

항공사 패키지 여행 단체수요의 좌석할당 문제*

송윤숙** · 이휘영*** · †윤문길****

A Seat Allocation Problem for Package Tour Groups in Airlines*

Yoon Sook Song** · Hwi Young Lee*** · †Moon Gil Yoon****

■ Abstract ■

This study is focused on the problem of seat allocation for group travel demand in airlines. We first explain the characteristic of group demand and its seat allocation process. The group demand in air travel markets can be classified into two types : incentive and package groups. Allocating seats for group demand depends on the types of group demand and the relationship between airlines and travel agents. In this paper we concentrate on the package group demand and develop an optimization model for seat allocation on the demand to maximize the total revenue. With some assumptions on the demand distribution and the linear approximation technique, we develop a mixed IP model for solving our problem optimally. From the computational experiments, we can find our optimization model can be applied well for real-world application.

Keywords : Revenue Management, Group Travel Demand, Seat Allocation Model, Linear Approximation Technique

논문접수일 : 2007년 01월 02일 논문게재확정일 : 2007년 11월 01일

* 이 논문(저서)은 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2006-B01070).

** 대한항공 노선영업 BU

*** 인하공업전문대학 항공경영과

**** 한국항공대학교 경영학과

† 교신저자

1. 서 론

수익경영(Revenue Management, RM)의 개념은 일정 시점 이후에 자산의 가치가 상실되는 소멸성 자산에 대한 최적의 관리를 통하여 최대의 판매를 얻기 위한 것이다. 1960년대 호텔산업에 도입되어 적용되었고, 1970년대부터 항공 산업에 도입되어 적용되면서 많은 이론적 발전과 더불어 급격한 확산을 가져오고 있고 최근 들어 적용분야가 서비스 산업으로 확장되고 있다. 항공사에서 수익경영시스템(Revenue Management System, RMS)은 좌석 할당과 통제를 위한 효율적 수단일 뿐만 아니라, 항공사의 수익을 극대화할 수 있는 핵심적인 경영 체제로 인식되고 있다. 따라서 RMS는 국내외 대부분의 항공사에서 도입하여 운영하고 있다[1].

항공사에서 운영되는 RMS는 다양한 수익경영 모형을 주축으로 수요분석, 좌석통제 및 성과분석 체제로 구성된다. 그러나 실제 항공사를 이용하는 고객의 수요유형과 수요특성이 다양하게 나타나고, 수요에 대한 불확실성 또한 존재하고 있어 기존의 많은 연구와 모형개발에도 불구하고 아직도 많은 연구과제들이 남겨진 상태이다[3, 10]. 항공사에 적용되는 수익경영시스템을 위해 개발된 많은 연구들은 대부분 개인수요의 유형과 특성에 따른 좌석 할당 및 통제모형에 초점이 맞춰져 있었고, 단체수요에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다[4]. 개인 수요의 경우 단체수요에 비하여 대체로 높은 가격을 받을 수 있어 수익성이 높을 뿐만 아니라, 예약에 대한 요구가 개인단위로 발생하여 이에 대한 통제 및 관리가 단체수요보다 수월한 특성이 있다. 즉, 개인수요의 예약요구는 한 개인에 대한 좌석요청으로 예약의 승낙 또는 거절에 따른 좌석재고가 한 단위씩 변동되며, 해지나 예약부도의 경우도 좌석재고는 한 단위씩 변동되는 특성을 갖고 있다. 그러나 단체수요의 경우는 단체수요의 성격에 따라 예약 요청 규모도 달라지고, 해지나 예약부도의 규모도 사전에 예측하기 어려워 좌석재고에 대한 관리가 어려운 특성이 있다[14].

항공여행시장에서 단체수요는 개인수요와는 달리 단순히 항공기만을 이용하는 것이 아니라 목적지의 관광이나 이벤트 참석 등의 여행일정과 연계되어 있다. IATA에서는 단체 항공수요를 국외여행을 10명 이상의 단체가 동일일정으로 여행하기 위하여 항공 좌석을 요청하는 경우로 정의하고 있다. 이 같은 단체수요는 수요의 발생형태에 따라 인센티브 수요와 패키지 수요로 구분할 수 있다.

인센티브 수요는 이벤트, 동호회 등을 위주로 발생하는 수요로 무작위로 발생한다. 행사주최 측에서 이미 확정적인 일정에 대한 항공좌석을 요구하며, 전체의 일정이 동일하여 일행 분리가 되지 않는다. 따라서 인센티브 수요의 좌석요청은 전체 수용 또는 전체 거절로 나타난다. 인센티브 단체수요는 행사지 취항 항공사에 동시에 입찰하는 경우가 많으며, 가격도 경쟁 입찰되는 경우가 많아 단체의 규모나 여러 가지 조건에 따라 다양한 가격이 존재한다. 인센티브 단체수요에 배정된 좌석에 대하여 개별 해지는 가능하나, 남겨진 규모가 단체로 인정받는 최소규모 이상이 되어야 해당 가격이 적용될 수 있다. 일반적으로 해지에 대한 벌과금은 부과되지 않고 있으며, 수요발생이 불규칙할 뿐만 아니라, 발생된 수요의 규모 또한 불규칙한 특성을 갖고 있다. 반면에, 항공좌석에 대한 요청은 곧 매출로 이어질 가능성이 많으며, 좌석 해지율(Cancellation)과 예약부도율(No Show)이 패키지 단체수요에 비해 낮은 편이다.

패키지 수요는 여행 대리점에서 항공으로 이동하는 여행상품 판매를 목적으로 상품의 기획 단계에서 상품을 구성하기 위해 항공좌석을 요청하는 수요이다. 패키지 여행고객은 여행 대리점으로부터 여행상품을 구매하기 때문에 항공사와 직접적인 접촉이 발생하지 않는다. 대신에 여행대리점에서 패키지 여행상품의 고객을 모집하고 모집된 고객의 항공이동을 위하여 항공좌석을 요청하게 된다. 따라서 패키지 수요는 여행대리점에서 발생하며, 여행사에서 여행상품에 대한 고객 모집이 가능하도록 상당기간 이전에 지원좌석 규모를 결정한다.

<표 1> RM모형 개발을 위한 수요유형별 주요 차이점

수요유형	수요요구	좌석배정	매출(예약)	해지	기타	
개인수요	필요량 (한 단위)	한 단위 예약 승낙 또는 거절	좌석 배정과 동시 매출 (예약) 발생	한 단위 해지	예약부도율 높음	
단체 수요	인센티브 수요	필요량 (규모 상이)	전체 예약 승낙 또는 거절	좌석 배정과 동시 매출 (예약) 발생	개별 해지 가능(최소 단체 규모 유지)	패키지 수요에 비해 예약부도율 낮음
	패키지 수요	과잉수요. 항공 사 영업부서의 수요 조정	일정규모 사전 좌석배정	사전 배정 좌석 범위 내에서 예약이 발생하는 경우 매출로 연결	개별해지 가능(최소 단체 규모 유지)	사전 배정 좌석 미 소진에 따른 벌과금 없음

본 연구에서는 단체 항공수요 중에서 패키지 단체 수요를 대상으로 최적 좌석할당 모형을 개발하고자 한다. 따라서 본 연구에서는 별도의 설명이 없는 한 단체수요를 패키지 단체 항공수요에 국한하여 사용한다.

항공사에서는 여행대리점과의 협력관계를 구축하여 항공권 유통체계를 구축하고 있다. 최근 들어 e-티켓의 등장과 인터넷 판매 등 직접 판매 경로를 구축하고 있지만, 아직도 상당수의 항공권이 여행대리점을 통한 간접판매로 이루어지고 있다.¹⁾ 여행대리점에서 취급하는 항공권은 개인고객을 위한 항공권뿐만 아니라 여행사의 여행상품 구성을 위해 사전에 지원되는 단체 항공권도 상당부분 차지하고 있다.²⁾ 물론, 단체수요는 다양한 유형이 존재하지만 대체로 항공사와의 직접접촉 보다는 여행대리점을 통해서 예약요청이 발생하기 때문에, 단체수요 관리를 위해 항공사와 여행대리점 간의 긴밀한 협력관계가 필요하다. 그러나 항공사와 여행대리점간의 관계는 국가 마다 다르고 항공사의 유통정책과 단체수요 관리방식에 따라 달라질 수 있어, 단체수요에 대한 RM 모형은 수요의 불확실성뿐만 아니라 이 같은 외적 환경요인도 고려되어 개발되어야 한다.

단체수요의 경우는 항공권 구매자가 개인이 아니

라 여행대리점이 되므로 개인수요에서 발생하는 항공권 구매행태인 수요의 이동(Diversion, Fare Upgrade)이 발생하지 않는다. 이런 면에서는 개인수요에 비해 단체수요의 특성이 단순한 것처럼 보일 수 있으나, 항공여행시장에서 발생하는 단체수요의 불확실성과 외적 환경요인으로 인해 수익경영 모형에 대한 많은 연구에도 불구하고 단체수요에 대한 수익경영 모형연구가 활발히 이루어지지 못하고 있다.

단체수요와 개인수요에 대한 주요 차이점은 <표 1>과 같이 나타낼 수 있다.

개인수요를 중심으로 이루어진 수익경영 모형은 Littlewood의 연구를 기점으로 활발히 이루어져왔다[10, 14]. Littlewood는 기대한계수익(Expected arginal Revenue, EMR)³⁾이 양의 값을 갖는 경우에 낮은 요금으로 좌석을 판매하는 것이 총 기대수익을 최대화할 수 있음을 보였다. Littlewood의 연구는 그 후 많은 연구를 촉진시켰으며, Belobaba [5]의 EMSR(Expected Marginal Seat Revenue) 모형의 기반이 되었다. 이들 연구는 요금수준간의 수요가 상호 독립적이라는 가정을 기반으로 하고 있다. 이에 비하여, Pfeifer[11]와 Brumelle et al.[8]은 요금수준간의 수요가 상호 독립적이기 보다는 종속적인 특성을 갖는 경우에 대하여 연구하였다. 요금수준간의 수요가 독립적이라는 가정을 문제를 단순화 할 수는 있지만, 현실적인 수요특성을 반영하기는 미흡하기 때문이다. 즉, 할인좌석의 여유가

1) 국내의 국제선의 경우 대체로 70%~80% 이상이 여행대리점을 통한 간접판매로 이뤄지고 있다[2].
2) 2005년 1월~9월까지 국내 출국자의 55%가 관광목적의 항공여행임(내국인 출국-목적별/행선지별 통계, 한국관광통계, 한국관광공사, 2005월 9일, http://www.nto.or.kr/js/kt/jskt_man.jsp).

3) 추가 좌석을 낮은 요금으로 판매하는 경우와 높은 요금으로 판매하는 경우의 기댓값의 차이.

많이 남아 있는 경우와 매진된 경우의 정상요금 수요의 발생 확률이 다르기 때문이다.

Bodily and Weatherford[7]는 항공사의 좌석뿐만 아니라 소멸성 자산의 특성이 있는 모든 상품에 적용할 수 있는 요금 수준별 좌석할당 문제를 연구하였다. Belobaba and Weatherford[7]는 기존의 *EMSR₀* 모형에 수요의 하향이전(Diversion)을 고려한 결합 모형(Combined Model)을 제안하였다. 특히, Bodily and Weatherford의 증분의사결정수의 개념을 *EMSR₀* 모형에 접목하였다.

Subramanian et al.[12]은 수요변동에 따라 예약 한계를 조정하고, 예약요구가 발생한 경우 예약의 승낙 또는 거절을 결정하는 예약통제에 활용하기 위하여 동태적 좌석할당 모형을 연구하였다. Subramanian et al.[12]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. 항공사 좌석할당과 관련된 수익경영 모형에 대한 연구는 Weatherford and Bodily[16], McGill and van Ryzin[10], 윤문길, 이휘영[3]의 조사연구를 참조할 수 있다.

본 연구에서는 단체 항공여행 수요에 대한 좌석 할당 모형을 개발하기 위하여 제 2장에서 항공사 단체수요의 관리체계와 단체수요에 대한 공급정책을 분석하고, 제 3장에서는 패키지 단체여행 수요에 대한 최적 좌석할당 모형에 대하여 다룬다. 개발된 모형에 대한 모의실험과 결과분석은 제 4장에서 실시하고, 본 연구의 의의와 활용가능성 및 향후 연구과제를 제 5장에서 논의한다.

2. 항공사 단체수요의 관리체계

2.1 항공사 패키지 단체수요 관리

여행대리점에서는 여행상품을 기획하기 위하여

일정한 기간 이전에 항공사에 좌석 지원을 요청하고, 항공사는 개인수요의 변동 등을 감안하여 여행사에서 요청한 수요에 대한 일정규모의 항공좌석을 사전에 배정한다. 국내의 경우 해외여행 상품의 가장 중요한 요소가 항공좌석의 확보이므로 모든 여행 대리점은 실제 사용량보다 많은 좌석을 요구하는 것이 일반적이다. 항공사로부터 일정 규모의 항공좌석을 사전에 배정 받은 여행대리점은 여행상품의 고객을 모집하고, 사전 지원된 좌석 범위 내에서 고객 모집이 발생할 때 마다 좌석을 채워가는 형태로 운영되고 있다.

국내의 경우 여행대리점에서 여행상품용으로 사전에 배정된 좌석을 다 소진하지 못하는 경우에도 항공사로부터 별도의 제제나 벌과금이 부과되지 않기 때문에, 실제 사용좌석 보다 더 많은 좌석을 사전에 요청하는 것이 일반화 되어있다. 따라서 항공사 영업부서에서는 여행대리점의 이 같은 과잉수요를 관리하기 위해 타 항공사와의 경쟁도, 전년 동기 대비 공급 증감, 가격, 요일별 탑승율(L/F), 과거의 단체 좌석 판매 실적, 비수기 판매 실적, 신규 취항 목적지 특성 등을 감안하여 여행대리점 별로 차별적으로 좌석공급 규모를 결정한다. 좌석 요청 규모로 보면 국내 단체수요의 경우에는 통상적으로 16석⁴⁾을 기본으로 하며, 16의 배수나 40명(대형버스)을 기본으로 요청하고 있으며 동일한 단위로 항공좌석을 배정한다.

항공사에서는 여행대리점의 과잉수요에 대한 사전 조정작업을 통하여 적정규모의 좌석을 사전에 배정하고 관리하지만, 실제 초기 할당된 좌석의 최종 이용률은 30% 수준을 보이고 있다⁵⁾. 이는 여행대리점의 모객활동에 대한 문제점 외에도 단체수요에 대한 미래의 불확실성이 상당히 높기 때문으로 볼 수 있다. 여행대리점에서는 사전에 배정된 좌석 범위 내에서 여행상품에 대한 고객을 모집할 때마다 예약이 이루어져 매출과 연계된다. 그러나

4) 단체수요의 경우 대부분의 항공사 가격정책에 의해 15명당 1매의 무료항공권이 지급되고 있다.

5) K 항공사 2005년 상반기 자료.

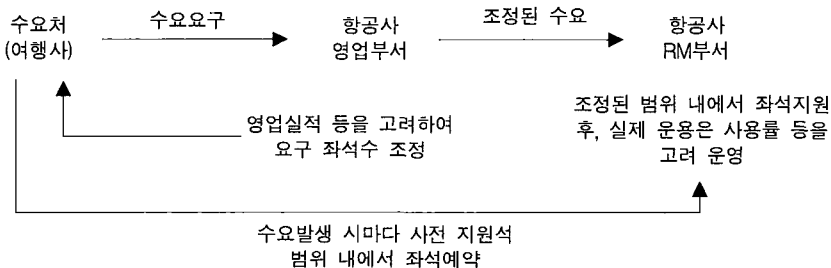
단체수요를 위해 여행사에서 최종적으로 사용되는 좌석은 사전에 항공사로부터 지원된 좌석에 비하여 상당히 낮기 때문에 탑승시점에 대규모 좌석 유실을 가져와 수익감소를 초래할 수 있다. 따라서 항공사에서는 실질적으로 사전에 여행사에 지원된 좌석보다 낮은 좌석을 할당하여 좌석유실의 위험을 감소시키려 하고 있다. 그러나 사전 지원된 좌석 이하를 해당 항공편에 할당하여 운영하면, 여행사에서 사전 지원된 좌석규모까지 전량 모객이 이루어지는 경우는 탑승시점에 대규모 탑승거절(Denied Boarding)이 발생할 수 있다. 따라서 항공사에서는 여행사에 마케팅 측면에서 배정한 좌석수의 실제 판매가능성을 추정하여 실질적인 좌석배정을 함으로써(관리측면의 좌석배정) 좌석유실을 최소화하고 매출을 최대화 하도록 해야 한다.

단체수요의 경우 좌석할당 과정은 여행사와 같은 수요처로부터 좌석요구가 발생하면서 이루어진다. 항공사의 판매 부서에서는 각 수요처의 좌석요구를 종합하여 항공사 RM 부서에 통보하고, RM 부서에서는 항공기의 좌석공급 규모와 개인수요 발생가능성 등을 고려하여 판매 가능한 좌석수를 판매부서에 통지한다. 이때, 판매 가능한 좌석수란 실제 단체좌석으로 할당된 좌석을 의미하는 것이 아니라, 단체좌석으로 예약을 허용할 수 있는 최대 좌석수를 의미한다. 따라서 RM 부서에서는 판매부서에 통지한 판매가능 좌석 수에 대하여 실제 판매가능성을 추정하여 실질적인 좌석할당을 하게 된다.

일반적으로 실제 수요처에서는 필요이상의 좌석요구가 발생하고, 항공사에서는 수요처의 판매활동을 촉진시키기 위하여 실제 판매 가능한 좌석 수 이상을 수요처에 배정하게 된다. 항공사가 판매촉진을 위해 배정한 좌석을 판매가능 좌석(Saleable Seat)이라고, 수요처에서는 최대한 이 범위까지 좌석판매가 가능하게 된다. 그러나 현실적으로 각 수요처에서 이 같은 판매가능 좌석 수까지 판매하는 경우는 매우 적기 때문에, 항공사에서는 이를 고려하여 실제 좌석할당에 사용되는 공급기준(Threshold)을 결정하여 실제 항공편의 좌석할당을 운영한다.

2.2 항공사 단체좌석 공급정책

수요처로부터 요청된 단체수요에 대하여 항공사의 좌석배정 방식은 공급기준(Threshold)을 설정하여 관리하는 방식과, 선착순(FIFO) 방식으로 구분할 수 있다. 공급기준은 단체수요에 할당될 최소한의 좌석으로 어떤 경우에도 공급기준까지의 좌석은 단체수요를 위해 확보하는 개념이다. 즉, 실제 수요가 공급기준 이하로 발생한 경우에도 남은 좌석은 개인 수요로 전용하여 판매하지 않는다. 또한, 실제 발생된 수요가 공급기준 이하일 경우에는 요구된 모든 수요에 단체요금이 적용되는 좌석을 공급해 주지만, 공급기준 이상의 수요가 발생한 경우는 공급기준까지는 단체요금을 적용하여 공급하고 공급기준을 초과하는 수요에 대하여는 고가의



〈그림 1〉 단체수요 처리절차 : 패키지 단체수요

요금수준에 할당된 좌석을 전용하여 좌석을 할당한다. 이에 비해, 선착순 방식은 단체수요에 공급해줄 총 공급좌석 범위 내에서 수요가 발생할 때마다 발생된 수요를 모두 충족시켜주는 방식이다. 즉, 특별한 기준 없이 각 수요처에 판매가능 좌석수를 배정하고 이 범위 내에서 실제 단체 좌석용량까지 수요가 발생할 때 마다 좌석을 배정하는 방식이다.

항공사에서는 각 여행사 또는 항공여행 단체수요 요구처의 수요를 종합하여 마케팅 관점에서 각 수요처별로 판매가능 좌석수를 사전에 배정하여 여행상품 설계에 반영하여 판매하도록 지원한다. 수요처에서는 배정받은 좌석수를 판매 상한으로 하여 마케팅 활동을 전개한다. 그러나 실질적으로 각 수요처에서 발생하는 수요는 확률적으로 발생하게 되고, 최소한 단체규모 이상의 수요가 형성되는 경우에 단체요금을 적용받는 단체수요로 수용될 수 있다. 또한, 각 수요처에서 발생하는 수요는 특별한 경우를 제외하고는 사전에 배정된 좌석수 이상으로 발생하지 않는다. 따라서 각 수요처에서 발생하는 수요는 사전 배정된 좌석수를 최대로 하는 확률분포를 따르게 된다.

단체수요의 특성은 최종 수요확인 시점의⁶⁾ 예약된 수요를 확인하여 단체 요금의 적용여부를 판단할 수 있다. 따라서 최종 수요확인 시점까지 발생한 단체수요는 최종적으로 최소 단체수요 요구수준에 미달하여 해지되는 경우에도 그 시점까지는 실질적으로 좌석예약으로 인식되게 된다. 그러나 단체수요가 유지되지 못하고 해지되어 대량의 여유좌석이 발생하는 경우에도 출발 시점까지 남은 기간이 짧아 개인수요로 전용하여 판매하는 것이 곤란하다. 다만, 일부의 좌석을 예약대기 등의 수요에 활용할 수 있으나 전체적인 수익 극대화를 이루기 어렵게 된다. 따라서 최종 단체수요 확인시점 이후에 해지되는 단체 좌석은 좌석 유실로 이어질 수 있고, 일부 좌석에 대하여만 개인 수요 등으로

전용되어 활용될 수 있다.

3. 단체수요의 좌석용량 할당 모형

단체수요에 대한 좌석배정은 일정 기간 이전에 결정되고, 항공사의 정책적 차원 또는 마케팅적 차원에서 일부 대리점에 차별적 가격을 줄 수 있다. 차별화된 시장에서 발생하는 수요는 불규칙하므로 확률변수로 고려할 수 있고 수요의 분포는 알려진 것으로 가정한다. 본 연구에서는 수요처간의 수요 발생은 상호 독립적인 것을 가정한다. 즉, 수요처간의 수요교환이나 수요 통합은 발생하지 않는 것으로 가정한다. 또한, 해지와 예약부도도 고려하지 않는 것으로 가정한다. 본 연구에서는 M 개의 수요처와 각 수요처에서 복수의 요금수준이 고려되는 경우를 다룬다. 단체좌석으로 판매 가능한 최대 좌석수는 Q 로 주어지고, 단체좌석 판매가 Q 이하로 나타날 경우에 나머지는 개인 수요에서 판매될 수 있다. 본 연구에서 다루는 수요의 특성과 공급기준 결정시 고려사항은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- 각 수요처에서 요금 수준별로 판매 가능한 좌석은 사전에 배정된 것으로 가정하고, 각 수요처에서 발생하는 수요는 이 판매가능 좌석을 최대 수요로 하여 확률적으로 발생한다.
- 공급기준 결정시 고려사항
 - 수요처에서는 단체수요가 성립되는 최소규모 이상을 판매하는 경우 단체 요금수준을 적용받고, 최소규모 미만인 경우는 기 예약된 수요는 해지되거나 고가의 개인요금을 적용받게 된다.
 - 수요가 최소 단체규모 이상이며 각 수요처 별로 배정된 공급기준 이하이면 발생된 수요만큼 좌석을 배정한다. 이때 발생된 수요가 공급기준 이하일 경우에도 남은 좌석을 개인 수요로 전용하여 판매할 수 없다.
 - 수요가 공급기준 이상이 발생하는 경우에는 공급기준을 초과한 수요에 공급된 좌석은 고가의 개인 수요에 할당될 좌석을 사용한 것

6) 항공사 마다 다르게 정의될 수 있으나, 승객 명단 입력시점을 기준으로 단체수요 성립여부를 사전에 평가할 수 있다.

로 기회비용 개념의 벌과금을 고려한다.

- 각 수요처에 할당된 공급기준의 합은 실제로 단체수요를 위해 확보한 최소한의 좌석이하가 된다. 따라서 모든 수요처의 공급기준에 대한 합은 단체수요를 위한 판매가능 좌석수 Q 이하가 되는데, (Q -공급기준의 합)은 실제로 개인수요의 상황에 따라서 개인수요를 위해 이용될 수 있어 좌석당 일정한 수익(R_0)을 기대할 수 있다.
- 공급기준이 결정된 상태에서 실제 발생수요가 최소 단체규모 미만이 되는 경우는 단체수요가 성립되지 않으므로, 공급기준으로 할당된 좌석의 일부를 개인수요에 전용하여 판매할 수 있다.

개인수요와 달리 패키지 단체수요의 경우는 수요의 이전(Diversion/요금 Upgrade)이 발생하지 않으며, 수요처별 가격차별화가 가능하고 차별화된 가격수준에 따른 차별적 좌석할당이 가능하다. 각 수요처의 최대수요가 주어져도 실제 발생하는 수요는 확률적으로 나타나게 된다. 따라서 본 연구에서는 각 수요처별 단체수요에 대한 최적 좌석할당을 통하여 최대 수익이 얻어질 수 있는 모형을 개발한다.

모형의 수립을 위하여 다음과 같은 기호를 정의하자.

- Q : 패키지 단체수요로 할당될 수 있는 최대 좌석수
- D_{il} : 수요처 l 의 요금수준 i 에 대한 수요(확률변수)(최대수요 : \bar{D}_{il})
- M_i : 요금수준 i 가 적용될 수 있는 최소한의 단체수요 요구량
- R_0 : 단체수요에 할당된 좌석중 개인수요로 전환하여 판매할 경우의 좌석당 기대수익
- r_{il} : 수요처 l 의 요금수준 i 의 단위당 요금
- g_{il} : 수요처 l 의 요금수준 i 에 대한 미 충족수요의 단위당 벌과금
- x_{il} : 수요처 l 에서 발생한 i 요금수준의 수요에 대한 실질 좌석할당량(공급기준)

- y_{il} : 수요처 l 에서 발생한 i 요금수준의 수요에 대한 M_i 이상의 공급기준이 결정되면 1, 아니면 0의 값을 갖는 정수변수
- w_{il} : 수요처 l 에서 발생한 i 요금수준의 수요에 할당된 좌석(x_{il}) 중 단체수요가 성립되지 않아 개인수요로 전환되어 판매되는 비율
- $P(D_{il} = d)$: 수요처 l 에서 i 요금수준의 수요가 d 일 확률
- $F(D_{il})$: 수요처 l 에서 i 요금수준의 수요가 D_{il} 이하일 확률
- L : 단체수요요청 수요처의 집합
- I_i : i 요금수준에 적용할 수 있는 요금수준의 집합

수요처로부터 좌석배정 요구가 접수되면 지원 여부를 결정하고, 지원이 결정되면 실질 좌석배정 규모는 각 요금수준의 최소요구량(M_i) 이상으로 지원요구량 범위 내에서 결정한다. 본 연구에서는 좌석배정정책으로 공급기준 정책을 채택하는 것으로 가정한다. 따라서 최종적으로 발생한 수요가 최소요구량 미만인 경우($D_{il} < M_i$)는 예약된 모든 수요가 기각된다. 물론, 기각된 수요는 고가의 개인수요로 전환이 가능하다. 반면에, 최종적으로 발생한 수요가 최소요구량을 초과하지만 공급기준(Threshold) 이하인 경우는 요구된 수요에 대하여 모두 단체요금을 적용하게 된다. 그러나 최종적으로 발생한 수요가 공급기준을 초과하는 경우도 최대수요량까지 단체요금을 적용하지만, 공급기준을 초과하는 좌석수에 대하여는 기회손실을 고려해야 한다. 즉, 실질적으로 할당된 공급기준을 초과하는 좌석을 확보하기 위해서는 고가의 개인좌석에 할당된 좌석을 전용하여 판매해야하기 때문이다.

수요처 l 에서 i 요금 수준의 수요와 공급기준 x_{il} 에 따른 수익은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- $x_{il} = 0$ 인 경우는 최종 단체수요 확인시점까지 발생한 수요가 최소 단체수요 요구기준 미만이면($D_{il} < M_i$) 수익이 발생하지 않으나, 최소 단체수요 요구기준 이상의 수요가 발생하면 발

생된 수요 전체에 대하여 기회손실이 발생한다 : $C_{il} = E[-g_{il}D_{il}], D_{il} \geq M_i$.

- $x_{il} \geq M_i$ 이고 $D_{il} < M_i$ 인 경우는 단체수요가 성립되지 않게 되고, 일부(w_{il})가 개인수요로 전환되어 R_0 의 수익을 가져오게 된다.

$$z_0(x_{il}) = E[R_0 w_{il} x_{il}], D_{il} < M_i.$$

- $x_{il} \geq M_i$ 이고 $D_{il} \geq M_i$ 인 경우는 단체수요가 성립되게 되고, x_{il} 과 D_{il} 의 크기에 따라 다음과 같이 $z_1(x_{il})$ 과 $z_2(x_{il})$ 로 기대 수익이 계산된다 : $z_1(x_{il}) = E[r_{il}D_{il}], D_{il} \leq x_{il}$.

$$z_2(x_{il}) = E[r_{il}x_{il} - g_{il}(D_{il} - x_{il})], D_{il} \geq x_{il}.$$

따라서 총기대수익(Z)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z = \sum_{l \in L} \sum_{i \in I_l} (C_{il}(1 - y_{il}) + z_0(x_{il}) + z_1(x_{il}) + z_2(x_{il})) + R_0(Q - \sum_{l \in L} \sum_{i \in I_l} x_{il}).$$

본 연구에서는 최대수익이 가능한 수요처별, 요금수준별 단체수요 요구량에 대하여 실질적인 좌석할당량(공급기준)을 결정하기 위한 모형을 개발한다. 따라서 공급기준이 적용되는 경우의 총기대수익을 최대화하는 단체수요의 좌석할당 문제는 다음과 같이 모형화 될 수 있다.

$$[P_0] \text{ Max. } Z = \sum_{l \in L} \sum_{i \in I_l} (C_{il}(1 - y_{il}) + z_0(x_{il}) + z_1(x_{il}) + z_2(x_{il})) + R_0(Q - \sum_{l \in L} \sum_{i \in I_l} x_{il}) \quad (1)$$

$$\text{s.t. } M_i y_{il} \leq x_{il} \leq \bar{D}_{il} y_{il}, \quad (2)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{i \in I_l} x_{il} \leq Q, \quad (3)$$

$$y_{il} \in \{0, 1\}, x_{il} \geq 0, l \in L, i \in I_l. \quad (4)$$

식 (1)은 수요가 단체수요를 위한 최소규모 이상이고 공급기준 이하로 발생하는 경우의 기댓값과, 공급기준 이상으로 수요가 발생하는 경우의 기대손실을 고려한 기댓값의 합으로 목적함수가 나타남을 보이고 있다. 식 (2)는 공급기준 설정을 위한

제약으로, 각 수요처에 배정되는 공급기준은 수요가 극히 낮을 것으로 예상되는 경우에는 좌석배정을 하지 않을 수 있고, 좌석배정을 하는 경우에는 최소 단체 유지규모 이상을 최대 수요 범위 내에서 배정해야 함을 나타내고 있다. 식 (3)은 각 수요처의 요금수준에 할당된 총좌석이 최대 이용 가능한 좌석수 이하여야함을 나타내고 있다.

수요함수에 대한 분포함수가 주어지면 식 (1)의 총기대수익이 계산될 수 있다. 그러나 기대수익이 비선형함수로 주어지게 되어 복잡한 해법의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 모형을 단순화하고, 현실적인 적용성을 고려하여 선형완화법(Linear Approximation)을 고려한다. 선형완화법을 적용하면, $[P_0]$ 는 혼합정수계획법 모형으로 변환이 가능하고, 기존의 효과적인 해법을 통해 최적해를 확인할 수 있다. 선형완화법은 Szwarc[13]이 확률적 수요하의 수송계획문제에 처음 적용하였고, Tcha and Yoon[15]이 확률적 수요하의 설비입지문제에 적용하였다. 선형완화법을 적용하기 위하여 각 수요처 l 에서 i 요금수준에 대하여 다음과 같은 가정을 고려한 식 (2)의 그림수요함수를 고려하자.

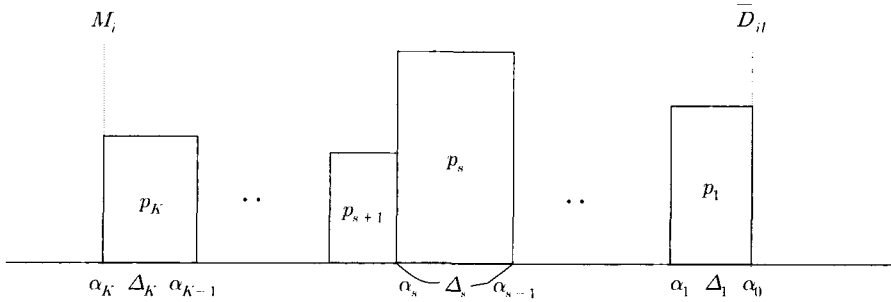
- 각 수요처 l 에서 i 요금수준에 대한 수요는 상호 독립적이고, 분포함수는 계단함수(Step Function)을 갖는다.
- 수요는 최소값과 최대값 범위($[D_{il}, \bar{D}_{il}]$)에서 확률적으로 발생하고, 단체요금을 적용받기 위해서는 최소수요 이상이 발생하는 경우만 고려된다.

따라서 수요의 발생구간을 K 개의 구간으로 분할하여 s 번째 구간의 크기는 Δ_s , 이 구간의 수요 발생확률은 p_s 라 가정한다(여기서, 수요처 l 과 요금수준 i 의 인덱스는 생략하고 표현함).

수요의 확률밀도함수는 $f(\theta)$ 라하고, <그림 2>에서 α_s 는 다음과 같이 정의하자.

$$\alpha_s = \bar{D}_{il} - \sum_{k=1}^s \Delta_k.$$

<그림 2>의 구간 $[\alpha_s, \alpha_{s-1}]$ 에서 확률 p_s 는 다음



〈그림 2〉 계단함수의 수요함수

과 같이 정의된다.

$$p_s = \int_{\alpha_s}^{\alpha_{s-1}} f(\theta) d\theta = F(\alpha_{s-1}) - F(\alpha_s) = f(\theta) \Delta_s$$

따라서 구간 $[\alpha_s, \alpha_{s-1}]$ 에서 수요함수는 $f(\theta) = \frac{p_s}{\Delta_s}$ 로 나타낼 수 있고, 수요처 l 과 요금수준 i 에서 공급기준이 $\alpha_s \leq x_{il} < \alpha_{s-1}$ 범위에서 결정되었다고 가정하면, 목적함수 식 (1)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} C_{il} &= E[-g_{il}D_{il}], \quad D_{il} \geq M_i \\ &= \int_{M_i}^{D_i} (-g_{il})\theta f(\theta) d\theta \\ &= (-g_{il}) \left(\int_{\alpha_s}^{\alpha_{k-1}} \theta \frac{p_k}{\Delta_k} d\theta + \dots + \int_{\alpha_1}^{\alpha_0} \theta \frac{p_1}{\Delta_1} d\theta \right) \\ &= (-g_{il}) \sum_{k=1}^K p_k \frac{(\alpha_{k-1} + \alpha_k)}{2}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_0(x_{il}) &= E[R_0 w_{il} x_{il}], \quad D_{il} < M_i \\ &= \int_0^{M_i} R_0 w_{il} x_{il} f(\theta) d\theta = R_0 w_{il} x_{il} F(M_i). \end{aligned}$$

($F(\cdot)$: 수요의 누적 분포함수)

$$\begin{aligned} z_1(x_{il}) &= E[r_{il}D_{il}], \quad D_{il} \leq x_{il} \\ &= \int_{M_i}^{x_{il}} r_{il}\theta f(\theta) d\theta \\ &= r_{il} \left(\int_{\alpha_s}^{x_{il}} \theta \frac{p_s}{\Delta_s} d\theta + \int_{\alpha_{s-1}}^{\alpha_{s-1}} \theta \frac{p_{s+1}}{\Delta_{s+1}} d\theta \right. \\ &\quad \left. + \dots + \int_{\alpha_k}^{\alpha_k} \theta \frac{p_k}{\Delta_k} d\theta \right) \end{aligned}$$

$$= r_{il} \left(\frac{p_s}{\Delta_s} \frac{(x_{il}^2 - \alpha_s^2)}{2} + \sum_{k=s+1}^K p_k \frac{(\alpha_{k-1} + \alpha_k)}{2} \right).$$

$$\begin{aligned} z_2(x_{il}) &= E[(r_{il}x_{il} - g_{il}(D_{il} - x_{il}))], \quad D_{il} \geq x_{il} \\ &= \int_{x_{il}}^{D_i} ((r_{il} + g_{il})x_{il} - g_{il}\theta) f(\theta) d\theta \\ &= \int_{x_{il}}^{\alpha_{s-1}} ((r_{il} + g_{il})x_{il} - g_{il}\theta) \frac{p_s}{\Delta_s} d\theta \\ &\quad + \int_{\alpha_{s-1}}^{\alpha_{s-2}} ((r_{il} + g_{il})x_{il} - g_{il}\theta) \frac{p_{s-1}}{\Delta_{s-1}} d\theta + \dots \\ &\quad + \int_{\alpha_1}^{\alpha_0} ((r_{il} + g_{il})x_{il} - g_{il}\theta) \frac{p_1}{\Delta_1} d\theta \\ &= \frac{p_s}{\Delta_s} ((r_{il} + g_{il})x_{il}(\alpha_{s-1} - x_{il}) - g_{il} \frac{(\alpha_{s-1}^2 - x_{il}^2)}{2}) \\ &\quad + \sum_{k=1}^{s-1} p_k ((r_{il} + g_{il})x_{il} - g_{il} \frac{(\alpha_{k-1} + \alpha_k)}{2}) \end{aligned}$$

따라서 목적함수에서 C_{il} , $z_0(x_{il})$ 은 x_{il} 에 대하여 일차함수로 나타나고 있으나, $z_1(x_{il})$, $z_2(x_{il})$ 은 2차함수로 나타나고 있어 기존의 선형계획모형을 확장하여 적용하기 어렵다. 따라서 $z_1(x_{il})$, $z_2(x_{il})$ 에 대하여 선형근사법(Linear Approximation)을 적용하여 근사적인 해를 구하는 방법을 적용한다.

x_{il} 이 범위 $[\alpha_s, \alpha_{s-1}]$ 에서 값을 가질 때 $z_1(x_{il})$ 을 선형함수로 근사시키면 다음과 같이 $\bar{z}_1(x_{il})$ 로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{z}_1(x_{il}) &= z_1(\alpha_s) + (z_1(\alpha_{s-1}) - z_1(\alpha_s)) / \Delta_s (x_{il} - \alpha_s) \\ &= z_1(\alpha_s) + \phi_s(x_{il} - \alpha_s) = \phi_0 + \phi_s x_{il} \end{aligned}$$

$$\phi_s = (z_1(\alpha_{s-1}) - z_1(\alpha_s)) / \Delta_s = r_{il} \frac{p_s (\alpha_{s-1} + \alpha_s)}{2},$$

$$\phi_0 = z_1(\alpha_s) - \phi_s \alpha_s.$$

\bar{y}_{il} 를 x_{il} 이 양의 값을 갖는 경우에만 1의 값을 갖는 0, 1변수라 하면, 다음과 같은 관계식으로 나타낼 수 있다.

$$\bar{z}_1(x_{il}) = \phi_0 \bar{y}_{il} + \phi_s x_{il}, \quad \alpha_s \bar{y}_{il} \leq x_{il} \leq \alpha_{s-1} \bar{y}_{il},$$

$$\bar{y}_{il} \in 0, 1.$$

물론, \bar{y}_{il} 은 $[D_{il}, \bar{D}_{il}]$ 구간에서 한번만 발생해야 함을 전체 제약조건에서 고려되어야 한다.

$z_2(x_{il})$ 도 x_{il} 이 범위 $[\alpha_s, \alpha_{s-1}]$ 에서 값을 가질 때 선형함수로 근사시키면 $\bar{z}_1(x_{il})$ 로 나타낼 수 있다.

$$\bar{z}_2(x_{il}) = z_2(\alpha_s) + (z_2(\alpha_{s-1}) - z_2(\alpha_s)) / \Delta_s (x_{il} - \alpha_s)$$

$$= z_2(\alpha_s) + \psi_s (x_{il} - \alpha_s) = \psi_0 + \psi_s x_{il}$$

$$\psi_s = (z_2(\alpha_{s-1}) - z_2(\alpha_s)) / \Delta_s = \sum_{k=1}^{s-1} (r_{il} + g_{il}) p_k$$

$$- \frac{p_s}{\Delta_s} [(r_{il} + g_{il}) \alpha_s - g_{il} (\frac{\alpha_{s-1} + \alpha_s}{2})]$$

$$\psi_0 = z_2(\alpha_s) - \psi_s \alpha_s.$$

따라서 정수변수 \bar{y}_{il} 를 이용하면 $\bar{z}_2(x_{il}) = \psi_0 \bar{y}_{il} + \psi_s x_{il}$ 로 나타낼 수 있고, 제약조건은 $\alpha_s \bar{y}_{il} \leq x_{il} \leq \alpha_{s-1} \bar{y}_{il}$, $\bar{y}_{il} \in 0, 1$ 으로 나타난다. 이 같은 선형근사 방법을 적용하여 $(z_1(x_{il}) + z_2(x_{il}))$ 대신에 $(\bar{z}_1(x_{il}) + \bar{z}_2(x_{il}))$ 을 목적함수로 고려하면 $[P_0]$ 를 혼합정수계획문제로 변형할 수 있다.

수요의 발생 범위 $[D_{il}, \bar{D}_{il}]$ 가 총 K 개의 구간으로 분할되었기 때문에 목적함수를 전체 구간에 대한 함수로 표현하기 위하여 다음과 같이 변수를 재정의한다.

x_{il}^s : 구간 $[\alpha_s, \alpha_{s-1}]$ 에서 취하는 공급기준량,

y_{il}^s : 구간 $[\alpha_s, \alpha_{s-1}]$ 에서 x_{il}^s 이 0보다 큰 값을 갖는 경우에 1을 갖는 0-1변수.

또한, 수요처 l 과 요금수준 i 에 대하여 구간 $[\alpha_s, \alpha_{s-1}]$ 에서 얻어진 $\phi_0, \phi_s, \psi_0, \psi_s$ 를 각각 $\phi_{il}^0(s), \phi_{il}^s, \psi_{il}^0(s), \psi_{il}^s$ 로 표시하면 $[P_0]$ 의 목적함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} Z = & \sum_{l \in L} \sum_{i \in I_s} \sum_{k=1}^K (-g_{il} \sum_{k=1}^K p_k \frac{(\alpha_{k-1} + \alpha_k)}{2}) (1 - y_{il}^s) i^s \\ & + \sum_{l \in L} \sum_{i \in I_s} \sum_{s=1}^K (\phi_{il}^0(s) + \psi_{il}^0(s)) y_{il}^s \\ & + \sum_{l \in L} \sum_{i \in I_s} \sum_{s=1}^K (\phi_{il}^s + \psi_{il}^s) x_{il}^s \\ & + \sum_{l \in L} \sum_{i \in I_s} \sum_{s=1}^K R_0 (Q - (1 - w_{il} F(M_i)) x_{il}^s) \end{aligned}$$

따라서 목적함수에서 상수항을 제외하면 $[P_0]$ 는 다음과 같은 혼합정수계획 모형으로 변형될 수 있다.

$$[P] \quad \text{Max.} \quad \sum_{l \in L} \sum_{i \in I_s} \sum_{s=1}^K (a_{il} y_{il}^s + b_{il} x_{il}^s) \quad (5)$$

$$s.t. \quad x_{il}^s \leq \alpha_{il}^{-1} y_{il}^s, \quad i \in I_l, l \in L, s = 1, \dots, K, \quad (6)$$

$$x_{il}^s \geq \alpha_{il}^s y_{il}^s, \quad i \in I_l, l \in L, s = 1, \dots, K, \quad (7)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{i \in I_l} \sum_{k=1}^K x_{il}^k \leq Q, \quad (8)$$

$$\sum_{s=1}^K y_{il}^s \leq 1, \quad i \in I_l, l \in L, \quad (9)$$

$$y_{il}^s \in (0, 1), \quad x_{il}^s \geq 0, \quad i \in I_l, l \in L, s = 1, \dots, K, \quad (10)$$

$$a_{il} = \phi_{il}^0(s) + \psi_{il}^0(s) + g_{il} \sum_{k=1}^K p_k \frac{(\alpha_{k-1} + \alpha_k)}{2},$$

$$b_{il} = (\phi_{il}^s + \psi_{il}^s) + R_0 (w_{il} F(M_i) - 1)$$

$[P]$ 는 혼합정수계획모형으로 식 (5)는 (0, 1)정수변수와 선형함수로 주어지는 목적함수이고, 식 (6)과 식 (7)은 범위 $[\alpha_s, \alpha_{s-1}]$ 에서 공급기준이 값을 갖거나, 0의 값을 가져야 함을 나타내고 있고, 식 (8)은 단체수요에 할당 가능한 총좌석수의 제약을 나타낸다. 식 (9)는 K 개의 수요구간에서 하나의 구간에서만 공급기준 값이 양수 값을 가져야 함을 나타내고 있다. $[P]$ 가 혼합정수계획문제이고, 다양한 효과적인 해법이 존재할 수 있지만, 현실적으로

항공사의 단체수요에 대한 수요처의 범위를 고려하면 기존의 상용 패키지(CPLEX, LINDO)를 사용하여 최적해를 구하는 것이 효과적일 수 있다.

본 연구에서 고려된 선형근사법에 의한 최대오차는 $z_1(x_{ij}^*)$ 의 경우 $x_{ij}^* = (\alpha_s + \alpha_{s-1})/2$ 에서 발생하며 최대 오차값은 $\frac{1}{8}r_{ij}p_s\Delta_s$ 가 된다. 반면에, $z_2(x_{ij}^*)$ 의 경우는 $x_{ij}^* = (\alpha_s + \alpha_{s-1})/2$ 에서 발생하며 최대 오차값은 $\frac{1}{8}(2r_{ij} + g_{ij})p_s\Delta_s$ 가 된다. 그러나 $z_1(x_{ij}^*)$ 은 볼록함수, $z_2(x_{ij}^*)$ 는 오목함수를 나타내고 있어, $(z_1 + z_2)$ 는 $(z_1 + z_2)$ 의 하한 또는 상한으로 사용할 수 없다. 다만, Δ_s 의 크기를 작게 할수록(K 를 많이 할수록) 최대오차의 크기가 점차 줄어들게 될 것이다.

4. 모의실험 및 결과분석

본 연구에서 제시된 항공사 단체수요에 대한 좌석할당 모형의 타당성을 분석하기 위하여 단체수

요에 대한 가정된 자료를 바탕으로 좌석할당 문제를 적용한다. 패키지 여행상품을 위해 사전에 지원되는 단체좌석은 성수기, 평수기 및 비수기에 따라 항공편 당 최대좌석을 가정하고(성수기 = 60, 평수기 = 90, 비수기 = 120), 단체 요금을 적용 받기 위한 최소 좌석요구량은 $16(M_1 = 16)$ 으로 가정한다. 수요처는 6개를 고려하고 단일 요금수준을 고려하여 가격은 모든 수요처에서 동일하게 100을 가정하며, 별과금은 20~40 범위에서 고려하여 별과금의 변화에 따른 좌석할당의 변화를 분석할 수 있도록 한다. 남겨진 좌석에 대한 가치는 80을 가정한다. 최종 단체수요확인 시점 이후에 단체가 성립되지 않는 경우는 사전에 배정된 좌석의 10%~40%가 개인수요로 전환되어 판매될 수 있는 것으로 하여 개인수요 전환 비율에 따른 좌석할당의 변화를 분석할 수 있도록 한다.

각 수요처에서의 수요는 계단형 분포함수에 따라 일정한 범위에서 무작위로 발생한다. 계단형 분포함수에서 구간수는 모든 수요처에서 동일하게

〈표 2〉 모의실험에 사용된 구간별 수요발생확률

구 간		수요발생 확률(%)									
수요처	수요 특성	[10, 12]	[12, 14]	[14, 16]	[16, 18]	[18, 20]	[20, 22]	[22, 24]	[24, 26]	[26, 28]	[28, 30]
1	성수기	14	5	17	12	12	16	14	3	1	7
	평수기	25	20	15	15	10	10	5	0	0	0
	비수기	30	25	30	5	5	3	2	0	0	0
2	성수기	20	1	5	8	5	19	16	1	7	18
	평수기	15	15	20	20	5	5	5	5	5	5
	비수기	25	25	20	10	5	5	5	5	0	0
3	성수기	12	22	14	32	0	13	2	0	4	1
	평수기	10	30	15	20	5	5	5	5	5	0
	비수기	15	20	25	10	10	5	0	5	5	5
4	성수기	19	10	3	9	9	12	20	1	9	8
	평수기	20	15	10	10	10	10	0	5	10	10
	비수기	30	20	25	5	5	5	5	5	0	0
5	성수기	16	17	18	16	3	0	1	5	12	12
	평수기	10	15	20	20	5	10	10	5	5	0
	비수기	25	20	20	10	0	0	5	5	10	5
6	성수기	14	3	8	3	15	2	22	13	2	18
	평수기	15	10	20	25	15	5	5	5	0	0
	비수기	15	15	15	15	15	10	5	5	5	0

10을 가정하고, 각 수요처의 최대수요와 최소수요의 범위 내에서 구간 크기는 동일한 것으로 가정한다. 수요의 발생은 성수기, 평수기 및 비수기로 구분하여 고려하고, 이에 따른 각 구간별 수요 발생 확률은 <표 2>와 같다.

이 같은 수요 및 요금수준에 대한 가정을 바탕으로, 모형 [P]를 적용하여 각 수요처별 단체수요에 대한 최적 공급기준을 얻을 수 있다. 이를 위해 CPLEX6.0 프로그램을 이용하여 개인용 컴퓨터(Pentium, 2.8GHz)에서 최적해를 구하였고, 계산에 소요된 시간은 수초 이하로 나타나고 있다. 각 수요처별 최적 공급기준은 <표 3>과 같이 결정된다. 단체수요에 할당되는 좌석수는 벌과금의 규모 및 개인수요 전환비율에 따라 다르게 나타나고 있다. 대체로 비수기에는 단체수요가 평균 88.3이 발생하지만, 실질적으로 단체를 구성할 수 있는 경우는 1개 정도(16석)로 나타나고 있고, 평수기의 경우 평균 단체수요는 95.0이 발생하지만, 3개 단체(48석)

정도가 형성되고 있으며, 성수기에는 107.6의 높은 단체수요에도 불구하고, 최대 공급가능석을 60석으로 제한한 관계로 4개 단체 정도가 형성되는 것으로 것을 볼 수 있다. 물론, 수요처간의 수요교환 및 수요통합은 발생하지 않는 것을 가정한 결과이다.

벌과금 값이 상대적으로 큰 경우는 개인 판매가격과 단체 판매가격의 차이가 큰 경우로 주로 관광노선 또는 경쟁이 높은 노선에서 주로 나타나게 되고, 벌과금 값이 낮은 경우는 개인 판매가격과 단체 판매가격의 차이가 적은 상용노선에서 주로 발생한다. 개인수요로의 전환 비율이 높은 경우는 개인 수요가 단체수요에 비해 많이 발생하는 경우로 성수기 또는 비수기 등의 계절적 특성 보다는 특정 항공편에서 개인 수요의 대기 예약이 많이 예상되는 경우에 고려될 수 있다.

성수기에는 단체수요뿐만 아니라 개인 수요도 높게 발생하기 때문에 단체수요를 위해 할당한 최대 좌석수(60)를 거의 소진하면서 좌석 할당을 하게 된

<표 3> 단체수요에 따른 좌석할당 결과

수요처	수요평균		(벌과금(g_{it}), 개인수요 전환비율(w_{it}))					
			(40, 40)	(40, 20)	(40, 10)	(20, 40)	(20, 20)	(20, 10)
1	성수기	17.5	0	0	0	0	0	0
	평수기	14.3	0	0	0	0	0	0
	비수기	12.9	0	0	0	0	0	0
2	성수기	19.3	20	20	20	20	20	20
	평수기	16.2	16	0	0	0	0	0
	비수기	14.1	0	0	0	0	0	0
3	성수기	15.2	0	0	0	0	0	0
	평수기	15.4	16	0	0	0	0	0
	비수기	15.7	0	0	0	0	0	0
4	성수기	18.2	18	18	20	20	16	16
	평수기	17.2	18	16	16	16	0	0
	비수기	13.9	0	0	0	0	0	0
5	성수기	17.3	0	0	0	0	0	0
	평수기	16.4	16	16	16	16	0	0
	비수기	15.6	0	0	0	0	0	0
6	성수기	20.1	22	22	20	20	20	20
	평수기	15.5	16	16	16	16	0	0
	비수기	16.1	16	16	16	16	0	0
합계	성수기	107.6	60	60	60	60	56	56
	평수기	95.0	82	48	48	48	0	0
	비수기	88.3	16	16	16	16	0	0

다. 반면에, 평수기 또는 비수기에는 단체수요를 형성할 수 있는 수준(16) 이상의 수요 발생 가능성이 낮아 실제 할당되는 좌석수도 낮게 나타나고 있다. 벌과금이 큰 경우에는 공급기준을 초과하는 수요의 발생을 최대한 낮게 유지하려 할 것이기 때문에 좌석할당이 많아지게 되고, 개인 전환 비율이 높을 경우에는 단체수요에 할당했던 좌석을 개인좌석으로 판매할 수 있는 가능성이 높기 때문에 단체수요를 위해 많은 좌석을 할당하게 되는 것으로 나타나고 있다. 이 같은 결과는 현실적인 상황에서도 예상될 수 있는 결과로, 가상수요에 대한 실험결과로부터 본 연구에서 제시된 모형의 현실적인 적용가능성을 확인해 볼 수 있다.

5. 결 론

항공여행시장에서 단체수요는 여러 유형으로 구분될 수 있고, 각 유형에 따른 수요발생 특성이 상이하여 수익 최대화를 위한 수익경영 모형 또한 다르게 고려된다. 항공수요에서 단체수요의 경우는 항공사의 노력에 의해 수요가 통제 되는 것이 아니라 여행 대리점을 통한 간접판매 성격이 크기 때문에, 단체수요의 발생 특성뿐만 아니라 항공사와 여행사의 관계도 중요한 영향을 미치게 된다. 따라서 패키지성 단체수요에 대한 좌석할당 모형은 각 나라의 항공여행 시장환경(항공사-여행사 관계 등)에 따라 다른 모형이 적용되어야 한다. 본 연구에서는 단체 항공수요 중에서 패키지성 단체수요를 대상으로 최적 좌석관리를 통한 최대 수익을 달성하도록 하기 위한 문제를 고려하여 최적화 모형을 개발하였다.

본 연구에서는 국내의 패키지성 단체 항공수요를 대상으로 항공사-여행사의 관계를 고려한 최적 좌석할당 모형을 개발하였다. 특히, 불확실한 단체수요 하에서 수익이 최대가 되는 좌석할당 문제는 비선형의 목적함수를 갖는 모형으로 정식화 될 수 있으나, 선형완화 기법을 적용하여 효과적으로 선형계획 모형으로 근사화 시킨 모형을 개발하였다.

단체수요에 대한 최적 좌석할당 모형에 임의로 가정된 매개변수와 수요분포를 대상으로 모형을 적용한 결과 각 수요처별 최적 좌석할당 기준을 설정할 수 있음을 확인하였고, 계산결과의 현실적 적용 가능성이 높음을 확인할 수 있었다. 특히, 본 연구에서 제시한 근사화된 선형계획 모형은 불확실한 수요에 대하여 새로운 발견적 해법의 개발 없이 기존의 선형계획모형 프로그램을 이용하여 최적해를 확인할 수 있는 이점을 가지고 있다.

본 연구는 단체 항공수요에 대한 개별 수요처별 관리를 목적으로 최적 좌석할당 문제를 다루고 있으나, 실제 할당된 단체좌석의 운용방법과 해지, 예약부도 등을 고려한 모형으로 확장되어야 한다. 또한, 단체수요와 개인수요를 하나의 모형에서 고려하는 문제로 연구범위를 확장해야 할 것이고, 단체수요에 대한 가격과 좌석할당을 동시에 결정하는 문제로 연구범위를 넓혀야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 송윤숙, 이휘영, "항공사 그룹수요의 효과적인 관리방안에 관한 연구", 『2004 한국항공경영학회 춘계학술대회 발표논문집』, (2004), pp.267-276.
- [2] 윤덕영, 윤문길, 항공·관광 e-비즈니스, 홍릉과학출판사, 2004.
- [3] 윤문길, 이휘영, "항공사 수익경영모형에 관한 조사 연구", 『한국경영과학회지』, 제30권(2005), pp.41-62.
- [4] 정대영, 윤문길, "단체수요를 고려한 서비스산업의 수익관리 최적화 모형에 관한 연구", 『경영연구』, 제7권, 제2호(2000), pp.86-101.
- [5] Belobaba, P.P., "Airline Yield Management: An Overview of Seat Inventory Control," *Transportation Science*, Vol.21(1987), pp.63-73.
- [6] Belobaba, P.P., "Application of a probabilistic decision model to airline seat in-

- ventory control," *Operations Research*, Vol. 37(1989), pp.183-197.
- [7] Bodily, S. and L. Weatherford, "Perishable-Asset Revenue Management : Generic and Multiple-Price Yield Management with Diversion," *Omega*, Vol.23(1995), pp.173-185.
- [8] 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.
- [9] Gallego, G. and van G. Ryzin, "A Multi-Product Dynamic Pricing Problem and Its Applications to Network Yield Management," *Operations Research*, Vol.45(1997), pp.24-41.
- [10] McGill, J. and van G. Ryzin, "Revenue Management : Research Overview and Prospects," *Transportation Science*, Vol.33 (1999), pp.233-256.
- [11] Pfeifer, P.E., "The Airline Discount Fare Allocation Problem," *Decision Science*, Vol. 20(1989), pp.149-157.
- [12] Subramanian, J., Stidham Jr. S. and C.J. Lautenbacher, "Airline Yield Management with Overbooking, Cancellations, and No-Shows," *Transportation Science*, Vol.33 (1999), pp.147-167.
- [13] Szwarz, W., "The transportation problem with stochastic demand," *Management Science*, Vol.11(1964), pp.33-50.
- [14] Talluli, K.T. and van G. Ryzin, *The theory and practice of revenue management*, Springer, New York, 2005.
- [15] Tcha, D.W. and M.G. Yoon, "A dual-based heuristic for the simple facility location problem with stochastic demand," *IIE Transactions*, Vol.17(1985), pp.364-369.
- [16] Weatherford, L. and S. Bodily, "A Taxonomy and Research Overview of Perishable-Asset Revenue Management," *Operations Research*, Vol.40(1992), pp.831-844.