

국내 주요 공항 운영효율성과 초효율성 분석

전민준¹ · 한근수^{2*}

¹경북대학교 경영학과 박사과정, ²대구경북연구원 연구위원

Analysis of Efficiency and super-Efficiency of Airports in South Korea with DEA

JEON, Minjun¹ · HAN, Keunsoo^{2*}

¹Ph.D. Course, School of Business Administration, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Research Fellow, Daegu Gyeongbuk Development Institute, Daegu 42429, Korea

*Corresponding author: hks074@dgi.re.kr

Abstract

Recent drastic changes in conditions at domestic airports have led the central and many local governments to discuss the expansion of airport infrastructure, including the establishment, relocation and expansion of airports. In order to establish future airport policy directions, an appropriate assessment is needed to ensure that investments and policies for the domestic airports currently in operation have been effectively applied. Therefore, in order to evaluate airports in terms of operational efficiency, this study uses data capture analysis (DEA) to measure operational efficiency and conduct scale return analysis on 12 major airports in Korea. First, for analysis, domestic airports are based on hierarchy and scale (large, enlarged). They were grouped into four groups of general airports (medium and small). In selecting variables for analysis, two variables were selected: fixed operating costs, variable operating costs, and three variables of number of employees; WLU (Work Load Unit), which can take into account both passenger numbers and cargo as factors of calculation; and airport income, a representative financial indicator. Next, the operational efficiency of domestic airports was analysed by applying the CCR/BCC model, a representative analysis method of DEA, and the super-efficient CCR model, which allows efficient DMU comparison. As a result, the efficiency of the CCR model was high at large base airports, while some airports were efficient at medium and medium-sized general airports, and all airports were low at small general airports. Second, the efficiency analysis of the BCC model shows that larger airports, like the CCR model, are more efficient, but there are airports with different CCR models and results at medium and small general airports, which means that the airport is not scale efficient. Third, an efficient inter-airport super-efficiency analysis showed that Jeju Airport has the highest operational efficiency among domestic airports in all years. Based on the results of this study, by identifying the internal operational efficiency of the airport and adjusting the scale of the airport's investment, this study will not only help establish an efficient operation plan for the current airport, but will also assist in the creation, expansion and relocation of future airports.

Keywords: CCR/BCC model, data collection analysis, DEA analysis, domestic airport efficiency analysis, super-efficiency analysis

초록

최근 국내 공항의 급격한 여건 변화로 중앙정부와 많은 지방자치단체에서 공항의 신설, 이전, 확장 등 공항 인프라 확장에 대한 다양한 논의가 이루어지고 있다. 향후 올바른 공항 정책 방향

J. Korean Soc. Transp.
Vol.38, No.6, pp.431-451, December 2020
<https://doi.org/10.7470/jkst.2020.38.6.431>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 24 August 2020
Revised: 24 September 2020
Accepted: 8 October 2020

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

을 수립하기 위해서 현재 운영 중인 국내공항에 대한 투자와 정책이 효과적으로 적용되었는지 적절한 평가가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 운영효율성 관점에서 공항을 평가하기 위해 자료포락분석(DEA)을 활용하여 국내 주요 12개 공항을 대상으로 운영 효율성 측정과 규모수익 분석을 수행한다. 먼저, 분석을 위해 국내 공항을 위계별·규모별로 거점공항(대형, 중형), 일반공항(중형, 소형)의 4개의 그룹으로 분류하였다. 분석을 위한 변수 선정에서는 투입요소로 고정운영비, 변동운영비, 종업원 수의 3개 변수를, 산출요소로 여객수와 화물 모두 고려할 수 있는 단위처리량(Work Load Unit, WLU)과 대표적인 재무 지표인 공항수익의 2개 변수를 선택하였다. 다음으로 DEA의 대표적인 분석 방법인 CCR/BCC 모형과 효율적인 DMU 비교가 가능한 초효율성 CCR 모형을 적용하여 국내 공항의 운영효율성을 분석하였다. 그 결과로는 첫째, 대형 거점공항에서 CCR 모형의 효율성이 높게 나타났으며, 중형 거점공항과 중형 일반공항은 일부 공항이 효율적으로, 소형 일반공항에서는 모든 공항의 효율성이 낮게 나타났다. 둘째, BCC 모형의 효율성 분석에서는 CCR모형과 마찬가지로 공항의 규모가 클수록 효율성이 높게 나타났으나, 중·소형 일반공항에서 CCR 모형과 결과가 상이하게 나온 공항이 있었으며, 이는 해당 공항이 규모 효율적이지 않다는 것을 의미한다. 셋째, 효율적 공항 간 초효율성 분석에서는 모든 년도에서 국내 공항 중 제주공항의 운영효율성이 가장 높은 것으로 나타났다. 본 연구 결과를 바탕으로 공항의 내부 운영 효율성을 파악하고 공항의 투자 규모를 조정함으로써 현재 공항의 효율적인 운영 방안 수립뿐만 아니라, 미래의 공항의 신설, 확장, 이전 등에도 본 연구가 도움을 줄 수 있을 것이다.

주요어: CCR/BCC 모형, 자료포락분석, DEA 분석, 국내 공항 효율성 분석, 초효율성 분석

서론

국내 항공운송산업의 꾸준한 성장으로 국내 공항에 대한 관심이 점차 높아짐에 따라, 최근 제주 2공항, 울릉공항, 흑산공항 신설, 대구 신공항 이전, 김해공항 확장 등 중앙정부와 각 지방자치단체는 국내 공항 인프라 확장에 대한 방안을 모색하고 있다. 공항은 해당 지역에 경제적 파급 효과는 물론, 교통 인프라에도 중대한 영향을 끼치는 등 지역에 있어 중요한 요소로써(Sarkis, 2000), 현재 운영 중인 국내 공항이 적절한 투자와 정책이 적용되었는지 운영효율성 측면에서 국내 공항을 분석·평가할 필요가 있다. 국내 공항 운영효율성은 국내공항발전 방향 모색에 있어 중요한 의미를 지닌다. 각 공항의 운영지표를 고려한 효율성을 분석함으로써 해당 공항 경영과 투자가 제대로 이루어지고 있는지 평가할 수 있기 때문이다. 공항 운영 효율성 제고를 위해서는 자원을 최적으로 투입하고, 최대한의 수요를 창출하는 전략이 필요한데 이를 위해서 현재 운영중인 국내 공항에 대한 실태를 파악해야 하는 것이 선행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 특성이 상이한 인천공항 등을 제외한 국내 주요 12개 공항을 대상으로 자료포락분석(DEA)을 활용한 운영 효율성 측정과 규모수익 분석을 시행하였다. 국내·외에서 공항 효율성 분석을 위해 DEA를 활용한 다양한 공항 효율성 관련 연구들이 있었으나, 기존 연구들은 전통적인 CCR/BCC 모형을 이용한 효율성 분석만을 주로 수행하였다. 전통적인 DEA 분석방법은 각 의사결정단위(DMU)의 상대적 효율성을 쉽게 파악할 수 있고, 비효율분석을 통한 준거집단의 도출, 과소·과다 투입된 요소 분석으로 자원의 효율적 투자를 가능케 하는 등 많은 장점이 있으나, 효율적인 자료분석단위(DMU) 간 비교는 불가능한 단점이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 CCR/BCC 모형 분석뿐만 아니라 효율적인 DMU간 비교를 위해 초효율성 분석도 실시하였다. 공항 운영효율성 분석을 위해 고려된 변수는 투입요소로써 고정운영비, 변동운영비, 그리고 종업원 수의 3개 변수를, 산출요소로써 여객수와 화물 모두 고려할 수 있는 변수인 단위처리량(Work Load Unit, WLU)과 공항수익의 2개 변수를 선택하였다. 그리고 규모, 수요 등에 따른 공항 간 특성을 고려, 선행연구의 분류 기준을 적용하여 비슷한 규모·수요를 가진 공항을 위계별·규모별로 총 4개의 그룹으로 분류하고, 분류된 그룹 내·그룹 간 차이점을 비교·분석하였다.

국내 공항 분류 및 현황

1. 국내 공항의 분류

상대적으로 국외에 비해 공항의 수가 적은 국내에서는 국내 공항의 분류에 대한 연구는 많이 수행되지 않았으나, 중앙정부에서 공항개발사업을 체계적이고 효율적으로 추진하기 위하여 5년 마다 수립하는 가장 최근의 제5차 공항개발 중장기 종합계획(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016) 에 따르면, 국내 공항을 Table 1과 같이 위계별(Hierarchy), 기능별(Function), 소유주체별(Owner), 지역별(Region)로 분류하고 있다. 해당 기준 중 위계별 분류에서는 국내 공항을 중추공항, 거점공항, 일반공항으로 나누고 있는데, 중추공항은 전세계 항공시장에서 국가를 대표하는 공항으로 국내에서는 인천공항이 유일한 중추공항이다. 거점공항은 권역 내 거점공항으로, 권역의 국내선 수요 및 중단거리 국제선 수요를 처리하는 공항이며 김포공항, 김해공항, 제주공항, 대구공항, 청주공항, 무안공항 등이 포함된다. 마지막으로 일반공항은 주변지역의 수요를 담당하는 공항으로 주변지역의 국내선 수요 위주의 공항으로 광주공항 외 다수의 지방 중소형 공항이 포함된다. Han and Jeon(2020)은 공항수익, 여객수, 운항횟수 등의 변수를 활용한 k-평균 군집분석을 통해 국내 공항을 규모별로 대형/중형/소형으로 분류하여, 각 공항의 규모별 시사점을 도출하였다.

Table 1. Classification by domestic airport standards

Airport	The 5th comprehensive airport development plan (2016)				Han and Jeon (2020)	Criteria of this study
	Hierarchy	Function	Owner	Region	Size	Hierarchy and size
GMP	Base airport	International	Civil	Central	Large	Base airport (large)
PUS		International	Civil-military	Southeastern		
CJU		International	Civil	Jeju		
TAE		International	Civil-military	Southeastern		
CJJ		International	Civil-military	Central		
MWX	General airport	International	Civil	Southwestern	Medium	Base airport (medium)
KWJ		Domestic	Civil-military	Southwestern		
USN		Domestic	Civil	Southeastern		
YNY		Domestic	Civil	Central		
RSU		Domestic	Civil	Southwestern		
KPO		Domestic	Civil-military	Southeastern		
HIN		Domestic	Civil-military	Southeastern		
KUV		Domestic	Civil-military	Southwestern		
WJU		Domestic	Civil-military	Central		

본 연구는 제5차 공항개발 중장기 종합계획의 위계별 분류 기준과 Han and Jeon(2020)의 규모별 공항분류 기준을 적용하여, 거점공항을 규모에 따라 대형/중형으로, 일반공항을 중형/소형으로 분류하였다. 본 연구의 분석에는 타 공항과 규모 및 특성이 상이한 국내 유일한 중추공항인 인천공항은 본 연구의 분석에서 제외하였다. 또한, 기존 연구의 일반소형공항 분류 기준에 더하여 본 연구에서는 다시 일반공항을 일반 중형, 일반 소형으로 분류하였다. 이는 국내 공항 수용능력에 따라 연간 100만명 이하의 수용능력을 기준으로 공항을 재분류한 것이다(Korea Airports Corporation, 2017). Table 1에 각 연구의 국내 공항 기준별 분류 기준을 정리하였다. 본 연구는 전체공항 간 비교뿐만 아니라, 위계별/규모별로 전체 공항을 4개의 집단으로 분류하고, 각 집단에서 집단 내, 집단 간 비교를 수행하는데 Table 1의 위계별, 규모별 기준을 적용하였다.

Table 2. Airport code (IATA) and name

Airport code (IATA)	Airport name	Airport code (IATA)	Airport name
GMP	Gimpo international airport	USN	Ulsan airport
PUS	Gimhae international airport	YNY	Yangyang international airport
CJU	Jeju international airport	RSU	Yeosu airport
TAE	Daegu international airport	KPO	Pohang airport
CJJ	Cheongju international airport	HIN	Sacheon airport
MWX	Muan international airport	KUV	Gunsan airport
KWJ	Gwangju airport	WJU	Wonju airport

*Source: <https://www.iata.org>

2. 국내 공항 현황 분석

1) 국내 공항 수용능력

국내 공항의 수요수용능력은 여객/화물/운항횟수로 분류하여 살펴볼 수 있는데(Korea Airports Corporation, 2017), Table 3은 각 공항별 여객, 화물, 운항횟수 수용능력 활용률이다. 본 항의 현황 분석에서는 효율성 분석에서 제외되는 포항공항과 양양공항도 포함하였다. 여객수용능력 활용률에서는 대체적으로 거점공항(대형, 중형)에서 다른 그룹의 공항보다 높은 여객 활용률을 보이고 있다. 가장 저조한 그룹은 일반공항(중형, 소형)으로 광주공항, 군산공항을 제외한 나머지 6개 공항에서 여객 활용율은 40% 미만으로 나타났다. 전체 공항의 화물수용능력 활용률은 제주공항 29.1%, 대구공항 16.6%, 김해공항 10.7%의 순이며, 이하 공항은 활용률이 10% 미만으로 매우 낮게 나타났다. 이는 대부분의 국제 화물이 인천공항에서 처리되는 국내 공항의 특성으로 보인다. 마지막으로 운항횟수 수용능력 활용률은 거점공항(대형) 그룹은 수용능력 60% 이상을 활용하는 것으로 나타났으나, 타 그룹들은 활용률이 20%에도 못 미쳐, 매우 저조한 것으로 분석되었다.

Table 3. Usage rate of passenger, cargo, movement capacity in South Korea airport (as of 2018)

Hierarchy (size)	Airport	Total passengers	Passenger capacity	Usage rate	Total cargo	Cargo capacity	Usage rate	Total movement	Movement capacity	Usage rate
Base airport (large)	GMP	24,602,588	35,750,000	68.8%	116,253	1,433,000	8.1%	141,080	226,000	62.4%
	PUS	17,064,613	17,640,000	96.7%	37,724	352,000	10.7%	110,924	152,000	73.0%
	CJU	29,455,305	25,890,000	113.8%	96,080	330,000	29.1%	168,331	172,000	97.9%
Base airport (medium)	TAE	4,062,833	3,750,000	108.3%	2,991	18,000	16.6%	26,800	140,000	19.1%
	CJJ	2,453,649	3,150,000	77.9%	2,073	38,000	5.5%	15,683	140,000	11.2%
	MWX	543,247	5,100,000	10.7%	1	33,000	0.0%	3,818	140,000	2.7%
General airport (medium)	KWJ	1,986,125	2,940,000	67.6%	3,404	56,000	6.1%	13,546	140,000	9.7%
	USN	817,341	2,410,000	33.9%	227	-	-	7,189	60,000	12.0%
	YNY	15,521	3,170,000	0.5%	0	-	-	121	43,000	0.3%
	RSU	590,112	2,700,000	21.9%	117	11,000	1.1%	4,987	60,000	8.3%
	KPO	83,818	3,570,000	2.3%	68	-	-	1,358	100,000	1.4%
General airport (small)	HIN	182,686	920,000	19.9%	67	3,000	2.2%	1,912	140,000	1.4%
	KUV	291,941	440,000	66.4%	61	-	-	1,798	140,000	1.3%
	WJU	85,725	240,000	35.7%	24	-	-	690	115,000	0.6%

*not including statistics related military airports.

공항 수용능력과 활용률을 살펴본 결과, 공항 간 수용능력 대비 활용률의 차이가 유의하게 나타난 것으로 분석되었다. 특히, 공항 그룹 간에서 거점공항(대형) 그룹에서 활용률은 다른 그룹들의 활용률보다 훨씬 높은 것으로 분석되었다. 또한, 같은 그룹 내에 속한 공항 간 차이도 일부 공항에서 크게 나타났다. 예를 들어, 여객 수용 활용률에서 대구공항은 108.3%, 무안공항은 10.7%으로 같은 그룹 내 공항 간 활용률 차이가 10배가 넘는 것으로 분석되었다. 공항 간 여객·운항횟수의 활용률의 차이는 운영효율성·노동생산성에도 영향을 미칠 것으로 예상된다.

2) 운영비용 관련 분석

공항의 운영비용은 고정비용과 변동비용으로 구분될 수 있으며, 고정비용은 인건비, 복리후생비, 보험료, 감가상각비, 무형자산상각비 등으로, 변동비용은 고정비를 제외한 경비 및 외주용역비 등으로 구성된다. 운영비에 대한 효율성을 살펴보기 위해서 수요 실적인 여객수, 운항횟수와 재무 실적인 공항수익을 운영비 1백만원으로 나누어 살펴 보았다.

국내 공항 운영비 1백만원 당 각 지표에 대한 비율은 Table 4와 같다. 대체적으로 거점공항(대형·중형)에서 수요 관련 지표인 여객수, 운항횟수 대비 운영비 산출비 및 공항 수익 대비 운영비 산출비가 타 공항보다 상대적으로 높은 비율을 가지는 것으로 나타났다. 수요 지표의 운영비당 산출비가 높다는 것은 같은 운영비로 많은 수요를 감당하여, 운영효율성이 높다는 것을 의미한다. 또한, 대표적 수익 재무 지표인 공항수익의 운영비당 산출비가 높은 것은 같은 운영비로 많은 이익을 창출하고 있다는 것을 의미한다. 단, 효율의 증가율은 공항별로 다르게 나타나는데, 그룹 간 차이뿐만 아니라 그룹 내에서도 공항 간 운영비 효율성에는 유의한 차이가 존재하는 것으로 나타났다. 예를 들어, 김포공항과 제주공항의 경우, 여객수는 두 공항 모두 비슷한 규모를 가지나, 여객수/운영비의 산출비 차이는 두 배 이상 차이가 나, 여객처리에 있어 제주공항의 운영비 사용이 더 효율적인 것을 알 수 있다.

Table 4. Airport transportation and airport revenue per operating cost of 1 million won (average from 2009 to 2018)

Hierarchy (size)	Airport	Number of passengers	Passengers/ Operating cost	Movements/ Operating cost	Revenue/ Operating cost	Fixed cost/ Operating cost
Base airport (large)	GMP	21,026,087	98.085	0.625	0.139	0.403
	PUS	11,372,250	121.967	0.882	0.168	0.390
	CJU	22,327,028	195.500	1.208	0.145	0.397
Base airport (medium)	TAE	1,926,929	112.735	0.793	0.054	0.430
	CJJ	1,780,976	86.713	0.583	0.054	0.474
	MWX	206,473	15.787	0.127	0.012	0.311
General airport (medium)	KWJ	1,542,162	153.457	1.138	0.076	0.461
	USN	653,464	45.422	0.429	0.022	0.529
	YNY	55,291	3.940	0.027	0.003	0.409
	RSU	553,856	39.422	0.392	0.013	0.490
	KPO	175,172	14.307	0.184	0.006	0.481
General airport (small)	HIN	151,827	25.350	0.315	0.013	0.641
	KUV	194,937	52.316	0.381	0.071	0.629
	WJU	77,658	27.350	0.245	0.016	0.686

Figure 1, Figure 2에서 국내 공항의 운영비 1백만원 당 여객수, 운항횟수는 대체적으로 비슷한 분포를 보이고 있다. 이는 이들 2개 수요지표들 간 상관관계가 높다는 것을 의미한다. Figure 3의 공항수익 대비 운영비의 산출비는 수요 지표와 약간 다른 분포를 나타내고 있는데, 공항수익 대비 운영비 산출비가 타 수요지표 대비 산출비와 일치하지 않기 때문이다. 예를 들어, 대구공항의 경우, 여객수·운항횟수 대비 운영비 산출비는 청주공항보다 높지만, 공항 수익 대비 운영비의 산출비는 청주공항과 비슷한 수준에 머무는 것을 알 수 있다. 이는 공항의 운영효율성에 영향을 미치는 요인으로 수요에 대한 운영비 효율성뿐만 아니라, 노동생산성, 변동비 등의 다른 요소도 공항수익에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

Figure 4는 국내 공항의 운영비 대비 고정비용의 비율을 나타낸다. 고정비용이 크다는 것은 공항 수요가 줄어도 비용을 줄이기 어렵다는 것을 의미한다. 만약, 공항의 수요가 증가하면, 변동비용은 상대적으로 증가하고, 고정비용 산출비는 감소할 것이다. 운영비 대비 고정비 비율은 주로 일반공항 그룹에서 상대적으로 높은 비율을 보였다. 이는 수요가 없어도 공항유지를 위해서 꾸준히 고정비가 지출되고 있음을 의미하며, 만성적자로 운영이 힘든 지방중소공항의 현주소를 보여주고 있다.

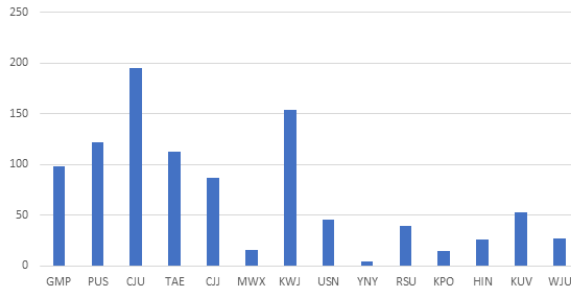


Figure 1. Passengers/Operating cost

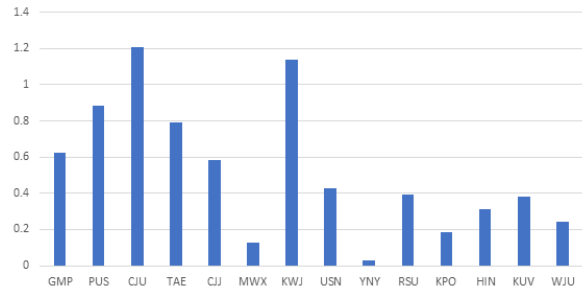


Figure 2. Movemonts/Operating cost

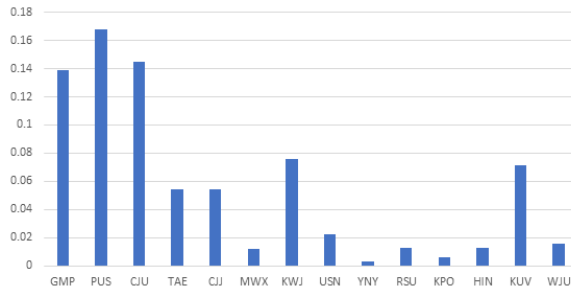


Figure 3. Revenue/Operating cost

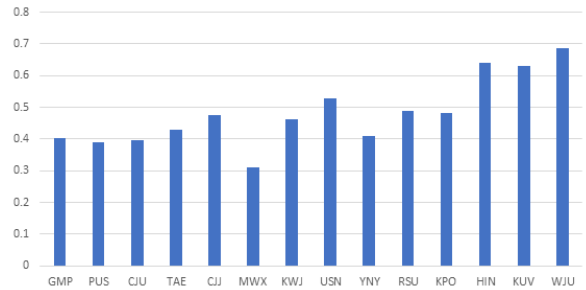


Figure 4. Fixed cost/Operating cost

3) 노동생산성 관련 분석

노동생산성에 대한 효율성을 살펴보기 위해서 수요 지표인 여객수, 운항횟수와 재무 지표인 공항수익을 각 종업원수로 나누어 살펴보았다. 국내 공항 종업원 1인당 각 지표에 대한 값은 Table 5와 같다. 전체 공항에서 수요지표인 여객수, 운항횟수 및 재무지표인 공항수익이 증가할수록 종업원 1인당 산출비가 높아지는 것을 확인할 수 있다. 이는 수요가 증가할 수록 종업원 1인당 노동생산성이 높아지며, 공항수익도 더불어 높아진다는 것을 의미한다. 수요가 많은 2개의 거점공항(대형, 중형) 그룹 중심으로 여객수, 운항횟수, 공항수익 대비 종업원 1인당 산출비에서 타 공항보다 높은 노동생산성을 보이고 있다. Figure 5, Figure 6에서 종업원 1인당 여객수, 운항횟수는 비슷한 분포를 보이고 있어, 수요 지표별 큰 차이는 발견할 수 없었다. Figure 7에서 거점공항(대형) 그룹 내 공항 간 종업원 1인당 공항수익이 타 지표와는 달리 서로 비슷한 비율을 보인다. 이는 공항 간 수요(여객수, 운항횟수) 대비 종업원수로 표

Table 5. Airport transportation and airport revenue per employee (average from 2009 to 2018)

Hierarchy (size)	Airport	Number of passengers	Passengers/Employee	Movemonts/Employee	Revenue/Employee	Labor cost/Operating cost
Base airport (large)	GMP	21,026,087	31,495.037	200.695	44.771	0.151
	PUS	11,372,250	37,188.523	269.035	51.363	0.159
	CJU	22,327,028	66,291.651	409.494	49.057	0.143
Base airport (medium)	TAE	1,926,929	23,672.342	166.488	11.340	0.231
	CJJ	1,780,976	16,249.777	109.232	10.078	0.258
	MWX	206,473	3,261.818	26.321	2.431	0.235
General airport (medium)	KWJ	1,542,162	22,317.828	165.570	10.997	0.334
	USN	653,464	5,871.198	55.421	2.791	0.376
	YNY	55,291	1,557.479	10.848	1.130	0.123
	RSU	553,856	5,289.934	52.551	1.771	0.362
	KPO	175,172	2,767.335	35.558	1.131	0.250
General airport (small)	HIN	151,827	2,806.412	34.898	1.438	0.437
	KUV	194,937	5,129.908	37.329	6.992	0.496
	WJU	77,658	2,442.060	21.874	1.456	0.543

현되는 노동생산성과 종업원수 당 공항수익으로 표현되는 노동생산성에 차이가 있다는 것을 의미한다. 예를 들어, 거점공항(대형) 그룹 내에서 제주공항의 종업원 1인당 수요처리 능력이 3개 공항 중 제일 높으나, 종업원 1인당 공항수익은 김해공항보다 낮은 것으로 나타났다. 이는 운영효율성과 마찬가지로 수요에 대한 노동생산성 이외의 다른 요인이 공항수익에 영향을 미치고 있다는 것을 시사한다.

Figure 8은 공항별 운영비 대비 인건비 산출비를 나타낸다. 일반공항으로 분류되는 지방중소공항이 거점공항보다 상대적으로 높은 운영비 당 인건비 비율을 나타내고 있다. 운영비 대비 인건비 비율이 높다는 것은 고정비용의 상승을 의미하고, 이는 공항 운영에 부담을 가중할 수도 있다는 것을 시사한다.

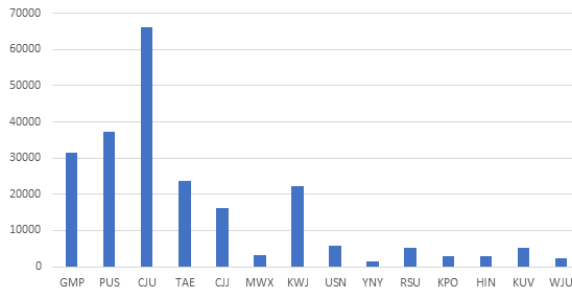


Figure 5. Passengers/Employee

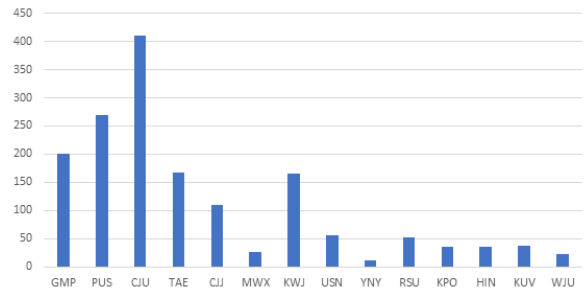


Figure 6. Movements/Employee

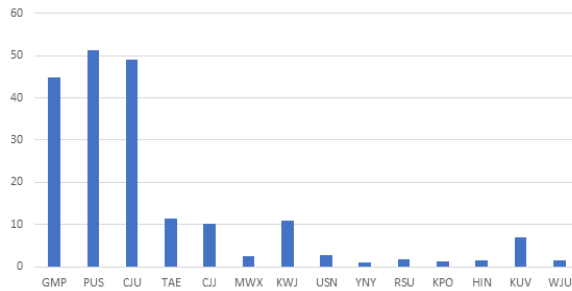


Figure 7. Revenue/Employee

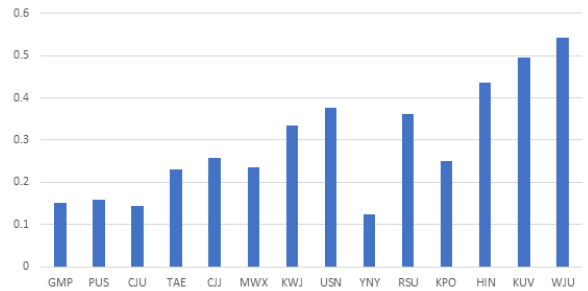


Figure 8. Labor cost/Operating cost

4) 활용률/운영비용/노동생산성 간 비교

전체 공항에서 Figure 9의 여객 수용능력 활용률과 Figure 10의 운영비 1백만원당 여객수, Figure 11의 종업원 1인당 여객수의 각 지표는 비슷한 추세를 보이고 있으며, 대체적으로 거점공항(대형, 중형)에서 높은 비율을 보이고, 일반공항(중형, 소형)에서 낮은 비율을 보이고 있다. Figure 10의 운영비와 여객수 관계에서 여객수가 많을수록 운영비도 증가함을 알 수 있으나, 운영비용 효율성 및 노동생산성과 활용률 간에 공항별 증감률에는 큰 차이가 있는 것으로 판단된다.

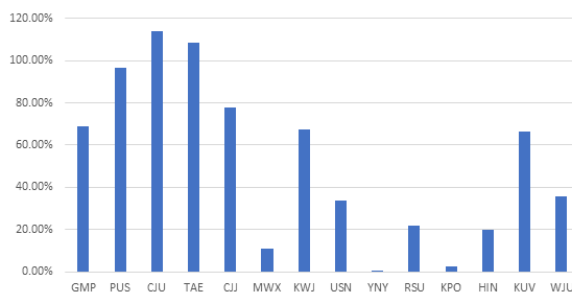


Figure 9. Passenger capacity usage rate (2018)

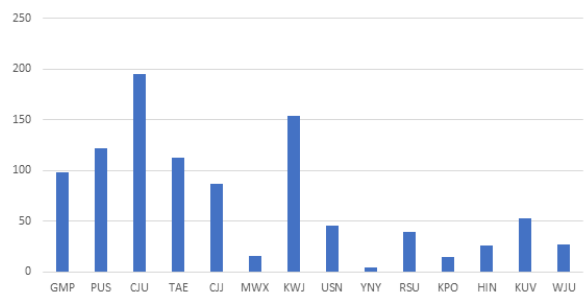


Figure 10. Passenger per operating cost of 1 million won (2018)

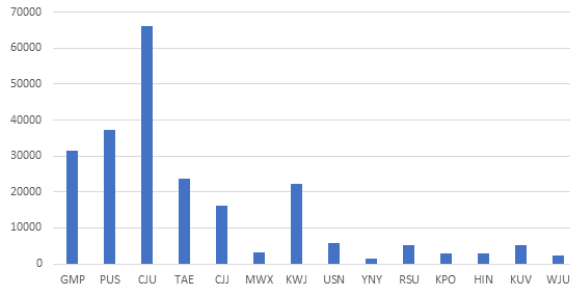


Figure 11. Passenger per employee (2018)

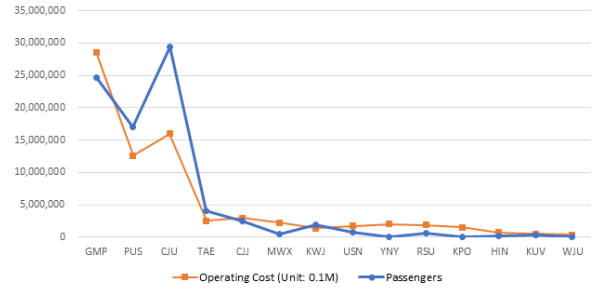


Figure 12. A comparison of operating cost and number of passengers trends (2018)

지금까지 운영비용 관련 분석 및 노동생산성 분석을 통해 대략적인 국내 공항의 운영효율성과 노동생산성을 살펴 보았다. 각 공항 간 활용률·운영·노동 지표간의 관계는 개략적으로 나타나는 편이나, 각 공항 간의 운영효율성 및 공항별 노동생산성의 증감률과 같은 자세한 정보는 단순 비교로는 알기가 어려운 점이 있다. 따라서 본 연구는 공항 효율성 간 차이를 더 자세히 고찰하기 위해 CCR, BCC 모형을 이용한 자료포락분석(DEA)과 초효율성 분석을 수행한다. 국내 공항 12개 공항을 대상으로 각 공항 간 운영효율성을 분석하여, 첫째, 효율적인 공항과 비효율적인 공항을 분석하고, 둘째, 비효율성 분석을 통해 비효율의 원인 고찰, 셋째, 초효율성 분석을 통해 효율적인 공항 간 비교를 통해 나머지 공항의 운영효율성 제고 방안을 모색할 것이다.

이론적 고찰 및 선행연구

1. 공항 관련 선행연구 검토

국내·외 공항 효율성 분석에 관한 많은 연구들이 DEA 방법론을 적용하였다. 국외 연구자로는 Gillen and Lall(1997), Sarkis(2000), Martín-Cejas(2002), Adler and Berechman(2001), Bazargan and Vasigh(2003) 등이, 국내 연구자로는 Kim and Jeong(2002), Choi et al.(2014), Kim(2015), Kang(2016), Kim et al.(2013) 등이 CCR/BCC 모형을 적용하여 공항 효율성을 분석하였다. 그 외 Pels et al.(2003)은 확률적 프론티어 분석과 DEA를 적용하여 유럽 공항의 효율성을 측정하였다. Kim et al.(2007)은 DEA window 분석으로 공항의 시계열 효율성을 분석하였고, Kim and Park(2013)은 CCR/BCC 뿐만 아니라 초효율성분석(Super Efficiency) 모형을 적용하여 효율성을 측정하고, Malmquist 생산성 분석을 통해 5년간 생산성 변화를 측정하였다. 또한, Yoo et al.(2017)은 공항의 프로세스를 2단계 구조로 모형화하고 DEA를 이용하여 효율성을 분석하였다. 국내·외 공항 효율성을 분석한 선행연구를 Table 6에 정리하였다.

본 연구는 기존 문헌을 참조하여 투입/산출변수를 선정하였고, 특히, 투입변수 중 하나인 운영비를 기존 연구에서 발전시켜 고정·변동의 두 가지 측면에서 선정하였다. 또한, 타 연구의 국내 공항 분석 보다 비교적 최신의 데이터를 이용하는 한편, 기존 연구에서 거의 고려되지 않은 공항 규모를 고려하여 효율성을 분석하였다.

Table 6. Previous study on airport efficiency

Authors	Analysis target	Input variable	Output variable
Gillen and Lall (1997)	21 airports in the United States	Number of runways, Gate numbers, Terminal area, Number of employees, Baggage collection belts, Public parking lot compartments, Airport site area	Passenger flow, Total cargo transportation, Commercial and general aviation movement
Sarkis (2000)	44 airports in the United States	Airport operational costs, Number of airport employees, Gates and runways	Operational revenue, Passenger flow, Commercial and general aviation movement, Total cargo transportation

Table 6. Previous study on airport efficiency (continued)

Authors	Analysis target	Input variable	Output variable
Adler and Berechman (2001)	26 airports in Western Europe, North America and Asia	Number of runways, Number of passenger terminals, Airport routes, Minimum link time, Distance away from inner city	Airline satisfaction
Martín-Cejas (2002)	37 airports in Spain	Labor costs, Capital expenses, Facility expenses	Aviation movement, Total passenger transportation, Total cargo transportation
Oum et al. (2003)	33 airports around the world	Number of employees, Number of runway, Terminal size, Number of gate	Total passenger transportation, Aviation movement, Total cargo transportation, Non-aeronautical revenue
Pels et al. (2003)	17 airports in Europe	Airport site area, Number of boarding bridges, Number of remote parking lots, Number of check-in desks, Number of baggage claim areas	Total passenger transportation, Total cargo transportation
Bazargan and Vasigh (2003)	45 U.S. commercial airports	Number of runways, Number of gates, Airport operating costs, Airport operating expenses	Total passenger transportation, Aviation movement (regular/non-regular), Aeronautical revenue, Non-aeronautical revenue, On-time aviation movement ratio
Ennen and Batool (2018)	12 airports in Pakistan	Number of runways, Number of taxiways, Terminal area	Total passenger transportation, Aviation movement
Hong and Jeon (2019)	99 airports in France	Number of employees, Labor costs, Debts, Government subsidies, Operating expenses	Total passenger transportation, Total cargo transportation, Aviation movement, Aeronautical revenue, Net profit
Kim and Jeong (2002)	16 airports in South Korea	Labor costs, Expenses	Aviation movement, Total passenger transportation, Total cargo transportation
Hong and Moon (2005)	14 airports in South Korea	Number of full-time employees, Area of passenger terminal	Total passenger transportation, Total sales
Kim et al. (2007)	13 airports in South Korea	Annual processing capacity, Airside area, Simultaneous cycle capability, Parking lot area, Labor costs, Expenses	Aviation movement, Total passenger transportation, Total cargo transportation, Total sales
Lee et al. (2009)	11 Asian airports	Passenger terminal area, Freight terminal area, Number of runways, Cyclic capability	Total passenger transportation, Total cargo transportation, Aviation movement
Kim (2012)	14 airports in South Korea	Airside area, Terminal area, Parking lot area, Number of employees, Runway number	Aviation movement, Total passenger transportation, Total cargo transportation
Kim et al. (2013)	10 airports in Asia	Air terminal area, Number of runways, Number of annual operations	Total cargo transportation
Choi et al. (2014)	20 major airports in the world	Air terminal area, Number of runways, Number of annual operations	Total passenger transportation, Total cargo transportation, Aviation movement
Kim and Park (2013)	20 major airports in the world	Area of site, Number of runways, Area of passenger terminal, Area of freight terminal	Total passenger transportation, Total cargo transportation, Aviation movement
Kim (2015)	13 airports in South Korea	Number of runways, Number of flights	Number of passengers, Customer satisfaction, Service index
Kang (2016)	44 airports around the world	Number of employees, Number of gates, Number of runways	Total sales, Net profit
Yoo et al. (2017)	59 major airports in the world	Operating cost, Number of runways, Terminal area, Number of employees	Total passenger transportation, Total cargo transportation, Aviation movement, Aeronautical revenue

2. 효율성 측정방법론: DEA 및 SUPER-DEA

1) CCR/BCC 모형 분석

DEA는 Farrell(1957)이 제안한 비모수적 효율성 측정 방법과 Shephard(1970)가 설명한 거리 함수 개념에 기반하여, Charnes et al.(1978)가 처음 제안한 비모수적 통계방법론이다. 다수의 투입변수와 다수의 산출변수의 비율로 의사결정단위(Decision Making Unit)들 간의 상대적인 효율성을 측정하며, DMU 간 상대적인 효율성을 하나의 지수로 표현할 수 있어, 항공분야에서 많이 활용되고 있다(Yoo et al., 2017). DEA의 대표적인 모형은 규모수익불변(Constant Returns to Scale) 가정하에 효율성을 측정하는 모형인 CCR 모형과 규모수익가변(Variable Returns to Scale)를 가정하여 효율성을 측정하는 BCC 모형의 두 가지가 있다.

2) 초효율성 분석

CCR분석과 BCC분석은 효율적인 DMU와 비효율적인 DMU를 구분할 뿐 효율적인 DMU의 순위를 분석할 수 없으며, 가장 효율적인 DMU의 판단도 참조회수를 통해 이루어지는 단점이 있다. 특히 효율적인 DMU의 경우 효율성 점수가 1로 나타날 뿐 더 이상 어떠한 정보가 없어, 값이 1로 나타난 효율적인 DMU간 비교는 어렵다(Zhu, 2001). 이러한 점을 보완하기 위하여 초효율성 모형이 제시되었는데, 초효율성 분석에서는 비효율적인 DMU들은 CCR모형이나 BCC모형에서 계산된 효율성 값을 그대로 갖게 되지만, 효율적인 DMU 대해서는 새로운 초효율성 값이 계산된다. 초효율성값은 효율적 집합을 구성하는 DMU들이 투입벡터의 투입량을 늘려갔을 때 분석을 통해서 얻어진 100% 효율성을 유지할 수 있는 정도를 의미한다.

연구 설계

1. 분석대상(DMU) 선정 및 투입/산출변수 선정

1) 자료 수집과 의사결정단위(DMU) 선정

본 연구에서 사용한 공항자료는 한국공항공사에서 제공한 국내 15개 공항에 대한 2009년부터 2018년까지 10년간 재무제표 자료를 활용하였다. DEA를 이용한 효율성을 측정하기 위해서는 가장 먼저 분석대상인 의사결정단위(DMU)를 선정해야 하는데, 분석대상인 DMU는 서로 비교 가능한 기관 또는 서비스가 대상이 되어야 한다(Dyson et al., 2001). 분석대상인 DMU는 공항의 규모와 데이터의 특성을 고려하여 인천공항, 포항공항, 양양공항을 제외한 12개 국내 공항을 선정하였다. 인천공항은 국내의 단 하나밖에 없는 중추공항으로 다른 공항과 특성이 매우 다른 점과 포항공항과 양양공항은 공항보수 및 운항 포기에 따른 일부 기간 폐쇄 등으로 해당 기간 동안 수요가 없었던 점을 고려하였다. 적절한 DMU의 수는 최대 DMU의 수에는 제한이 없으나, 최소 DMU의 수는 사용된 변수의 수에 따라 달라진다. Banker et al.(1984)은 분석대상인 DMU의 수가 투입변수와 산출변수를 더한 값의 최소한 3배 이상이 되어야 타당성이 확보된다고 주장하였다. Boussofiane et al.(1991)은 분석대상인 DMU의 수는 투입변수와 산출변수를 곱한 값의 최소한 2배 이상이 적절한 크기라고 주장하였다. 본 연구에서는 Boussofiane et al.(1991)의 기준을 적용하여 총 12개 DMU를 대상으로 분석을 진행하였다. 또한, 앞서 분류했던 위계별·규모별 공항 분류 기준을 적용하여 Table 7과 같이 DMU를 구성하였다.

Table 7. Selection and classification of decision making units

Hierarchy (size)	Airport	Hierarchy (size)	Airport
Base airport (large)	GMP, PUS, CJU	General airport (medium)	KWJ, USN, RSU
Base airport (medium)	TAE, CJJ, MWX	General airport (small)	HIN, KUV, WJU

2) 투입 · 산출변수 선정

본 연구에서는 투입변수로 종업원수 및 운영비(고정운영비, 변동운영비)를 사용하였으며, 산출변수로 여객수와 화물을 모두 고려하기 위해 단위처리량(Work Load Unit, WLU)과 재무 지표인 공항수익을 사용하였다. 단위처리량은 ‘연간 여객 처리 실적’과 ‘연간 화물 처리 실적’의 두 가지 지표를 하나로 변환한 변수이다(Hong and Moon, 2005). 2018년 기준 대부분의 국제 화물(순화물)이 인천공항에서 처리(93.7%)되며 환적화물 역시 41.2%를 인천공항에서 처리하는 등 국내 항공화물 운송체계는 인천공항 중심으로 형성되어 있어, 인천공항을 제외한 공항들 간 순화물 비교는 거의 의미가 없으며(Dongseo Univ., 2019), 한국공항공사의 항공통계는 민간항공을 이용하여 수송한 총 화물은 직화물 외 환적화물, 우편물, 수하물을 포함한 실적을 의미한다. WLU는 공항 실적의 상대적 크기를 측정하기 위한 것으로, 국내 항공화물여건을 반영한 국내공항 간 항공 화물량 비교를 위해서 WLU에 수하물을 포함하여 공항간 상대적인 효율성을 측정하는 것은 적절하다 판단하여 본 연구는 WLU에 수화물량을 포함하여 분석을 진행하였다. 공항수익은 항공수익과 비항공수익으로 구분되는데, 항공수익은 착륙료, 정류료, 조명료, 계류장 사용료 등으로 이루어져있고, 비항공수익은 공항 내 광고수익, 면세점 임대료 등으로 구성된다. 한국공항공사가 제공한 2009-2018년 재무제표 분석 결과, 국제선이 있는 공항의 경우, 비항공수익이 높은 것으로 조사되어, 본 연구에서는 국제/국내 공항과의 차이를 최대한 배제하기 위해 비항공수익을 제외한 공항수익을 투입변수 중 하나로 사용하였다.

Table 8. Summary of selected variables

Type	Variable	Unit	Relevant study
Input variable	Number of employees	Pers	Gillen and Lall (1997), Sarkis (2000), Oum et al. (2003), Hong and Jeon (2019), Choi et al. (2014), Kang (2016), Yoo et al. (2017), Han and Jeon (2020)
	Fixed operating cost	1 million won	Sarkis (2000), Bazargan and Vasigh (2003), Hong and Jeon (2019),
	Variable operating cost	1 million won	Choi et al. (2014), Kang (2016), Yoo et al. (2017), Han and Jeon (2020)
Output variable	Work load unit	WLU	Hong and Moon (2005)
	Revenue	1 million won	Sarkis (2000), Bazargan and Vasigh (2003), Hong and Jeon (2019), Kang (2016), Yoo et al. (2017), Han and Jeon (2020)

Table 9. Average of input/output variables by airport as of all years

Airport	Input variable			Output variable	
	Employees	Fixed cost	Variable cost	WLU	Revenue
GMP	668	86,339	128,027	23,595,045	29,889
PUS	306	36,354	56,886	12,786,153	15,707
CJU	337	45,363	68,842	24,919,629	16,522
TAE	81	7,341	9,751	2,146,508	923
CJJ	110	9,733	10,806	1,945,387	1,105
MWX	63	4,071	9,008	223,628	154
KWJ	69	4,631	5,418	1,691,873	760
USN	111	7,608	6,779	683,945	311
YNY	105	6,890	7,160	578,091	185
RSU	54	3,842	2,147	159,107	78
KPO	38	2,342	1,384	209,229	266
HIN	32	1,947	892	82,194	46

선정 변수의 상관성 분석에 앞서, Table 10에서 Kolmogorov-Smirnova와 Shapiro-Wilk의 정규성을 검정한 결과, 수집 데이터가 정규성을 이룬다는 귀무가설을 기각하여, 분석 데이터는 정규성을 가지지 않은 것으로 나타났다. 정규성 검정의 결과와 DEA의 비모수 통계적 특성을 고려하여, 본 연구의 상관분석은 Kendall의 순위상관분석을 실시하였다. DEA에서 상관관계 수치에 대한 구체적인 기준은 제시되어있지 않으나, 적어도 투입변수와 산출변수는

투입변수가 증가하면 산출변수 역시 증가해야 하는 양의 상관관계를 가져야 한다(Mostafa, 2009). 또한, DEA는 변환 불변성(Translation Invariant)을 가지지 않기 때문에 같은 변수 군에서 높은 상관관계(0.8 이상)가 있는 변수를 제거하는 것은 효율성 예측에 있어 큰 영향을 줄 수 있으며(Dyson et al., 2001), 다른 변수 간 큰 상관관계는 DEA 모형의 예측을 더욱 강건(Robust)하게 해준다(Nataraja and Johnson, 2011). 투입변수와 산출변수에 대한 상관관계 분석 결과는 Table 11과 같으며, 투입변수인 ‘종업원수’, ‘고정운영비’, ‘변동운영비’와 산출변수인 ‘단위처리량’, ‘공항수익’ 간에는 양의 상관관계가 있음을 확인할 수 있다. 본 연구의 상관관계분석 결과는 DEA의 분석 요구사항을 만족하는 것으로 나타났다.

Table 10. Normality test of a selection variable

Variable	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df.	P-value	Statistic	df.	P-value
Number of employees	.317	120	.000	.697	120	.000
Fixed operating cost	.326	120	.000	.599	120	.000
Variable operating cost	.307	120	.000	.621	120	.000
WLU	.352	120	.000	.649	120	.000
Revenue	.402	120	.000	.618	120	.000

Table 11. Correlation analysis of input and output variables

Variable	Number of employees	Fixed operating cost	Variable operating cost	WLU	Revenue
Number of employees	1				
Fixed operating cost	0.794**	1			
Variable operating cost	0.716**	0.576**	1		
WLU	0.663**	0.625**	0.678**	1	
Revenue	0.620**	0.613**	0.606**	0.814**	1

**correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

실증 분석

1. 투입지향 CCR/BCC 모형 분석

본 절에서는 국내 12개 공항에 대해 CCR 모형을 통해 기술 효율성(Technical Efficiency, TE)과 BCC 모형을 통해 순수 기술 효율성(Pure Technical Efficiency, PTE)을 분석하고, 마지막으로 규모 효율성(Scale Efficiency, SE) 및 규모 수익>Returns to Scale, RTS)을 분석하였다.

1) CCR/BCC 모형의 효율성 분석 결과

Table 12는 각 공항별 연도·모형별 효율성 분석 결과를 나타낸다. CCR 모형에서, 모든 기간에서 거점공항(대형) 그룹이 다른 공항 그룹보다 기술효율성(TE)이 높은 것으로 분석되었다. 특히 제주공항은 2009년부터 2018년까지 모든 기간에서 기술효율성(TE) 값이 1로, 매우 효율적인 것으로 나타났다. 김해공항은 2011년을 제외한 모든 기간에서 기술효율성(TE)이 효율적인 공항으로 분석되었으며, 김포공항은 그룹 내 제주공항, 김해공항보다는 낮은 효율성을 보였다. 거점공항(중형)에서는 대구공항이 2011년 이후 꾸준히 기술효율성(TE)이 향상되어 2018년에는 기술 효율성이 0.926으로 1에 가까운 값에 근접하여 매년 효율성이 개선되는 것을 알 수 있다. 그러나 거점공항(중형) 내 무안공항은 그룹 내에서 가장 효율성이 떨어질 뿐만 아니라, 전체 공항에서도 최하위 수준으로 나타났다. 일반공항(중형)에서는 광주공항이 타 공항들보다는 상대적으로 높은 기술효율성(TE)을 보이나, 2016년 이후 뚜렷한 효율성 하락세를 보이고 있다. 여수공항은 무안공항과 더불어 최하위의 효율성을 나타냈다. 울산공항 역시 그룹 내

다른 공항들처럼 효율성이 지속적으로 하락했으며, 순위도 역시 하위권에 머물러있다. 일반공항(소형)은 3개 공항 모두 최하위 수준의 기술효율성(TE)을 나타내고 있다.

Table 12. Analysis of efficiency by year and model for each airport

Airport	2009		2010		2011		2012		2013	
	TE	PTE	TE	PTE	TE	PTE	TE	PTE	TE	PTE
GMP	0.846	1.000	0.935	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.940	1.000
PUS	1.000	1.000	1.000	1.000	0.949	0.984	1.000	1.000	1.000	1.000
CJU	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TAE	0.433	0.698	0.408	0.625	0.411	0.625	0.440	0.582	0.501	0.597
CJJ	0.415	0.496	0.425	0.489	0.428	0.486	0.473	0.531	0.551	0.582
MWX	0.054	0.480	0.077	0.489	0.056	0.458	0.073	0.496	0.104	0.513
KWJ	0.898	1.000	0.832	0.943	0.834	0.945	0.880	1.000	1.000	1.000
USN	0.508	0.580	0.458	0.524	0.298	0.376	0.263	0.354	0.271	0.353
YNY	0.369	0.455	0.296	0.389	0.278	0.375	0.303	0.398	0.259	0.380
RSU	0.354	0.629	0.188	0.538	0.171	0.495	0.183	0.617	0.193	0.560
KPO	0.456	0.863	0.764	1.000	0.704	1.000	0.873	1.000	0.824	1.000
HIN	0.338	1.000	0.256	1.000	0.258	1.000	0.311	1.000	0.346	1.000
Airport	2014		2015		2016		2017		2018	
GMP	0.896	1.000	0.870	1.000	0.939	1.000	0.783	1.000	0.653	1.000
PUS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
CJU	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TAE	0.547	0.716	0.631	0.830	0.637	0.825	0.788	0.926	0.926	0.994
CJJ	0.549	0.604	0.546	0.600	0.585	0.630	0.430	0.511	0.508	0.572
MWX	0.112	0.608	0.152	0.665	0.133	0.604	0.103	0.539	0.199	0.609
KWJ	0.908	1.000	0.837	1.000	0.733	0.987	0.836	1.000	0.836	1.000
USN	0.217	0.361	0.206	0.386	0.177	0.380	0.192	0.364	0.301	0.441
YNY	0.196	0.411	0.148	0.424	0.149	0.413	0.168	0.388	0.188	0.397
RSU	0.177	0.690	0.180	0.698	0.175	0.661	0.202	0.683	0.232	0.670
KPO	0.726	1.000	0.943	1.000	0.721	1.000	0.569	1.000	0.525	1.000
HIN	0.276	1.000	0.264	1.000	0.250	1.000	0.168	1.000	0.200	1.000

BCC 모형의 순수 기술 효율성(PTE) 측면에서는 CCR 모형의 결과와 동일하게 거점공항(대형) 그룹이 타 공항 그룹보다 효율성이 높은 것으로 나타났다. 거점공항(대형) 내 김포공항은 기술효율성(TE)보다 순수 기술 효율성(PTE)의 효율성이 더 좋은 것으로 나타났는데, 이는 규모수익을 고려했을 경우, 김포공항은 더 효율적인 공항으로 분류된다는 의미이며, 이는 수요와 규모가 일치하지 않는다는 것을 의미한다. 거점공항(중형)에서도 CCR 모형과 비슷한 결과가 도출되었다. 다만, 무안공항의 경우, 기술효율성(TE)보다 순수기술효율성(PTE)이 훨씬 높은 것으로 분석되었다. 일반공항(중형)에서는 사천공항이 기술효율성(TE)결과와는 다르게 중간정도의 순수기술효율성(PTE)을 가진 것으로 분석되었고, 나머지 울산공항, 여수공항의 순수기술효율성은 최하위인 것으로 나타났다. 일반공항(소형)은 CCR 모형의 기술효율성(TE)보다 순수기술효율성(PTE)이 훨씬 높은 값을 나타냈다.

2) 규모효율성 및 규모 수익 분석 결과

규모효율성(SE)은 규모수익불변(CRS)을 나타내는 기술효율성(TE)의 생산변경과 규모수익가변(VRS) 하의 순수기술효율성(PTE)의 생산 변경의 차이를 나타낸 것으로, 기술효율성과 순수기술효율성 간 차이가 크다는 것은 규모효율성(SE)이 낮다는 것을 의미한다. 많은 공항에서 규모효율성(SE)이 1 미만의 비효율적인 값을 가지며, 이는 최적화되지 않은 규모로 인하여 규모 비효율성이 발생한다는 것을 의미한다. 이러한 경우, 투입 규모를 조정하여 투입 대비 산출의 비율인 효율성을 변화시킬 수 있다.

규모수익(Return to Scale, RTS)은 규모수익불변(CRS), 규모수익감소(Decreasing Returns to Scale, DRS), 규

모수익체증(Increasing Returns to Scale, IRS)으로 나타낼 수 있다. 규모수익체증(IRS) 상태는 규모의 경제성이 있다는 것을 의미한다. 반면, 규모수익감소(DRS) 상태는 규모의 불경제성을 의미하며, 규모수익불변(CRS) 상태는 규모가 1:1로 최적화 되어있다는 것을 의미한다. 따라서 DMU가 규모수익체증(IRS) 상태에 있다면 생산자의 규모를 증가시킴으로써 투입대비 산출비를 제고할 수 있으며, 반대로 규모수익감소(DRS) 상태에 있을 경우에는 투입규모를 감소하여 투입대비 산출비를 개선할 수 있다. 이러한 공항의 규모는 경제성과 관련이 있으며, 항공수요가 증가하면 공항의 규모도 달라져야 한다(Lee et al., 2019).

Table 13은 각 공항별 연도·모형별 규모효율성(SE)과 규모수익(RTS) 분석 결과이다. 규모수익이 유일하게 규모수익감소(DRS)인 김포공항의 경우, 규모의 불경제성이 존재하는 것으로 나타났다. 이는 투입의 증가로 효율성을 제고하는 방안보다는 내부 관리·운영의 효율성을 높여서 전체 효율성 향상을 도모하는 것이 적합하다는 것을 의미한다. 반면에, 규모 수익이 IRS 상태인 공항들은 내부 효율성보다는 적정 규모 유지를 통해서 더욱 효율성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

Table 13. The results of the scale efficiency and returns to scale analysis by year and model for each airport

Airport	2009		2010		2011		2012		2013	
	SE	RTS	SE	RTS	SE	RTS	SE	RTS	SE	RTS
GMP	0.846	DRS	0.935	DRS	1.000	-	1.000	-	0.940	DRS
PUS	1.000	-	1.000	-	0.965	IRS	1.000	-	1.000	-
CJU	1.000	-	1.000	-	1.000	-	1.000	-	1.000	-
TAE	0.619	IRS	0.652	IRS	0.657	IRS	0.757	IRS	0.840	IRS
CJJ	0.836	IRS	0.869	IRS	0.880	IRS	0.890	IRS	0.947	IRS
MWX	0.112	IRS	0.158	IRS	0.122	IRS	0.146	IRS	0.202	IRS
KWJ	0.898	IRS	0.883	IRS	0.882	IRS	0.880	IRS	1.000	-
USN	0.875	IRS	0.875	IRS	0.793	IRS	0.743	IRS	0.766	IRS
YNY	0.811	IRS	0.762	IRS	0.741	IRS	0.761	IRS	0.683	IRS
RSU	0.563	IRS	0.350	IRS	0.344	IRS	0.297	IRS	0.345	IRS
KPO	0.528	IRS	0.764	IRS	0.704	IRS	0.873	IRS	0.824	IRS
HIN	0.338	IRS	0.256	IRS	0.258	IRS	0.311	IRS	0.346	IRS
Airport	2014		2015		2016		2017		2018	
GMP	0.896	DRS	0.870	DRS	0.939	DRS	0.783	DRS	0.653	DRS
PUS	1.000	-	1.000	-	1.000	-	1.000	-	1.000	-
CJU	1.000	-	1.000	-	1.000	-	1.000	-	1.000	-
TAE	0.765	IRS	0.760	IRS	0.772	IRS	0.851	IRS	0.931	IRS
CJJ	0.910	IRS	0.909	IRS	0.929	IRS	0.841	IRS	0.888	IRS
MWX	0.184	IRS	0.229	IRS	0.221	IRS	0.191	IRS	0.327	IRS
KWJ	0.908	IRS	0.837	IRS	0.743	IRS	0.836	IRS	0.836	IRS
USN	0.600	IRS	0.535	IRS	0.464	IRS	0.526	IRS	0.683	IRS
YNY	0.477	IRS	0.349	IRS	0.360	IRS	0.434	IRS	0.473	IRS
RSU	0.257	IRS	0.258	IRS	0.264	IRS	0.296	IRS	0.346	IRS
KPO	0.726	IRS	0.943	IRS	0.721	IRS	0.569	IRS	0.525	IRS
HIN	0.276	IRS	0.264	IRS	0.250	IRS	0.168	IRS	0.200	IRS

2. 공항간 CCR 모형을 적용한 비효율성 분석

본 절에서는 공항의 효율성 개선 모색을 위해 비효율성 분석을 수행하였다. 특정 DMU가 상대적으로 비효율성을 나타내고 있다면 해당 DMU가 개선 시켜야 하는 값이 존재한다. DEA 모형에서는 비효율적인 DMU들이 상대적으로 효율적인 DMU와 비교를 통해 벤치마킹해야 할 준거집단(Reference units or set)을 제시하며, 동시에 투입물과 산출물의 가중치(weight)인 람다(Lambda, λ)값을 통해 증가 또는 감소시켜야 할 투입·산출요소의 값을 제공한다. 이렇게 제공된 값은 투입조정(Radial Movement)과 여유분(Slack Movement)으로 나타낼 수 있다. 투입조정은 해

당 비효율적인 DMU가 효율적 DMU가 되기 위하여, 프론티어 선상에 위치하기 위해 필요한 투입량을 나타낸다. 그리고 여유분은 축과 평행한 프론티어 선상에 위치한 DMU가 효율적인 DMU가 되기 위해 추가적으로 이동해야 하는 값을 의미한다. 비효율적인 DMU의 투입·산출물의 값을 투입조정과 여유분 모두를 고려하여 개선한 값을 투사값(Projected Value)이라고 하며, 비효율적인 DMU가 효율화되었을 때 변수값을 의미한다(Huguenin, 2012). 비효율적인 DMU에 대해 국내 12개 공항별로 개선해야 하는 투입물과 산출물의 값은 Table 14와 같다. 본 연구에서는 각 DMU의 실제 투입/산출물의 값과 최적의 프론티어 값 차이를 과대투입(Over Input)과 과소산출(Under Output)로 구분하였다. 과대투입과 과소산출의 값은 각 투입·산출변수의 투입조정값과 여유분의 합이며, 투사값은 실제 투입/산출물 값에 과대투입과 과소산출의 값을 더한 값이다. 결과의 요약은 다음과 같다. 각 공항이 벤치마킹해야 하는 준거 집단으로 제주공항(88회)이 가장 많이 선정되었고, 그 다음으로는 김해공항(19회), 광주공항(6회), 김포공항(2회) 순이었다. 주로 수요가 많은 대형 거점공항 그룹의 공항이 벤치마킹 대상으로 선정되었으나, 예외적으로 일반공항(중형) 그룹의 광주공항이 준거집단으로 6회나 선정되었다. 이는 타 공항에 비해 광주공항이 수요에 비해 낮은 운영비로 운영되어 운영효율성이 높아 이러한 결과가 나온 것으로 판단된다.

Table 14. Analysis of inefficiency at airports in Korea

Year	DMU	TE	Reference units (λ)		Frequency	Over input			Under output	
						EMP	Fixed	Vari	Rev	WLU
2009	GMP	0.846	CJU (0.366)	PUS (1.489)	0	-129.355	-12,013.6	-25,988.1	0	0
2009	PUS	1	PUS (1)		3	0	0	0	0	0
2009	CJU	1	CJU (1)		10	0	0	0	0	0
2009	TAE	0.433	CJU (0.075)		0	-39.713	-3,928.99	-4,461.02	124.374	0
2009	CJJ	0.415	CJU (0.07)		0	-66.559	-5,434.69	-3,989.5	132.662	0
2009	MWX	0.054	PUS (0.004)	CJU (0.002)	0	-44.79	-3,312.04	-5,338.08	0	0
2009	KWJ	0.898	CJU (0.093)		0	-20.369	-678.42	-424.891	253.214	0
2009	USN	0.508	PUS (0.001)	CJU (0.065)	0	-72.46	-4,358.29	-2,560.76	0	0
2009	RSU	0.369	CJU (0.04)		0	-91.939	-4,874.54	-2,733.23	225.921	0
2009	HIN	0.354	CJU (0.012)		0	-39.026	-2,418.98	-900.512	29.28	0
2009	KUV	0.456	CJU (0.011)		0	-28.673	-1,604.31	-513.885	14.19	0
2009	WJU	0.338	CJU (0.005)		0	-20.012	-1,157.18	-386.427	5.453	0
2010	GMP	0.935	CJU (1.989)		0	-61.743	-16,073.5	-5,581.6	0	16,040,879
2010	PUS	1	PUS (1)		0	0	0	0	0	0
2010	CJU	1	CJU (1)		10	0	0	0	0	0
2010	TAE	0.408	CJU (0.074)		0	-54.368	-4,310.24	-4,364.28	180.293	0
2010	CJJ	0.425	CJU (0.079)		0	-77.75	-6,264.65	-4,329.89	60.815	0
2010	MWX	0.077	CJU (0.009)		0	-58.006	-3,475.39	-5,243.72	77,600.47	0
2010	KWJ	0.832	CJU (0.083)		0	-42.257	-1,676.27	-683.771	0	236.655
2010	USN	0.458	CJU (0.06)		0	-100.028	-5,683.04	-2,879.72	61,559.16	0
2010	RSU	0.296	CJU (0.038)		0	-94.39	-5,559.9	-3,658.66	0	251.677
2010	HIN	0.188	CJU (0.009)		0	-51.888	-3,524.94	-1,638.38	0	20.396
2010	KUV	0.764	CJU (0.018)		0	-32.011	-1,605.77	-225.442	133,656.9	0
2010	WJU	0.256	CJU (0.004)		0	-26.617	-1,459.34	-489.318	0	20.72
2011	GMP	1	GMP (1)		1	0	0	0	0	0
2011	PUS	0.949	GMP (0.269)	CJU (0.323)	0	-13.093	-1,647.039	-7,481.79	0	2,040,848
2011	CJU	1	CJU (1)		10	0	0	0	0	0
2011	TAE	0.411	CJU (0.07)		0	-48.147	-4,069.622	-4,516.79	192.676	0
2011	CJJ	0.428	CJU (0.076)		0	-79.265	-6,312.951	-4,592.67	55.256	0
2011	MWX	0.056	CJU (0.006)		0	-55.067	-3,462.022	-6,023.29	0	72,100.48
2011	KWJ	0.834	CJU (0.078)		0	-50.818	-2,150.86	-695.32	227.727	0
2011	USN	0.298	CJU (0.035)		0	-94.425	-5,817.602	-3,759.43	0	68,989.62
2011	RSU	0.278	CJU (0.033)		0	-87.092	-5,293.013	-3,883.12	248.898	0
2011	HIN	0.171	CJU (0.008)		0	-50.716	-3,524.902	-1,677.2	10.924	0

Table 14. Analysis of inefficiency at airports in Korea (continued)

Year	DMU	TE	Reference units (λ)	Frequency	Over input			Under output	
					EMP	Fixed	Vari	Rev	WLU
2011	KUV	0.704	CJU (0.016)	0	-30.201	-1,616.345	-304.426	0	127,909.6
2011	WJU	0.258	CJU (0.004)	0	-23.84	-1,372.519	-503.838	22.843	0
2012	GMP	1	GMP (1)	1	0	0	0	0	0
2012	PUS	1	PUS (1)	1	0	0	0	0	0
2012	CJU	1	CJU (1)	8	0	0	0	0	0
2012	TAE	0.44	CJU (0.062)	0	-59.18	-4,292.74	-4,350.08	169.952	0
2012	CJJ	0.473	CJU (0.071)	0	-77.432	-5,780.62	-4,336.94	82.315	0
2012	MWX	0.073	PUS (0.005) CJU (0.002)	0	-60.75	-3,515.91	-5,830.6	0	0
2012	KWJ	0.88	CJU (0.073)	0	-42.613	-1,203.9	-548.68	225.664	0
2012	USN	0.263	CJU (0.026)	0	-104.606	-6,250.85	-4,055.02	144.843	0
2012	RSU	0.303	CJU (0.032)	0	-94.917	-5,533.95	-4,009.69	206.869	0
2012	HIN	0.183	CJU (0.007)	0	-46.783	-3,319.19	-1,704.55	4.119	0
2012	KUV	0.873	GMP (0.009)	0	-32.496	-1,607.89	-143.036	0	13,996.07
2012	WJU	0.311	CJU (0.004)	0	-27.658	-1,537	-513.465	28.217	0
2013	GMP	0.94	PUS (2.103)	0	-38.499	-13,433.1	-24,662	0	305,040.3
2013	PUS	1	PUS (1)	3	0	0	0	0	0
2013	CJU	1	CJU (1)	5	0	0	0	0	0
2013	TAE	0.501	CJU (0.023) KWJ (0.486)	0	-40.922	-3,682.52	-4,001.85	70.328	0
2013	CJJ	0.551	CJU (0.043) KWJ (0.331)	0	-61.329	-4,907.92	-3,860.7	0	0
2013	MWX	0.104	CJU (0.003) PUS (0.007)	0	-60.069	-3,390.43	-5,636.09	0	0
2013	KWJ	1	KWJ (1)	6	0	0	0	0	0
2013	USN	0.271	KWJ (0.336)	0	-86.789	-5,731.87	-4,267.3	88.726	0
2013	RSU	0.259	KWJ (0.334)	0	-78.928	-5,225.77	-4,495.79	68.145	0
2013	HIN	0.193	CJU (0.005) KWJ (0.001)	0	-49.187	-3,423.93	-1,673.72	0	0
2013	KUV	0.824	PUS (0.019)	0	-31.515	-1,605.49	-209.865	0	16,734.56
2013	WJU	0.346	CJU (0.003) KWJ (0.013)	0	-26.179	-1,527.61	-517.714	0	0
2014	GMP	0.896	PUS (0.912) CJU (0.98)	0	-61.405	-9,219.5	-15,383.5	0	11,729,079
2014	PUS	1	PUS (1)	3	0	0	0	0	0
2014	CJU	1	CJU (1)	9	0	0	0	0	0
2014	TAE	0.547	CJU (0.066)	0	-55.454	-3,616.59	-4,108.63	466.931	0
2014	CJJ	0.549	CJU (0.072)	0	-72.765	-5,077.37	-4,434.26	179.109	0
2014	MWX	0.112	CJU (0.006) PUS (0.003)	0	-59.315	-3,291.07	-6,106.15	0	0
2014	KWJ	0.908	CJU (0.063)	0	-46.604	-1,230.14	-475.08	340.931	0
2014	USN	0.217	CJU (0.019)	0	-105.537	-6,585.65	-5,020.59	205.568	0
2014	RSU	0.196	CJU (0.018)	0	-90.854	-5,626.36	-5,359.06	168.482	0
2014	HIN	0.177	CJU (0.005)	0	-48.528	-3,478.99	-1,736.91	24.378	0
2014	KUV	0.726	PUS (0.016)	0	-32.702	-1,707.87	-338.141	0	22,977.78
2014	WJU	0.276	CJU (0.003)	0	-33.087	-1,897.98	-607.887	4.939	0
2015	GMP	0.87	PUS (1.546) CJU (0.369)	0	-79.006	-16,158.1	-19,109.2	0	6,250,772
2015	PUS	1	PUS (1)	2	0	0	0	0	0
2015	CJU	1	CJU (1)	9	0	0	0	0	0
2015	TAE	0.631	CJU (0.077)	0	-47.31	-3,111.99	-3,661.23	716.526	0
2015	CJJ	0.546	CJU (0.077)	0	-77.149	-5,921.51	-5,248.74	113.696	0
2015	MWX	0.152	CJU (0.012)	0	-58.406	-3,431.94	-7,712.78	34.653	0
2015	KWJ	0.837	CJU (0.061)	0	-47.294	-1,711.69	-964.988	580.912	0
2015	USN	0.206	CJU (0.02)	0	-97.767	-7,098.26	-6,348.23	307.836	0
2015	RSU	0.148	CJU (0.015)	0	-87.4	-5,991.78	-7,018.52	184.375	0
2015	HIN	0.18	CJU (0.005)	0	-49.481	-3,744.15	-1,829.12	47.18	0
2015	KUV	0.943	PUS (0.019)	0	-33.798	-1,806.11	-74.47	0	50,344.14
2015	WJU	0.264	CJU (0.003)	0	-34.155	-2,124.48	-623.494	0.491	0
2016	GMP	0.939	CJU (0.245) PUS (1.639)	0	-38.83	-12,315.8	-8,245.11	0	7,649,594
2016	PUS	1	PUS (1)	2	0	0	0	0	0

Table 14. Analysis of inefficiency at airports in Korea (continued)

Year	DMU	TE	Reference units (λ)	Frequency	Over input			Under output	
					EMP	Fixed	Vari	Rev	WLU
2016	CJU	1	CJU (1)	9	0	0	0	0	0
2016	TAE	0.637	CJU (0.085)	0	-56.488	-3,302.14	-4,152.49	904.56	0
2016	CJJ	0.585	CJU (0.091)	0	-90.659	-6,062.74	-5,482.79	232.664	0
2016	MWX	0.133	CJU (0.011)	0	-66.415	-3,804.97	-11,795	31.587	0
2016	KWJ	0.733	CJU (0.054)	0	-52.906	-2,039.99	-1,681.05	505.477	0
2016	USN	0.177	CJU (0.017)	0	-103.148	-7,098.23	-6,958.73	194.689	0
2016	RSU	0.149	CJU (0.016)	0	-98.605	-6,218.95	-7,880.6	181.365	0
2016	HIN	0.175	CJU (0.005)	0	-55.38	-3,801.75	-1,951.71	41.702	0
2016	KUV	0.721	PUS (0.018)	0	-38.337	-1,957.02	-450.901	0	55,938.06
2016	WJU	0.25	CJU (0.003)	0	-36.149	-2,083.15	-652.838	1.49	0
2017	GMP	0.783	PUS (1.561)	0	-142.975	-27,077.7	-35,451.4	0	745,236.8
2017	PUS	1	PUS (1)	3	0	0	0	0	0
2017	CJU	1	CJU (1)	8	0	0	0	0	0
2017	TAE	0.788	CJU (0.12)	0	-2,145.78	-2,850.99	0	0	-51.024
2017	CJJ	0.43	CJU (0.085)	0	-7,671.25	-9,951.01	0	0	-100.175
2017	MWX	0.103	CJU (0.01)	0	-4,420.18	-13,920.7	0	0	-68.534
2017	KWJ	0.836	CJU (0.065)	0	-1,593.7	-1,124.19	0	0	-48.256
2017	USN	0.192	CJU (0.018)	0	-7,233.22	-6,879.33	0	0	-107.531
2017	RSU	0.168	CJU (0.019)	0	-6,635.03	-8,364.7	0	0	-106.291
2017	HIN	0.202	CJU (0.006)	0	-3,995.03	-2,000.46	0	0	-58.989
2017	KUV	0.569	PUS (0.015)	0	-1,801.34	-831.102	0	37,463.07	-33.015
2017	WJU	0.168	PUS (0) CJU (0.002)	0	-2,351.59	-1,202.29	0	0	-37.022
2018	GMP	0.653	CJU (0.134) PUS (1.216)	0	-275.384	-40,802.2	-70,847.5	0	0
2018	PUS	1	PUS (1)	2	0	0	0	0	0
2018	CJU	1	CJU (1)	10	0	0	0	0	0
2018	TAE	0.926	CJU (0.137)	0	-55.576	-2,109.3	-1,143.72	903.246	0
2018	CJJ	0.508	CJU (0.082)	0	-117.793	-8,441.22	-8,258.27	388.654	0
2018	MWX	0.199	CJU (0.018)	0	-68.66	-4,109.79	-15,364.6	72.723	0
2018	KWJ	0.836	CJU (0.066)	0	-54.13	-2,008.92	-1,355.52	527.118	0
2018	USN	0.301	CJU (0.027)	0	-117.201	-6,965.6	-6,424.59	378.924	0
2018	RSU	0.188	CJU (0.019)	0	-115.198	-6,949.57	-8,656.2	217.904	0
2018	HIN	0.232	CJU (0.006)	0	-67.594	-4,263.28	-2,045	54.611	0
2018	KUV	0.525	PUS (0.016) CJU (0)	0	-34.834	-1,941.52	-1,193.55	0	0
2018	WJU	0.2	CJU (0.003)	0	-40.859	-2,425.33	-1,169.51	2.806	0

3. 투입지향 초효율성 CCR 모형 분석

본 절에서는 CCR/BCC 모형에서 1의 값을 가지는 효율적인 공항 간 비교를 위해 초효율성 분석을 수행하였다. Table 15는 투입지향 CCR 초효율성 분석 결과를 나타낸다. 초효율성 분석 결과, 가장 효율적인 공항은 제주 공항으로, 모든 분석 기간에 걸쳐 효율성 1위를 차지하였다. 그 다음으로는 김해 공항으로, 2011년을 제외한 모든 기간 동안 1 이상의 효율성을 보여주었다.

또한, 연도별 각 공항의 초효율성 값을 누적하면, 공항 그룹 내 가장 효율성이 좋은 공항으로는 거점공항(대형)에서는 제주공항, 거점공항(중형)에서는 대구공항, 일반공항(중형)에서는 광주공항, 일반공항(소형)에서는 군산공항으로 나타난다. 흥미롭게도 각 집단 내의 효율성이 가장 좋은 공항들은 국내 공항 여객 수용능력 활용률에서 집단 내 활용률이 가장 좋은 공항과 일치하였다. 결과를 종합하면, 거점공항(대형) 그룹의 공항들(김포공항, 김해공항, 제주공항)이 다른 공항들보다 효율성이 전반적으로 높은 것으로 분석 되었으며, 거점공항(중형)에서 대구공항은 꾸준한 효율성의 상승세가 돋보였다. 이러한 상승세는 지방공항을 거점으로 하는 저비용항공사(LCC)의 등장으로 수요가 늘어난 것으로 파악된다(Yu, 2018). 또한, 무안공항은 규모가 작은 일반공항(중형, 소형) 그룹의 공항들보다도 효율

성이 떨어져 전체 최하위 수준의 효율성을 나타내어, 효율성 제고 방안이 시급한 것으로 나타났다. 일반공항(중형) 그룹에서, 광주공항은 거점공항(중형)의 공항들 보다 효율성이 뛰어난 것으로 나타났으나, 나머지 울산공항과 여수공항의 효율성은 상대적으로 낮은 효율성을 보여 이들 공항에 대한 효율성 제고 대책이 필요한 것으로 나타났다. 일반공항(소형) 그룹에서는 군산공항은 중간 정도의 효율성 수준으로 분석되었으나, 사천공항, 원주공항의 효율성은 최하위 수준이었으며, 대체적으로 일반공항(소형) 그룹의 공항들의 효율성은 타 공항에 비해 매우 낮은 것으로 나타났다.

Table 15. Input-oriented CCR super-efficiency analysis

Airport	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Cumulative
GMP	0.846 (4/12)	0.935 (3/12)	1.09 (2/12)	1.03 (3/12)	0.94 (4/12)	0.9 (4/12)	0.87 (4/12)	0.94 (3/12)	0.78 (5/12)	0.65 (5/12)	8.981
PUS	1.251 (2/12)	1.072 (2/12)	0.949 (3/12)	1.04 (2/12)	1.23 (2/12)	1.09 (2/12)	1.09 (2/12)	1.17 (2/12)	1.39 (2/12)	1.58 (2/12)	11.862
CJU	1.612 (1/12)	1.91 (1/12)	1.99 (1/12)	1.78 (1/12)	1.86 (1/12)	2.02 (1/12)	1.82 (1/12)	1.83 (1/12)	1.67 (1/12)	1.6 (1/12)	18.092
TAE	0.433 (7/12)	0.408 (8/12)	0.411 (7/12)	0.44 (7/12)	0.5 (7/12)	0.55 (7/12)	0.63 (6/12)	0.64 (6/12)	0.79 (4/12)	0.93 (3/12)	5.732
CJJ	0.415 (8/12)	0.425 (7/12)	0.428 (6/12)	0.473 (6/12)	0.55 (6/12)	0.55 (6/12)	0.55 (7/12)	0.59 (7/12)	0.43 (7/12)	0.51 (7/12)	4.921
MWX	0.054 (12/12)	0.077 (12/12)	0.056 (12/12)	0.073 (12/12)	0.1 (12/12)	0.11 (12/12)	0.15 (11/12)	0.13 (12/12)	0.1 (12/12)	0.2 (11/12)	1.05
KWJ	0.898 (3/12)	0.832 (4/12)	0.834 (4/12)	0.88 (4/12)	1.03 (3/12)	0.91 (3/12)	0.84 (5/12)	0.73 (4/12)	0.84 (3/12)	0.84 (4/12)	8.634
USN	0.508 (5/12)	0.458 (6/12)	0.298 (8/12)	0.263 (10/12)	0.27 (9/12)	0.22 (9/12)	0.21 (9/12)	0.18 (9/12)	0.19 (9/12)	0.3 (8/12)	2.897
RSU	0.369 (9/12)	0.296 (9/12)	0.278 (9/12)	0.303 (9/12)	0.26 (10/12)	0.2 (10/12)	0.15 (12/12)	0.15 (11/12)	0.17 (10/12)	0.19 (12/12)	2.366
HIN	0.354 (10/12)	0.188 (11/12)	0.171 (11/12)	0.183 (11/12)	0.19 (11/12)	0.18 (11/12)	0.18 (10/12)	0.17 (10/12)	0.2 (8/12)	0.23 (9/12)	2.046
KUV	0.456 (6/12)	0.764 (5/12)	0.704 (5/12)	0.873 (5/12)	0.82 (5/12)	0.73 (5/12)	0.94 (3/12)	0.72 (5/12)	0.57 (6/12)	0.52 (6/12)	7.097
WJU	0.338 (11/12)	0.256 (10/12)	0.258 (10/12)	0.311 (8/12)	0.35 (8/12)	0.28 (8/12)	0.26 (8/12)	0.25 (8/12)	0.17 (11/12)	0.2 (10/12)	2.673

결론

1. 연구의 시사점

본 연구는 DEA의 투입요소를 최소화하는 투입지향적 CCR/BCC모형을 이용하여 국내 12개 공항을 대상으로 효율성 및 규모수익 분석 이후, 초효율성 분석을 실시하였다. 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 수요가 많은 거점공항(대형)그룹이 타 공항그룹에 비해 상대적으로 효율적인 것으로 분석되었으며, 효율적인 공항 간 순위는 초효율성 분석을 통해 도출되었다. 특히, 김포공항은 CCR 모형의 기술 효율성(TE)과 BCC 모형의 순수 기술 효율성(PTE) 간 차이가 큰 것으로 나타났는데, 이는 김포공항의 규모가 최적화되지 않았다는 것을 의미하며, 공항의 확장 등 공항을 적절한 규모로 조절해야 한다는 것을 의미한다. 제주공항은 모든 년도에서 효율성이 좋은 것으로 나타났고, 초효율성 분석에서도 효율적인 공항 중에서도 가장 효율성이 좋은 공항으로 나타나, 모든 공항들이 벤치마킹해야 하는 공항으로 선정되었다. 김해공항은 제주공항 다음으로 가장 효율성이 좋은 공항으로 나타났다. 전반적으로 수요가 충분한 거점공항(대형) 그룹은 수요를 감당하기 위한 공항 시설의 확장, 신공항 건설 등의 공항 인프라 확장 정책이 필요한 것으로 판단된다.

둘째, 거점공항(중형) 그룹에서는 대구공항이 시계열에 따라 효율성이 크게 개선되는 것으로 분석되었다. 대구공항의 효율성 개선 원인에는 투입요소의 변화 없이 수요가 증가하여 상대적인 효율성이 높아졌으며, 이는 저비용항공사(LCC) 도입, 노선확대, 대구공항 활성화 조례 시행 등 수요를 확보하기 위한 다양한 노력이 결실을 맺은 것으로 풀이 된다. 그러나 LCC의 등장 후, 대구공항을 비롯한 일부 지방공항에서는 중단거리 노선의 급격한 운항횟수 증가로 예전보다 수요는 많이 늘어났으나, 저비용항공사가 대부분 운용하는 상대적으로 규모가 작은 항공기 운행의 영향으로 전체적인 공항수익은 폭발적인 수요 증가에 비해 비교적 낮은 증가세를 보였다(Park et al., 2019). 청주공항은 6-8위의 중하위정도의 효율성을 보였는데, 2017-2018의 효율성 하락은 중국 정부의 금한령 이후, 수요 감소로 효율성이 저하된 것으로 판단되며, 운영효율성 제고를 위해 노선의 다양화를 모색할 필요가 있다. 또한, 무안공항은 공항의 규모와 중요도에 비해 효율성이 12개 공항 중 최저 수준으로 분석되어 개선 방안이 시급한 것으로 나타났다. 전반적으로 거점공항(중형) 그룹에서는 대구공항이 가장 모범적인 공항인 것으로 판단되어지며, 나머지 공항들도 수요 확보를 위한 다양한 정책을 수립해야 할 것이다.

셋째, 일반공항(중형) 그룹은 대부분 비효율적으로 나타나 중간 이하의 효율성을 보였다. 예외적으로 광주공항의 경우, 벤치마킹 공항으로 선정될 만큼 효율성이 높은 것으로 분석되었는데, 이러한 분석 결과의 이유로는 운영비 대비 공항수익, 종업원수 대비 운영비 효율성이 높아서 인 것으로 판단된다. 광주공항은 운영비에서 인건비 비중이 타 공항보다 낮아, 인건비 측면에서 운영효율성에서 뛰어나다. 예를 들면 광주공항은 대구공항에 비해 80% 정도 수준의 수요를 가지나 종업원수 당 운영비는 대구공항의 60% 정도의 수준으로 수요 대비 매우 낮은 종업원수를 보이고 있다. 그룹 내 타 공항들은 광주공항처럼 내부효율성 향상에 집중하여 공항의 운영효율성을 개선을 도모해야 할 것이다.


마지막으로 일반공항(소형) 그룹의 공항은 대부분 최저의 비효율성을 보이고 있는 것으로 나타나, 효율성 개선이 시급한 것으로 판단된다. 실제로 본 그룹이 속하는 지방공항의 경우, 수요는 매우 부족하나 기본적인 공항유지비용으로 인한 고정운영 유지비 등으로 만성적인 적자를 보이고 있는 것으로 나타났다. 해당 그룹의 공항들은 내부효율성 개선뿐만 아니라, 수요확보 정책 또한 수립하여, 내·외적으로 큰 노력을 기울여야 할 것으로 생각된다.


2. 향후 연구 방향 및 한계점

본 연구는 다음과 같은 한계를 가지고 있다. 첫째, CCR/BCC 모형 분석 및 초효율성 분석은 횡단면분석의 일종으로 특정한 시점의 효율성을 측정하기에 시계열에 따른 변화를 고려하는데 한계가 있다는 점이다. 추후 연구에서는 이를 보완하기 위해 생산성을 시계열적으로 분석하는 방법론인 Malmquist 분석 또는 시계열 변동 분석 방법론인 DEA/window 등과 같은 방법론을 적용하면 좋을 것이다. 둘째, 활주로의 개수, 길이, 주차장의 넓이, 공항 부지면적 등 물리적 변수를 고려하지 못했다는 점이다. 공항 효율성 측정에 여러 물리적인 요소를 반영할 수 있는데, 본 연구에서는 운영적 측면에서 효율성을 파악하기 위해 물리적 요소를 배제하였다. 부지면적은 종업원수와도 관련이 있어, 추후 연구에서는 물리적인 요소를 반영한다면 더욱 좋은 연구가 될 것이다. 셋째, 민·군 공동사용 공항과 민간 공항 간 차이를 분석에서 직접적으로 반영을 하지 못하였다. 군과 함께 사용하는 공항은 공항 운영에 있어 상당한 제약과 안고 있어(예. 슬롯(Slot)의 제한 등), 운영비 등에 영향을 미치는 요소가 있을 수 있다. 넷째, 본 연구에서 외부 여건에 대해 충분히 고려를 하지 못했다는 점이다. 외부 여건은 공항 효율성에 큰 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 국제 국가 간 관계의 변화(예. 중국의 금한령), 재난으로 인한 수요의 변화(예. 코로나 19), 공항 주변 여건(예. 공항 주변 대중교통) 등 공항 효율성에 영향을 주는 여러 외부여건을 고려하면 더욱 타당성 있는 연구 결과가 도출될 수 있을 것이다.

국내 공항 인프라 확장에 대한 관심이 높아지면서 공항에 대한 투자와 정책에 대한 노력이 지속되고 있지만, 이미 현존하는 공항에 대한 적절한 평가는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 국내 공항에 대한 운영효율성을 분석하고, 이에 따른 결과를 제공하였다. 이를 통하여 국내 공항의 개선방향과 정책을 모색하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

ORCID

JEON, Minjun  <http://orcid.org/0000-0002-4967-5055>

HAN, Keunsoo  <http://orcid.org/0000-0002-2883-0108>

References

- Adler N., Berechman J. (2001), Measuring Airport Quality from the Airlines' Viewpoint: An Application of Data Envelopment Analysis, *Transport policy*, 8(3), 171-181.
- Banker R. D., Charnes A., Cooper W. W. (1984), Models for the Estimation of Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Bazargan M., Vasigh B. (2003), Size Versus Efficiency: A Case Study of US Commercial Airports, *Journal of Air Transport Management*, 9(3), 187-193.
- Boussofiane A., Dyson R. G., Thanassoulis E. (1991), Applied Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1-15.
- Charnes A., Cooper W. W., Rhodes E. (1978), Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Choi S. G., Kim J. H., Kwon O. K. (2014), A Study to Measure the Efficiency and Influence of the World's Major Airports: Using DEA and Social Network Analysis, *Korean Journal of Logistics*, 22(1), 29-42.
- Dongseo Univ. (2019), Analysis of Demand Forecasting & Air Cargo Transportation.
- Dyson R. G., Allen R., Camanho A. S., Podinovski V. V., Sarrico C. S., Shale E. A. (2001), Pitfalls and Protocols in DEA, *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245-259.
- Ennen David, Irem Batool (2018), Airport Efficiency in Pakistan-A Data Envelopment Analysis with Weight Restrictions, *Journal of Air Transport Management*, 69, 205-212.
- Farrell M. J. (1957), The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A(General)*, 120(3), 253-290.
- Gillen D., Lall A. (1997), Developing Measures of Airport Productivity and Performance: An Application of Data Envelopment Analysis, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 33(4), 261-273.
- Han K. S., Jeon M. J. (2020), Analysis of Efficiency and Return to Scale of Daegu Airport with DEA, *Journal of Daegu Gyeongbuk Studies*, 19(1), 133-159.
- Hong S. J., Jeon M. (2019), The Technical Efficiency of French Regional Airports and Low-cost Carrier Terminals, *Sustainability*, 11(18), 5107.
- Hong S. J., Moon H. J. (2005), An Performance Analysis of the Airports in Korea (DEA Approach using WLU), *J. Korean Soc. Transp.*, 23(8), Korean Society of Transportation, 89-98.
- Huguenin J. M. (2012), Data Envelopment Analysis (DEA), A pedagogical guide for decision makers in the public sector, Swiss Graduate School of Public Administration, Lausanne.
- International Air Transport Association, <https://www.iata.org/>, 2020.11.01.
- Kang S. J. (2016), A Study on Airport Efficiency of Ownership Form (Master's dissertation), Seoul National University, Seoul.
- Kim H. G., Lee J. W., Choi C. Y. (2007), An Empirical Study of Efficiency Evaluation of Korean Airports Management

- with DEA, *Korea Research Academy of Distribution and Management Review*, 10(2), 19-40.
- Kim H. S., Park J. R. (2013), An Analysis of the Operational Efficiency of the Major Airports Worldwide using DEA and Malmquist Productivity Indices, *Journal of Distribution Science*, 11(8), 5.
- Kim H. T. (2012), An Comparative Competitiveness Analysis and Revitalization Strategies of Regional International Airports(Master's dissertation), Silla University, Busan.
- Kim J. H. (2015), Efficiency Evaluation of Korea's Domestic Airports Implying the Service Indices: Applying Network DEA(Master's dissertation), Inha University, Incheon.
- Kim J. H., Jeong G. D. (2002), Assessing Performance of Korean Airports based on DEA Efficiency Measure of Production, *Korean Journal of Logistics*, 10(2), 17-35.
- Kim Y. J., Cho K. P., Chung J. C. (2013), The Efficiency Analysis for Air Logistics of Asian International Airport Using DEA Model - Focused on the Relations between Facilities and Cargo Volume -, *Korea trade review*, 38(5), 257-289.
- Korea Airports Corporation (2017), Airport Facilities Status in South Korea (전국공항 시설현황).
- Lee J. G., Hong S. J., Leem C. W. (2009), A Study on Efficiency of Major Airports in Asian -Using DEA and Super Efficiency-, *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, 7(3), 3-12.
- Lee S. K., Kim K. W., Choi Y. C. (2019), An Empirical Analysis of Design Peak Demand for Determination of the Economical Size in Large Airports, *J. Korean Soc. Transp.*, 37(6), Korean Society of Transportation, 471-485.
- Martín-Cejas R. R. (2002), An approximation to the Productive Efficiency of the Spanish Airports Network through a Deterministic Cost Frontier, *Journal of Air Transport Management* 8(4), 233-238.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2016), The 5th Mid- to Long-Term Comprehensive Airport Development Plan (제5차 공항개발 중장기 종합계획).
- Mostafa M. M. (2009), Benchmarking the US Specialty Retailers and Food Consumer Stores using Data Envelopment Analysis, *International Journal of Retail & Distribution Management*.
- Nataraja N. R., Johnson A. L. (2011), Guidelines for using Variable Selection Techniques in Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, 215(3), 662-669.
- Oum T., Yu C., Fu X. (2003), A Comparative Analysis of Productivity Performance of the World's Major Airports: Summary Report of the ATRS Global Report Benchmarking Research Report 2002, *Journal of Air Transport Management*, 9(5), 13.
- Park S. Y., Park Y. H., Zhang Y. H. (2019), Analyzing the Effects of Low Cost Carrier to Incheon International Airport's Operations, *J. Korean Soc. Transp.*, 37(3), Korean Society of Transportation, 266-276.
- Pels E., Nijkamp P., Rietveld P. (2003), Inefficiencies and Scale Economies of European Airport Operations, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(5), 341-361.
- Sarkis J. (2000), An Analysis of the Operational Efficiency of Major Airports in the United States, *Journal of Operations Management*, 18(3), 335-351.
- Shephard R. (1970), *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Yoo S. C., Meng J., Lim S. M. (2017), An Analysis of the Performance of Global Major Airports using Two-stage Network DEA model, *Journal of the Korean society for Quality Management*, 45(1), 65-92.
- Yu J. W. (2018), Outbound Air Travelers' Airport Choice Model Using Aggregate Observation Data, *J. Korean Soc. Transp.*, 36(5), Korean Society of Transportation, 392-401.
- Zhu J. (2001), Super-efficiency and DEA Sensitivity Analysis, *European Journal of Operational Research*, 129(2), 443-455.