볼 수 있다. 또한, 동태적 의사결정 모형의 경우에도 수요의 상향이전에 대한 고려가 아직까지 이루어지고 있지 않은 등 수익경영 문제에 대한 많은 연구과제가 산재되어 있다.

좌석용량할당 문제와 초과예약 한계 설정문제는 수익경영 문제의 일부분에 속할 뿐이다. 최근의 연구동향의 하나는 요금수준 결정과 좌석용량할당을 동시에 고려하는 PRM(Pricing & Revenue Management) 모형에 대한 연구와, 전자상거래와의 연계된 수익경영 모형(EC & RM)에 대한 연구 등 수익경영과 연관된 분야와의 통합모형에 대한 연구가

활발히 제기되고 있다. 따라서, 본 연구는 기존의 연구동향과 체계를 분석함으로써 현실적으로 요구되지만 아직 연구되지 못한 분야를 발굴함과 동시에 수익경영과 연계된 새로운 모형의 개발을 위한 기반을 제공해 줄 수 있다.

수익경영의 개념은 항공사의 마케팅 활동을 지원하는 범위를 뛰어넘어 항공화물 및 글로벌 제휴(Global Alliances) 분야 등 다양한 분야로 확장되고 있다. 항공분야 이외의 분야로는 공항관리, 관광산업, 정보통신, 이벤트산업 등으로 적용범위를 넓히고 있고 특히 e-비즈니스 분야에서의 중요성이 부각되고 있다[12]. 제휴사간 수익경영문제(Alliance Revenue Management Problem)는 제휴 파트너들의 수익의 조합을 최대화하는 것이고, 어떻게 이 수익을 공유할 것인가 하는 것이다. 수익공유(Revenue Sharing)는 공동운항에 대한 '공정한' 배분계약으로 이루어지도록 하고 있지만, 효과적인 '공정한' 방법이 아직 개발되어 있지 않다. 따라서, 제휴사간의 수익경영문제는 계속적으로 연구되는 분야이다 [24].

수익경영의 개념은 컴퓨터의 처리능력 발전과 데이터베이스의 구축 등으로 실제로 항공운송산업에서 큰 성과를 보여 왔고, 다양한 서비스 산업으로 적용분야를 넓히고 있다. 국내 항공업계에서도 수익경영시스템이 부분적으로 도입되고 있으나, 아직까지 전 분야로 적용이 확산되고 있지 못한 실정이다. 본 연구가 항공운송 산업을 포함한 국내의 서비스 산업에 적용될 수 있는 수익경영 연구의 기반을 제공할 수 있고, 다양한 분야로의 확산에 기여할 수 있기를 기대한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 정대영, 윤문길, "단체수요를 고려한 서비스산업의 수익관리 최적화 모형에 관한 연구", 「경영연구」, 제7권, 제2호(2000), pp.86-101.
- [2] 윤문길, 이필환, "인터넷 접속서비스 사업의 수익관리모형에 관한 연구", 「경영과학」, 제19권

- 제1호(2002), pp.143-161.
- [3] 윤문길, 김후곤, 윤덕영, "수익관리의 이해와 ISP 사업에의 응용", 「한국산업정보학회 논문지」, 제 8권, 제3호(2003), pp.111-119.
- [4] 윤문길, 이휘영, "요금수준간 수요의 이동을 고려한 항공사 수익경영 모형", 「한국항공경영학회지」, 제1권, 제1호(2003), pp.27-38.
- [5] Alstrup, J., S.-E. Andersson, S. Boas and O.B.G. Madsen, "Booking Control Increases Profit at Scandinavian Airlines," *Interfaces*, Vol.19(1989), pp.10-19.
- [6] Belobaba, P.P., "Airline Yield Management: An Overview of Seat Inventory Control," *Transportation Science*, Vol.21(1987), pp. 63-73.
- [7] Belobaba, P.P., "Optimization versus Heuristic Methods for Nested Seat Allocation," Proceedings of AGIFORS Reservation and Yield Management Study Group, Brussels, Belgium, (1992), pp.28-53 .
- [8] Belobaba P.P. and L.R. Weatherford, "Comparing Decision Rules that Incorporate Customer Diversion in Perishable Asset Revenue Management Situations," *Decision Science*, Vol. 77(1996), pp.343-363.
- [9] Belobaba, P.P. and A. Farkas, "Yield Management Impacts on Airline Spill Estimation," *Transportation Science*, Vol.33(1999), pp.217-212.
- [10] Bitran, G.R. and S.V. Mondschein, "An Application of Yield Management to The Hotel Industry Considering Multiple Day Stays," *Operations Research*, Vol.43(1995), pp.427-443.
- [11] Bodily, S. and L. Weatherford, "Perishable-Asset Revenue Management : Generic and Multiple-Price Yield Management with Diversion," *Omega*, Vol.23(1995), pp.173-185.
- [12] Boyd, E.A. and I.C. Bilegan, "Revenue Management and e-Commerce," *Management Science*, Vol.49(2003), pp.1363-1386.
- [13] Brumelle, S., J. McGill, T.H. Oum, K. Sawaji and M.W. Tretheway, "Allocation of Airline Seats between Stochastically Dependent Demands," *Transportation Science*, Vol.24 (1990), pp.183-192.
- [14] Burumelle, S. and J. McGill, "Airline Seat Allocation with Multiple Nested Fare Classes," *Operations Research*, Vol.41(1993), pp.127-137.
- [15] Brumelle, S. and D. Walczak, "Dynamic Airline Revenue Management with Multiple Semi-Markov Demand," *Operations Research*, Vol.51(2003), pp.137-148.
- [16] Carol, W.J. and R.C. Grimes, "Evolutionary Change in Product Management: Experiences in the Car Rental Industry," *Interfaces*, Vol.25(1995), pp.84-104.
- [17] Chatwin, R.E., "Multiperiod Airline Overbooking with a Single Fare Class," *Operations Research*, Vol.46(1999), pp.805-819.
- [18] Ciancimino, A., G. Inzerillo, S. Lucidi and L. Palagi, "A Mathematical Programming Approach for the Solution of the Railway Yield Management Problem," *Transportation Science*, Vol.33(1999), pp.168-181.
- [19] Cross, R.G., Revenue Management, Broadway Books, New York, 1998.
- [20] Curry, R., "Optimal Seat Allocation with Fare Classes Nested by Origins and Destinations," *Transportation Science*, Vol.24 (1990), pp.193-204
- [21] Gallego, G. and G. van Ryzin, "A Multi-Product Dynamic Pricing Problem and Its Applications to Network Yield Management," *Operations Research*, Vol.45(1997),

- pp.24-41.
- [22] Geraghty, M.K. and E. Johnson, "Revenue Management Saves National Car Rental," *Interfaces*, Vol.27(1997), pp.107-127.
- [23] Hersh, M. and S.P. Ladany, "Optimal Seat Allocation for Flights with Intermediate Stops," *Computers and Operations Research*, Vol.5(1978), pp.31-37 .
- [24] Humphreys, B.K.. Application to Air Transportation and Other Service Industries' Yield Management, Les Press, 1994.
- [25] Kimes, S.E., "Yield Management: A Tool for Capacity Constrained Service Firms," *Journal of Operations Management*, Vol.8(1989), pp.348-363.
- [26] Lauthenbacher, J. and S.J. Stidham, "The Underlying Markov Decision Process in the Single-Leg Airline Yield Management Problem," *Transportation Science*, Vol.33 (1999), pp.136-146.
- [27] Lee, T.C. and M. Hersh, "A Model for Dynamic Airline Seat Inventory Control with Multiple Seat Bookings," *Transportation Science*, Vol.27(1993), pp.252-262.
- [28] McGill, J.I. and G.J. Ryzin, "Revenue Management : Research Overview and Prospects," *Transportation Science*, Vol.33(1999), pp.233-256.
- [29] Pfeifer, P.E., "The Airline Discount Fare Allocation Problem," *Decision Science*, Vol. 20(1989), pp.149-157.
- [30] Rothstein, M., "Hotel Overbooking as a Markovian Sequential Decision Process," *Decision Science*, Vol.5(1974), pp.389-404.
- [31] Rothstein, M., "O.R. and the Airline Overbooking Problem," *Operations Research*, Vol.33(1985), pp.237-248.
- [32] Ryzin, G.V. and J. McGill, "Revenue Management without Forecasting or Optimization : An Adaptive Algorithm for Determining Airline Seat Protection Levels," *Management Science*, Vol.46(2000), pp.760-775.
- [33] Shlifer, R. and Y. Vardi, "An Airline Overbooking Policy," *Transportation Science*, Vol.9(1975), pp.101-114 .
- [34] Smith, B., J. Leimkuhler and R. Darrow, "Yield Management at American Airlines," *Interfaces*, Vol.22(1992), pp.8-31.
- [35] Strasser, S., "The Effect of Yield Management on Railroad," *Transportation Quarterly*, Vol.50(1996), pp.47-55.
- [36] Subramanian, J., S. Stidham Jr. and C.J. Lautenbacher, "Airline Yield Management with Overbooking, Cancellations, and No-Shows," *Transportation Science*, Vol.33 (1999), pp.147-167.
- [37] Thompson, H., "Statistical Problems in Airline Reservation Control," *Operations Research Quarterly*, Vol.12(1961), pp.167-185.
- [38] Weatherford, L. and S. Bodily, "A Taxonomy and Research Overview of Perishable-Asset Revenue Management," *Operations Research*, Vol.40(1992), pp.831-844.
- [39] Weatherford, L. and P.E. Pfeifer, "The Economic Value of Using Advanced Booking of Orders," *Omega*, Vol.22(1994), pp. 105-111.
- [40] Wollmer, R.D., "An Airline Seat Management Model for a Single Leg Route when Lower Fare Classes Book First," *Operations Research*, Vol.40(1992). pp.26-37.
- [41] Zhao, W. and Y.-S. Zheng, "A Dynamic Model for Airline Seat Allocation with Passenger Diversion and No-shows," *Transportation Science*, Vol.35(2001), pp.80-98.