

미국 항공사의 운영·경쟁·경영 효율성 분석 - 2005년부터 2014년까지 자료를 중심으로 -*

최 강 화**

《目 次》

I. 서 론	IV. 미국 항공사의 부트스트랩
II. 효율성 큐브(Efficiency Cube)	효율성 측정
III. 연구방법론 및 연구 모형	V. 결 론

I. 서 론

항공 서비스는 고객을 대상으로 장소적 이동을 제공하는 전형적인 서비스업 중의 하나이다. 따라서 고객들이 인지하는 항공 서비스품질은 항공사 운영성과에 매우 중요하다. 그러나 항공사의 효율성을 평가한 기존의 연구들은 매우 많음에도 불구하고, 항공 서비스품질을 고려한 경영 효율성 평가는 상대적으로 매우 부진한 편이다. 특히 고객이 인지하는 서비스품질은 단기적인 측면뿐만 아니라 장기적으로 항공사의 경영성과에 긍정적 영향을 미친다는 점에서 항공사들이 관리해야 하는 중요한 영역이다.

기존의 대부분의 항공사를 대상으로 한 연구들은 주로 경영 효율성을 측정한 연구들이 대부분이다 (권영훈과 최동길, 2011; 김양숙, 2009; Assaf and Josiassen, 2011; Barros and Peypoch, 2009; Franke, 2004; Fu et al., 2015; Lee and Worthington, 2014). 즉 항공사 내부의 운영 프로세스를 고려하지 못하고 내부 블랙박스(blackbox)를 고려하지 않은 상태에서 자원의 투입과 그러한 자원을 통한 경영 성과 간의 상대적 비교에 초점을 맞추고 있다. 따라서 이러한 연구들은 경영 내부 프로세스의 최적화를 고려하지 못한 연구 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 항공사의 내부 프로세스를 오픈하여 내부 프로세스의 최적화가 기업 경영성과에 어떠한 영향을 미치고 있는 가를 분석하려 한다(Assaf and Josiassen, 2012; Barros et al., 2013; Cheng,

* 본 연구는 서울대학교 경영정보연구소의 연구비 지원에 의해 이루어졌습니다.

** 한성대학교 경영학부

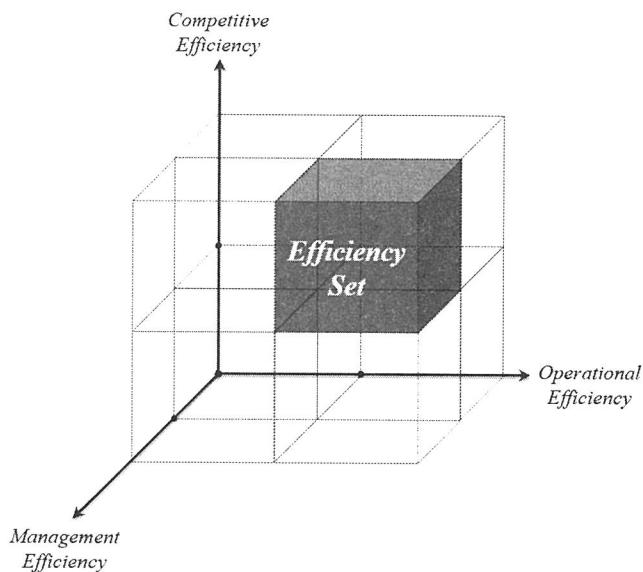
2013; Choi et al., 2015; Jang et al., 2011; Mallikarjun, 2015). 즉, 본 연구는 2005년부터 2014년까지 미국 항공사를 대상으로 항공사의 자원 투입과 항공 서비스품질 간의 운영 효율성(operational efficiency), 항공 서비스품질과 경영 성과 간의 경쟁 효율성(competitive efficiency) 그리고 내부 자원 투입 대비 경영 성과를 측정하는 전반적인 경영 효율성(management efficiency)을 측정한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 다음 장에서는 본 연구에서 제시하고 있는 효율성 큐브에 대한 이론적 배경을 설명한다. 3장에서는 연구 모형과 자료포락분석(Data Envelopment Analysis: 이하 DEA)에 대해 설명하고, 4장에서는 부트스트랩(bootstrap) DEA의 실증분석 결과를 제시한다. 5장에서는 이러한 결과를 기반으로 결론을 제시한다.

II. 효율성 큐브(Efficiency Cube)

일반적으로 효율성은 투입 대비 산출량을 고려하여 상대적인 효율의 순위를 결정한다. 이러한 효율성은 기업 경영의 다양한 측면을 상대적으로 비교 평가할 수 있는 매우 유용한 기법 중의 하나이다. 특히 DEA 방법론은 투입과 산출을 정량적으로 측정하여 비교 대상 간의 상대적 효율성을 평가할 경우에는 매우 유용하다(Choi et al., 2015).

기존의 대부분의 연구에서는 효율성을 측정할 경우에 성과를 도출하기 위해 투여된 인적 또는 물적 자원의 투입량과 자원의 투입으로 인한 산출된 성과를 비교함으로써 효율성을 측정하였다(Carmeli and Tishler, 2004). 그러나 이러한 효율성 측정은 투입이 변환되어 산출이 되는 그 중간 과정의 블랙박스를 살펴보는 데 한계가 있다. 따라서 기존의 몇몇 연구들은 연결된 체인형 구조(chain-linked structure)를 통해 단계별 효율성을 측정하기 위한 시도를 하고 있다. 본 연구에서도 항공사를 대상으로 효율성을 운영 효율성과 경쟁 효율성 그리고 경영 효율성의 세 가지 단계로 구분하여 측정한다. 즉 다음의 <그림 1>에서 살펴보는 바와 같이 효율성은 기업 내부의 프로세스 최적화를 통해 달성 가능한 내부 운영의 최적화와 시장의 경쟁관계에서 고객과의 관계 속에서 측정 가능한 경쟁 효율성 그리고 기업의 자원을 효율적으로 관리해서 최적의 경영 성과를 도출 할 수 있는 가를 측정할 수 있는 경영 효율성으로 구분할 수 있다.



〈그림 1〉 효율성 큐브(efficiency cube)

이러한 세 가지의 효율성이 모두 높은 의사결정 단위(decision making units: DMUs)는 벤치마킹의 대상이 되는 것이며, 기업은 기업의 자원을 효율적으로 운영하여 이러한 세 가지의 효율성이 모두 높이는 방향으로 전략적 운영을 하여야 한다. 기업이 지속가능한 성장을 도모하기 위해서는 어느 한쪽의 효율성에 치중한 전략적 운영보다는 세가지 영역이 모두 우수한 효율성 집단(efficiency set)이 되어야 한다. 운영 효율성이 높더라도 시장에서의 경쟁 효율성이 낮다면 경영 효율성이 높을 수 없다. 또한 시장 효율성이 높더라도 운영 효율성이 떨어진다면 장기적으로 해당 기업은 최적의 자원 배분을 달성하지 못하는 오류를 범할 수 있다. 따라서 단기적 또는 장기적으로 지속적인 성장을 도모하기 위해서는 운영 효율성과 시장 효율성 그리고 이러한 결과인 경영 효율성이 모두 높아야 한다.

III. 연구방법론 및 연구 모형

3.1 연구방법론

기본적으로 DEA 분석 방법론은 동질적인 의사결정 단위들 간의 효율성을 상대적으로 비교하기 위한 선형 계획 모형이다. DEA는 일반적으로 m 개의 입력물과 s 개의 출력물을 가진 j 개의 의사

결정단위가 있을 때, 각각의 입력변수와 출력변수를 DMU_j 의 x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$) 와 y_{rj} ($r = 1, 2, \dots, s$)로 정의한다. 다음의 식은 불변수익규모(constant return-to-scale: CRS)를 가정한 경우의 산출물 기반(output-oriented)의 CCR 모형을 수식으로 표현한 것이다(Färe et al., 1994; 강상묵, 2015; 박만희, 2008).

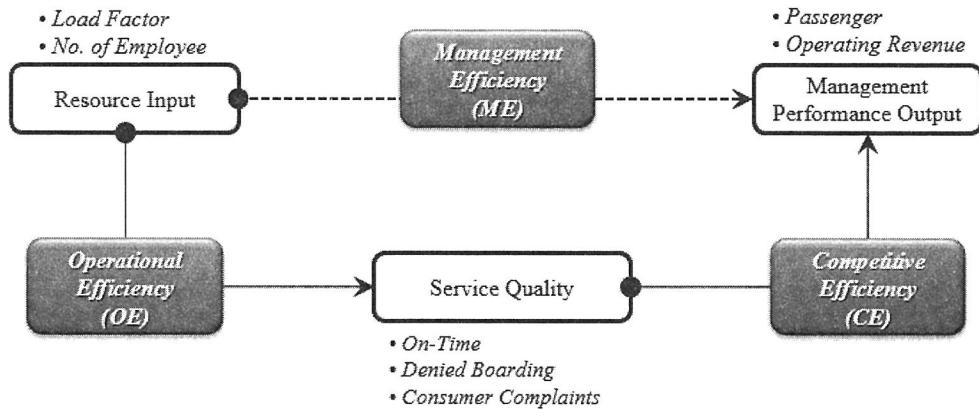
$$\begin{aligned}
 & \text{Max } h_0 = \theta \\
 & \text{s.t.} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m; \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \sum_{r=1}^s \theta y_{r0} \quad r = 1, 2, \dots, s; \\
 & s_i^-, s_r^+, \lambda_j \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

이렇게 정의된 선형계획모형에서 효율적인 DMU인 $h_0^* = 1$ 이 되기 위한 조건은 $\theta^* = 1$, $s_i^{-*} = 0$, $s_r^{+*} = 0$ 를 만족시키는 것이다(Wang et al., 1997).

3.2 연구모형

본 연구에서는 불변수익규모(CRS)를 가정한 산출물 기반의 CCR 모형을 기반으로 다음의〈그림 2〉와 같이 세 단계의 효율성을 측정한다.

우선, 운영 효율성은 종업원 수(number of employee)와 여객 수송률(load factor)을 투입요소로, 항공사의 서비스 품질 요인인 정시 도착률(on-time), 탑승 거절(denied boarding), 고객 불만률(consumer complaints) 등을 산출변수로 측정하였다. 항공사의 운영 효율성을 측정하기 위해서는 항공사 서비스품질에 대한 측정이 필수적이다. 또한 항공사는 전형적인 항공서비스를 제공하는 서비스업체로써 항공 서비스품질을 반영하는 것은 당연하다. 둘째, 경쟁 효율성은 운영 효율성을 산출변수들을 투입 변수로 입력하고, 탑승 고객수(number of passenger)와 운영 수익(operating revenue)을 산출변수로 측정하였다. 즉 본 연구에서는 운영 효율성과 경쟁 효율성이 연결된 체인형 구조(chain-linked structure)를 기반으로 단계적 효율성을 측정하였다. 셋째, 경영 효율성은 운영 효율성의 입력변수와 경쟁 효율성을 출력변수를 이용하여 전반적인 경영 효율성을 측정하였다. 즉 중간 매개물인 항공 서비스품질을 제외한 순수 경영 자원의 입력과 그 산출물인 운영 수익 등의 변수를 이용하여 항공사의 효율성을 측정하였다.



〈그림 2〉 연구모형

3.3 데이터와 측정변수

본 연구에서는 미국 항공사를 크게 4가지 그룹으로 분류하였다. 첫째, 네트워크 항공사는 일반적인 대형 항공사로 AA, DL, UA, US가 포함되었다. 둘째, 저가 항공사는 원가 경쟁력을 기반으로 저가 항공권을 제공하고 있는 항공사로 동일 기종의 항공기 운영을 통한 원가 절감과 다양한 부가 서비스를 제한함으로 인해 운영 원가절감에 초점을 맞춘 저가 항공사로 B6, F9, VX, WN이 포함되어 있다. 셋째, 특수 항공사로 AS와 HA는 지역 기반의 대형 항공사이다. 항공사 규모 측면에서는 대형 항공사에 포함되나 항로 운영을 특정 지역에 제한함으로써 특수한 항공 서비스를 제공하고 있는 항공사이다. 마지막으로 지역 항공사는 주로 지점 대 지점 또는 지역 간 항공 서비스를 제공하고 있는 소형 항공사들로 MQ, OO, XE 등이 포함되어 있다. 다음의 〈표 2〉는 미국 항공사의 분류 및 IATA 코드를 정리하고 있다.

본 연구에서 효율성 분석을 위해 사용된 항공사의 미국의 13개 항공사로 American Airlines(AA), Alaska airlines(AS), JetBlue Airline(B6), Delta Airlines(DL), Frontier Airlines(F9), Hawaiian Airline(HA), Envoy Air(MQ), SkyWest Airline(OO), United Airlines(UA), US Airways(US), Virgin America(VX), Southwest Airlines(WN) 그리고 ExpressJet Airlines(XE)이다. 또한 본 연구에서 사용하고 있는 입력 및 출력 변수는 미국 운수성 산하의 운수통계국(Bureau of Transportation Statistics)의 통계자료와 항공여행 소비자리포트(Air Travel Consumer Report)의 항공 서비스품질 조사 자료를 활용하였다.

〈표 1〉 미국 항공사 분석 대상 및 항공사 코드

Category	IATA	Full Name
네트워크 항공사 (Network)	AA	American Airlines
	DL	Delta Airlines
	UA	United Airlines
	US	US Airways
저가항공사 (LCC)*	B6	JetBlue Airways
	F9	Frontier Airlines
	VX	Virgin America
	WN	Southwest Airlines
특수 항공사 (Specialty)**	AS	Alaska Airlines
	HA	Hawaiian Airlines
지역항공사 (Regional)***	MQ	Envoy Air (<i>Formerly American Eagle Airlines</i>)
	OO	SkyWest Airlines
	XE	ExpressJet Airlines

* ICAO (www.icao.int/sustainability/Documents/LCC-List.pdf)

** Michael D. Wittman and William S. Swelbar (2013), Evolving Trends of U.S. Domestic Airfares: The Impacts of Competition, Consolidation, and Low-cost Carriers, MIT Small Community Air Service White Paper No. 3 Report No. ICAT-2013-07.

*** Regional Airline Association (www.raa.org)

IV. 미국 항공사의 부트스트랩 효율성 측정

DEA 분석기법은 비모수 방법론이다. 따라서 본 연구에서는 비모수적 한계를 극복하기 위해 부트스트랩 방법을 통해 효율성 점수를 도출하였다. 이러한 부트스트랩 기법은 자료생성과정(data generating process)을 반복적으로 시뮬레이션 하여 모수의 추정치를 얻고 이에 근거하여 신뢰 구간을 추정해 내는 기법이다.

미국의 13개 항공사를 대상으로 한 부트스트랩 결과는 다음의 〈표 2〉과 같다.

4.1 미국 항공사들 간의 운영 효율성 비교

다음 〈그림 3〉의 네트워크 항공사의 운영 효율성 추이를 살펴보면, 2007년까지 매우 낮은 효율성 값을 보이고 있으나, 2008년부터는 상승하는 효율성 값을 보이고 있다. 그러나 여전히 다른 항공사 그룹들에 비해 낮은 운영 효율성을 보이고 있다. 즉 대형 항공사의 경우에는 주로 대륙과 대륙 간의 장거리 운항을 기본으로 하고 있고, 또한 대형 항공기 위주로 운항 함으로 인해 운영 효율성이 상대적으로 낮게 나타난 것으로 파악할 수 있다. 또한 고가의 항공권 구매에 따른 고객의 기

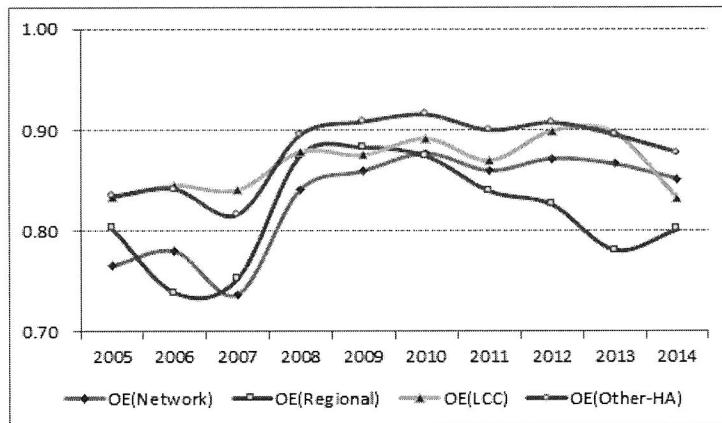
대 항공 서비스 수준이 높은 반면, 실제 인지하게 되는 항공 서비스 수준과의 차이가 큼에 따라 전반적으로 효율성 값이 낮게 분석되었다.

〈표 2〉 연도별 항공사 부트스트랩핑(bootstrapping) 효율성 점수

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
OE	OE(Network)	0.766	0.780	0.737	0.841	0.859	0.877	0.860	0.872	0.866	0.851
	OE(Regional)	0.803	0.739	0.753	0.874	0.883	0.874	0.839	0.826	0.781	0.801
	OE(LCC)	0.833	0.845	0.841	0.879	0.875	0.892	0.870	0.899	0.897	0.832
	OE(Other-HA)	0.835	0.841	0.816	0.895	0.908	0.915	0.900	0.907	0.895	0.878
CE	CE(Network)	0.965	0.983	0.957	0.960	0.989	0.988	0.982	0.973	0.966	0.967
	CE(Regional)	0.896	0.981	0.949	0.948	0.967	0.978	0.962	0.935	0.971	0.977
	CE(LCC)	0.920	0.944	0.943	0.966	0.979	0.992	0.987	0.934	0.937	0.953
	CE(Other-HA)	0.965	0.985	0.973	0.993	0.993	0.995	0.986	0.956	0.944	0.941
ME	ME(Network)	0.912	0.949	0.950	0.969	0.977	0.983	0.983	0.980	0.979	0.982
	ME(Regional)	0.818	0.881	0.880	0.900	0.903	0.919	0.914	0.891	0.881	0.943
	ME(LCC)	0.902	0.935	0.938	0.966	0.964	0.974	0.978	0.971	0.964	0.980
	ME(Other-HA)	0.917	0.949	0.949	0.976	0.981	0.985	0.982	0.968	0.945	0.940

한편, 지역 항공사의 경우에는 2010년 이후로는 매우 낮은 운영 효율성 값을 보이고 있다. 특히 지역 항공사의 경우에는 대형 항공사와의 연계나 코드 쇼어(code-sharing) 등이 많이 발생함에 따라 실제로 고객들이 인지하는 지역 항공사의 서비스 품질은 상대적으로 낮게 평가되어 이와 같은 효율성 저하를 보이는 것으로 분석할 수 있다. 일반적으로 지역 항공사의 경우에는 독자적인 항로 개발이나 항공 운행보다는 대형 항공사와의 연계를 통해 지점 간(point-to-point) 연결에 초점을 맞추고 있으며, 대륙 간 이동에는 대형 항공사에 의지하는 비율이 매우 높아서 지역 항공사가 가지고 있는 소규모 항공사로써의 한계를 노정하고 있으며, 이러한 열악한 항공사의 서비스 품질이 효율성을 낮추는 데 기여한 것으로 분석할 수 있다.

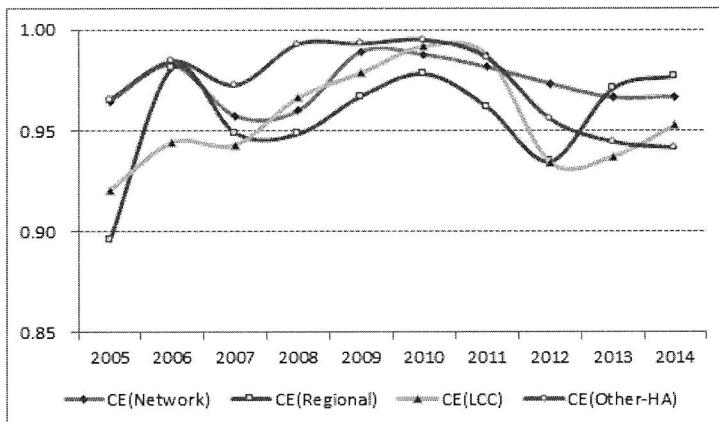
LCC의 운영효율성이 높은 것은 두 가지를 고려해야 한다. 첫째, LCC 자체의 효율성 극대화 전략이다. 둘째, 고객측면에서 지기항공의 경우에는 비용·절감이 주요한 목적이기 때문에 고객의 서비스품질에 대한 기대수준이 다른 항공사에 비해 낮기 때문에 효율성이 높은 것으로 평가할 수 있다.



〈그림 3〉 미국 항공사 운영 효율성(OE) 변화추이

4.2 미국 항공사들 간의 경쟁 효율성의 비교

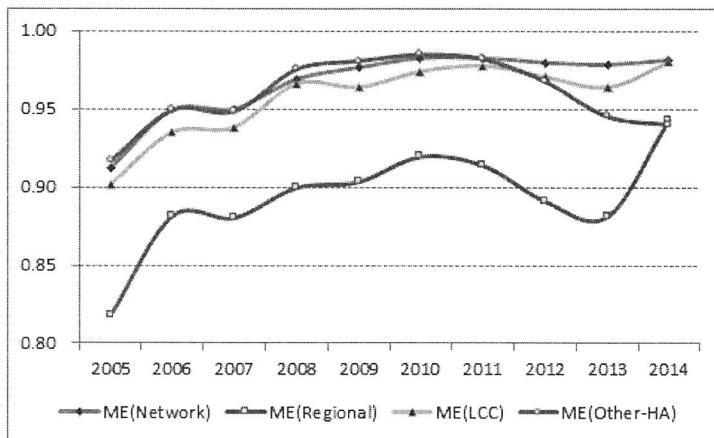
다음의 〈그림 4〉를 살펴보면, 전반적으로 항공사 그룹들 간의 효율성 변동은 일정한 패턴을 가지기 보다는 연도 별로 서로 다른 모습을 보이고 있다. 예를 들어, 특수 항공사의 경쟁 효율성은 2005년부터 2011년까지 다른 항공사들에 비해 높으나, 이후 급속히 감소하는 추세를 보이고 있다. 또한 저가 항공사의 경쟁 효율성은 2005년부터 2011년까지 지속적으로 성장하는 추세를 보이고 있었으나, 2012년에 가장 낮은 수치를 보이다가 다시 성장하는 모습을 보이고 있다. 네트워크 항공사의 경쟁 효율성은 전반적으로 다른 항공사들에 비해 높은 수치를 유지하는 편이다. 지역 항공사의 경쟁 효율성은 변동 폭이 매우 큰 편으로, 2008년부터 2011년까지는 최하위의 값을 가지다가 2013년부터는 최고 높은 효율성을 보이고 있다.



〈그림 4〉 미국 항공사 경쟁 효율성(CE) 변화추이

4.3 미국 항공사들 간의 경영 효율성의 비교

미국 항공사들의 경영효율성에 대한 평가를 보면, 미국의 네트워크 항공사들의 경영효율성이 가장 크고, 다음의 LCC의 효율성이 높으며, 지역항공사의 효율성이 상대적으로 가장 낮게 분석되었다. 네트워크 항공사의 경영효율성이 높은 이유는 상대적으로 다른 항공사 그룹에 비해 대형 항공기 운용을 통한 좌석 수 확보와 이를 통한 단위 원가 절감에 기인한다고 분석할 수 있다. 또한 최근 들어 낮은 수익을 창출하는 항공 노선을 과감히 정리하고 규모의 경제를 확보하기 위한 노력의 여파로 효율성이 증가한 것으로 분석되었다. 한편, other 항공사인 HA는 2010년 이후로 OE, CE, ME가 모두 하향하는 추세를 가지고 있다.



〈그림 5〉 미국 항공사 경영 효율성(ME) 변화추이

V. 결 론

본 연구는 2005년부터 2014년까지 13개의 미국 항공사의 운영, 경쟁 그리고 경영 효율성의 변동을 추적하였다. 우선 글로벌 금융 위기(global financial crisis)가 진행되고 있던 시기에는 미국 항공사들의 운영 효율성은 상대적으로 낮았으나, 이후 운영 효율성이 회복되고 있는 것으로 분석되었다. 그러나 지역 항공사의 경우에는 다른 항공사 그룹에 비해 여전히 낮은 효율성을 보여 지역 항공사들은 운영 효율성을 개선하기 위한 다양한 전략적 방안이 필요함을 제시하고 있다. 특히 지역 항공사들은 대형 항공사나 저가 항공사들 간의 전략적 제휴 관계의 구축을 통해 운영 효율성을 높이기 위한 다양한 방안을 강구해야 한다.

한편, 경쟁 효율성의 변동도 마찬가지로 글로벌 금융 위기나 경제 상황의 변동에 매우 민감하게

반응하는 것으로 분석되었다. 특히 2011년부터 시작된 유럽 재정 위기는 지역 항공사, 저가항공사 그리고 특수 항공사의 경쟁 효율성에 매우 부정적인 역할을 한 것으로 분석되었다. 네트워크 항공사도 다른 항공사와 마찬가지로 경쟁 효율성은 감소되었으나 상대적인 감소폭은 작게 나타나 다른 항공사들에 비해 상대적으로 적은 영향을 받은 것으로 분석되었다. 추가적으로 저가 항공사의 경쟁 효율성을 살펴보면, 분석기간 동안 저가 항공사의 경쟁 효율성은 2011년까지 지속적으로 상승하는 추세를 보이고 있다는 점은 매우 중요한 의미를 가지고 있다. 즉 저가 항공사들은 항공권 판매가격 경쟁력을 통해 항공 시장에서의 경쟁력을 높이고 있고, 기존의 네트워크 항공사와의 차별화를 시도하고 있다는 점이다. 반면에 대형 항공사 위주로 구성된 네트워크 항공사들의 경쟁 효율성은 지속적으로 감소하고 있다는 점은 매우 중요한 전략적 시사점을 제시하고 있다. 따라서 네트워크 항공사들은 기존의 대형 항공사로써의 전략적 지위를 고수하면서 고객들에 대한 서비스 품질 개선 및 향상을 위한 전략적 접근이 필요하다는 점이다.

마지막으로 경영 효율성의 변동을 살펴보면, 미국의 모든 항공사들의 전반적인 경영 효율성은 지속적으로 향상되거나 유지되고 있는 것으로 파악할 수 있다. 다만, 특수 AS와 HA 등의 특수 항공사들은 경영 효율성은 2011년 이후로 지속적으로 감소하고 있어, 이러한 경영 효율성 개선을 위한 정책적 방안의 마련이 필요한 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. 권영훈, 최동길, “DEA를 활용한 저가 항공사와 대형 항공사의 효율성 비교 분석,” *한국비즈니스리뷰*, 제4권, 제2호, (2011), pp.59-79.
2. 김양숙, “DEA 모형을 이용한 항공사 운영 효율성 평가,” *항공진흥*, 제1호, 제50호, (2009), pp.132-153.
3. 김양숙, 윤문길, “DEA 모형을 이용한 항공사 운용효율성 분석체계 연구,” *산업과 경영*, 제15권, 제1호, (2007), pp.15-28.
4. Assaf, A. G. & Josiassen, A., “The operational performance of UK airlines: 2002-2007,” *Journal of Economic Studies*, Vol.38, No.1, (2011), pp.5-16.
5. Assaf, A. G. & Josiassen, A., “European vs. U.S. airlines: Performance comparison in a dynamic market,” *Tourism Management*, Vol.33, No.2, (2012), pp.317-326.
6. Barros, C. P., Liang, Q. B. & Peypoch, N., “The technical efficiency of US airlines,” *Transportation Research Part A*, Vol.50, (2013), pp.139-148.

7. Barros, C. P. & Peypoch, N., "An evaluation of European airlines' operational performance," *International Journal of Production Economics*, Vol.122, No.2, (2009), pp.525-533.
8. Carmeli, A., & Tishler, A. "Resources, capabilities, and the performance of industrial firms: A multivariate analysis," *Managerial and decision economics* Vol.25, (2004), pp.299-315.
9. Cheng, K., "Evaluation of US legacy airline distribution strategies," *Journal of Air Transport Management*, Vol.16, No.6, (2010), pp.337-339.
10. Choi, K., Lee, D. & Olson, D. L., "Service quality and productivity in the U.S. airline industry: a service quality-adjusted DEA model," *Service Business: An International Journal*, Vol.9, (2015), pp.137-160.
11. Färe, R. and Grosskopf, S., "Network DEA," *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol.34, (2000), pp.35-49.
12. Färe, R., Grosskopf, S. & Lovell, C. A. K., *Production Frontiers*. Cambridge University Press, Cambridge. (1994).
13. Franke, M., "Competition between network carriers and low-cost carriers - retreat battle or breakthrough to a new level of efficiency?," *Journal of Air Transport Management*, Vol.10, No.1, (2004), pp.15-21.
14. Fu, X., Lei, Z., Wang, K. & Yan, J., "Low cost carrier competition and route entry in an emerging but regulated aviation market - The case of China," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol.79, (2015), pp.3-16.
15. Jang, S., Choi, K. & Lee, K., "External shocks and efficiency changes in the US airline industry," *The Service Industries Journal*, Vol.31, No.14, (2011), pp. 2411-2435.
16. Lee, B. I. & Worthington, A. C., "Technical efficiency of mainstream airlines and low-cost carriers: New evidence using bootstrap data envelopment analysis truncated regression," *Journal of Air Transport Management*, Vol.38, (2014), pp.15-20.
17. Mallikarjun, S., "Efficiency of US airlines: A strategic operating model," *Journal of Air Transport Management*, Vol.43, (2015), pp.46-56.

18. Wang, C. H., Gopal, R. D., & Zionts, S., "Use of Data Envelopment Analysis in Assessing Information Technology Impact on Firm Performance," *Annals of Operations Research*, Vol.73, (1997), pp.191-213.