

■ 論 文 ■

DEA 분석에 의한 아시아 공항 운영 효율성 연구

Operational Efficiency Analysis Using DEA Approach for the Major Airports in Asia

이영혁

(한국항공대학교 항공교통물류학부 교수)

김은정

(교통안전공단 연구원)

김도현

(한서대학교 항공교통관리학과 조교수)

목 차

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| I. 서론 | 1. 표본 선정 및 자료 수집 |
| II. 이론적 고찰 | 2. 변수의 선정 기준 및 구성 |
| 1. 효율성의 정의 | IV. 실증분석 결과 |
| 2. 공항의 효율성 측정 기법 | 1. 여객터미널 |
| 3. 자료포락분석(DEA) | 2. 항공기 운항횟수 |
| 4. 공항의 효율성 관련 사전연구 고찰 | V. 결론 |
| III. 실증분석을 위한 연구 설계 | 참고문헌 |

Key Words : 공항 효율성, 자료포락분석(DEA), 여객터미널 운영효율성, 에어사이드(Airside) 운영효율성, 동북아 공항 경쟁

요 약

지난 10년간 아시아·태평양 지역은 세계에서 가장 급속히 성장한 항공 운송 시장이며 1990년대에 수익성이 높은 항공사들은 대부분 아시아 지역의 항공사들이었다. 아시아 지역의 항공교통 수요가 빠른 속도로 증가할 것으로 예측됨에 따라 아시아 각국은 치열하게 전개되는 항공시장에서의 경쟁 우위를 점하고자 허브 공항을 목표로 신공항 건설 또는 공항 확장 사업을 추진하고 있다.

본 논문의 목적은 DEA를 이용하여 아시아 주요 공항들의 여객터미널 운영 효율성을 측정하고 비교 분석하는 데 있다. 분석대상 공항은 2001년 여객처리실적 상위 100위권 내에 있으며 아시아 지역의 허브 공항을 목표로 하는 공항 중 자료 수집이 가능한 11개의 공항을 선택하였다. 전문가 설문을 통해 5개의 투입 변수와 1개의 산출 변수가 실증 분석을 위해 선정되었고 분석대상 공항의 여객 터미널 운영 효율성을 측정하였다. 또한 에어사이드에 대한 DEA 분석도 추가로 시행하였다.

I. 서론

1978년부터 미국에서 항공운송산업에 대한 규제 완화가 실시된 이후, 규제 완화 및 자유화 추세가 전 세계로 확산되면서 세계 대형 항공사들은 항공공간 제휴(Alliance)를 통해 전 세계에 걸친 허브-앤-스포크(Hub and spoke) 노선망 구조를 구축하고 있다. 이러한 항공사가 취항공항, 특히 허브공항을 결정할 때는 공항이 항공기, 여객, 화물 등에 대한 신속하고 효율적인 처리를 원하는 항공사의 니즈(needs)에 얼마나 부응하는지 여부가 큰 관건이 된다.

허브공항으로서의 발전을 원하는 공항은 동일 대륙의 타 공항에 비해 저렴한 공항 이용료를 유지하고, 항공사와 항공 여객 및 화주에게 편리한 서비스를 제공함으로써 해당 공항의 경쟁력을 확보해야한다. 이는 공항이 항공 관련 비용을 관리하여 경쟁력 있는 공항 이용료를 제공하고, 항공사와 항공 여객 및 화주에 대한 서비스의 질을 개선시켜야할 필요성을 제시해 준다. 이에 더하여 최근에는 공항의 운영주체가 정부 산하 기관에서 민영화 및 상업화됨에 따라 공항의 운영수의 증대에 대한 관심도 더욱 커지고 있다(Air Transport Research Society, 2002).

이러한 추세에서 공항의 운영자는 가장 효율적인 방법으로 최적의 서비스를 제공하기 위해 노력해야하며, 이를 위해 우선 다양한 공항 운영의 분야에 있어 최상의 사례가 무엇인지를 파악하여 이를 벤치마킹(benchmarking)할 필요가 있다. 즉, 운영 효율성(생산성), 서비스 품질, 재정 성과 등에 대해 객관적으로 공항 성과를 측정하고, 이를 타 공항과 비교할 필요가 있는 것이다.

항공운송산업을 포함한 많은 산업에서는 성과를 측정하여 비교 분석할 수 있는 표준 방법론들이 이미 광범위하게 연구되었다. 공항산업에서도 자료포락분석(DEA; Data Envelopment Analysis), 요소별 생산성(Partial Factor Productivity), 총요소생산성(Total Factor Productivity) 등을 분석하는 방법론을 이용하여 공항의 성과 측정에 대한 연구가 진행되어 왔다.

본 연구는 DEA를 이용하여 아시아 주요 공항들의 여객터미널 서비스와 운항 서비스의 효율성을 측정하고 비교 분석하는 데 그 목적이 있다. 또한 분석 결과를

이용하여 공항별 벤치마킹 대상을 파악할 수 있으며 효율성 향상을 위한 대안을 설정할 수 있다는 측면에서 이 연구의 부대효과가 기대된다.

II. 이론적 고찰

1. 효율성의 정의

경제학에서의 효율성(Efficiency)은 “자원 배분적 효율성(allocative efficiency)”과 “기술적 효율성(technical efficiency)”으로 크게 나누어진다. 자원 배분적 효율성이란 생산에 투입되는 자원이 얼마나 사회가 원하는 생산물의 생산에 사용되는가를 나타낸다. 이 연구에서 사용하는 효율성의 개념은 기술적 효율성에 해당되며, “투입물(Input)에 대한 산출량(Output)의 비율”을 의미하는 것으로 정의한다 (Cooper et. al, 2000).¹⁾

$$\text{효율성(Efficiency)} = \frac{\text{산출물(Output)}}{\text{투입물(Input)}}$$

2. 공항의 효율성 측정 기법

1) 총요소생산성(TFP)과 요소별 생산성(PFP)

공항의 효율성을 측정하기 위한 기법은 본 장에서 설명하는 생산성(Productivity)을 직접 측정하는 방법과 다음 장에서 설명하는 상대적 효율성을 비교 분석하는 방법으로 크게 나눌 수 있다. 생산성 측정 기법으로 분석하는 총요소생산성(TFP: Total Factor Productivity)은 노동과 자본 등의 생산요소를 총체적으로 고려한 총 투입요소 단위당 산출물로 정의할 수 있다 (Anne Graham, 1998). 총요소생산성 측정에 의한 효율성 분석은 이미 북미 항공사들을 중심으로 한 항공운송산업의 연구에서 광범위하게 이루어져 왔다 (Windle, 1991, Gillen, Oum and Tretheway, 1985).

총요소생산성은 비모수적 지수 접근법(Nonparametric Index Numbers Approach)과 모수적 또는 통계적 접근법(Parametric or Statistical Approach)에 의해 측정된다. 비모수적 지수 접근법에 의해 총요소생산성을 측정하는 것은 모든 투입물 및 산출물을 가중 투입물 및

1) 물리적 투입에 대한 물리적 산출의 비율을 측정하는 것으로 관리적 효율성(Managerial efficiency)이라고도 불린다. 투입요소의 선택에 대한 기술적 효율성(Input technical efficiency)은 정해진 산출량을 최소의 투입요소를 사용하여 생산하는 것을 의미하는 반면, 산출물의 선택에 대한 기술적 효율성(Output technical efficiency)은 정해진 투입량을 사용하여 최다의 산출물을 생산하는 것을 의미한다.

산출물 지수(Weighted input and output index)로 집계하는 과정을 거치는 다자적 지수 분석(Multilateral Index Procedure)에 해당한다(Caves, Christensen and Diewert, 1982). 이 때 투입물 및 산출물의 정량화를 위해 사용되는 가중치는 각 투입물 및 산출물 가격 데이터에 의한 것이다. 이러한 비모수적 지수 접근법은 최근 호주의 Federal Airports Authority가 소유하고 있는 공항들의 성과를 측정하는 데 사용되었다.

모수적 또는 통계적 접근법으로 총요소생산성을 측정하는 데는 일반적으로 비용함수(cost function)를 이용한다. 이 비용함수는 산출물, 투입물의 가격, 또는 투입물과 산출물에 영향을 미치는 기타 요소(예: 국제여객의 비율, 항공기 크기) 등과 비용과의 함수관계를 나타내게 되는데, 실증분석에서는 주로 로그변환 비용함수(Translog Cost Function)가 많이 사용된다. 이는 최근 영국의 BAA(British Airport Authority)가 운영하는 공항들의 성과 평가에서 사용되었다. 또한 내생적 가중 총생산성 방식(Endogenous Weight TFP Method)은 복수의 투입물과 산출물간의 생산함수를 추정하여 생산성을 지수화시키는 것이다(Air Transport Research Society, 2001). 요소별 생산성(FPF; Partial Factor Productivity)은 노동과 자본 등 각 생산요소별 단위 투입량에 따른 생산량으로 측정된다.

2) 자료포락분석 (DEA)

공항간의 상대적 효율성을 비교 분석하는 방법으로 자료포락분석(DEA)이 주로 사용된다. DEA(Data Envelopment Analysis)는 각 의사결정 단위(DMU; Decision Making Unit)의 효율성 평가에 적합한 분석 방법으로, DMU별로 다양한 투입 요소와 산출 요소에 대한 적절한 가중치를 부여함으로써 각 DMU의 효율성을 측정하는 방법이다.

3. 자료포락분석 (DEA)

1) DEA의 개요

자료포락분석(DEA; Data Envelopment Analysis)은 1978년 Charnes, Cooper, Rhodes 등에 의해 최

초로 제시된 “다수의 투입물과 다수의 산출물(Multiple inputs and outputs)의 비율을 이용하여 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)²⁾의 상대적 효율성(relative efficiency)을 선형계획법으로 측정하는 분석법”이다. 이것은 비모수적 방법으로서 생산함수의 모양과 모수에 관한 아무런 가정도 설정하지 않는다는 점에서 큰 장점이 있다.

DEA는 미국 공립학교 교육을 위한 대규모 실험사업인 「Project Follow Through」에 최초로 적용되었으며, 초기에는 학교, 병원, 정부투자기관, 지방정부와 같은 비영리기관을 대상으로 한 연구에서 많이 이용되었다. 그러나 현재는 동질성이 강하면서 다수의 산출물을 생산하는 복잡한 생산구조를 가진 조직의 평가에 많이 이용된다.

2) DEA에서의 효율성 개념

DEA 모형에 있어서 효율성은 기술적 효율성(Technical efficiency)의 개념으로 가장 효율적인 프론티어와의 비교를 통해 결정되는 상대적 효율성(Relative efficiency)의 개념이다. 즉 이상적인 기준점에 따라 평가되는 절대적 효율성(Absolute efficiency) 측정은 불가능하므로, 유사한 투입·산출 구조를 가지는 준거 집단(Reference set)³⁾과 비교하여 효율성의 정도를 측정하는 것을 말한다.

3) DEA의 기본 모형

일반적으로 가장 많이 활용되는 DEA 기본 모델은 Charnes, Cooper & Rhodes(1978)의 CCR 모델과 Banker, Charnes & Cooper(1984)의 BCC 모델이다.

(1) CCR 모델

1978년 Charnes, Cooper, Rhodes에 의해 제시된 CCR 모델은 다수의 산출물과 다수의 투입요소들을 최적의 가중치에 의해 합산함으로써 각각의 측정단위의 효율성을 최대화시키고자하는 선형분수계획모형(Fractional linear programming model)이다. CCR 모델에서의 효율성 조건은 $\theta^* = 1$ 이고 모든 여유 변수(Slack variable)의 값을 0으로 가정하고 있다. 이러한 조건

2) 의사결정 단위(DMU)란 효율성 측정 대상이 되는 단위를 말하며 다수의 투입 요소를 사용하여 다수의 산출물을 생산하는 조직이다.

3) 준거 집단(Reference set)이란 평가상 기준이 되는 최고의 효율성(효율성=1.00)을 가진 집단을 말한다. 준거 집단에는 1개 또는 여러 개의 DMU가 있을 수 있다.

하에서 평가대상이 되는 DMU₀의 다수 투입물에 대한 다수 산출물의 효율성이 극대화되는 값을 θ_0 라고 할 때, θ_0 을 식(1)과 같은 모형으로 표시할 수 있다.

$$(FP_0) \text{ Max } \theta_0 = \frac{u_1 y_{10} + u_2 y_{20} + \dots + u_s y_{s0}}{v_1 x_{10} + v_2 x_{20} + \dots + v_m x_{m0}} \quad (1)$$

$$\text{Subject to } \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j=1, \dots, n)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$$

- 여기에서, θ_0 : DMU₀의 효율성
- v_m : m번째 투입요소에 대한 가중치
- u_s : s번째 산출요소에 대한 가중치
- x_{m0} : DMU₀의 m번째 투입요소의 양
- y_{m0} : DMU₀의 m번째 산출요소의 양
- x_{mj} : j번째 DMUj의 m번째 투입요소의 양
- y_{sj} : j번째 DMUj의 s번째 산출요소의 양

위 식은 모든 DMU의 투입요소 가중합계에 대한 산출요소 가중합계의 비율이 1을 초과해서는 안 되며, 각 투입요소와 산출요소의 가중치들은 0보다 크다는 단순한 제약 조건 하에 평가의 대상인 DMU₀의 산출요소 가중합계/투입요소 가중합계의 비율을 최대화하는 함수이다.

(2) BCC 모델

Banker, Charnes, Cooper가 DMU의 전체 효율성을 추정하기 위해 제시한 BCC 모델은 CCR 모델에서 가정한 “규모에 대한 보수 불변(CRS; Constant returns to scale)”을 완화하여 “규모에 대한 보수 가변(VRS; Variable returns to scale)”이라는 가정을 추가하였다. BCC 모델은 규모의 수의 효과를 파악하고 이를 기술적 효율성(Technical efficiency)에서 분리시켜 규모의 효율성을 제외한 순수 기술적 효율성(Pure technical efficiency)에 따라 DMU들을 구분할 수 있도록 한다.

식(2)는 산출기준 BCC 모델의 선형분수계획모형이다.

$$(BCC \text{ } FP_0) \text{ Min } \frac{v_1 x_{10} - v_0}{u_1 y_{10}} \quad (2)$$

$$\text{Subject to } \frac{v_1 x_{1j} - v_0}{u_1 y_{1j}} \geq 1 \quad (j=1, \dots, n)$$

CCR 모델과 BCC 모델을 비교하면 부호 제약을 받

지 않는 변수 v_0 가 도입된 것 이외에는 차이가 없음을 알 수 있다. BCC 모델에서의 v_0 는 규모에 대한 경계를 파악하는 지표로서 사용되며 복수해가 존재하는 경우에는 규모의 경계에 대한 상이한 결과를 도출할 수 있다. 즉, v_0 의 값은 측정단위에 따라서 그 크기가 변동하므로 규모의 경제(비경제)에 대한 절대값을 의미하는 것이 아니라 단지 규모의 경제(비경제) 여부에 대해서만 언급할 수 있다.

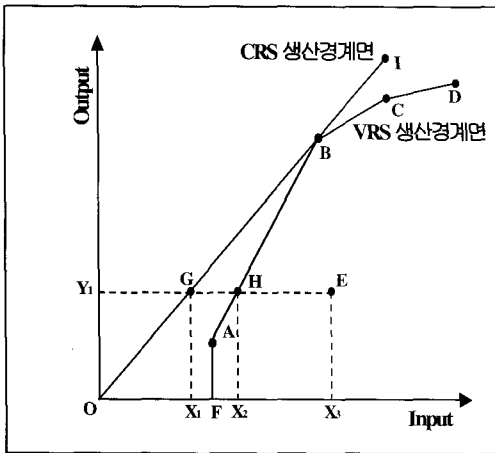
- $v_0=1$ 규모에 대한 보수 불변(CRS; Constant returns to scale)
- $0 < v_0 < 1$ 규모에 대한 보수 증가(Increasing returns to scale)
- $v_0 < 0$ 규모에 대한 보수 감소(Decreasing returns to scale)

예를 들어 $v_0 > 0$ 이면 규모가 λ 배 확대될 때 산출량이 λ 배 이상으로 증대되는 경우로서 이는 규모를 더 늘림으로써 효율성을 증대할 수 있다는 의미이다. 반대로 $v_0 < 0$ 이면 규모가 λ 배 확대될 때 산출량이 λ 배보다 작게 증가하는 경우로서 산출량을 강제로 감소시켜 규모를 조정하면 이 비율이상으로 투입량을 절감할 수 있는 경우이다.

4) DEA 모형의 해석

DEA는 모든 관측치를 이용한 선형계획법에 의한 최적화과정을 거쳐 가장 효율적인 투입-산출관계를 나타내는 생산경계면(Production Frontier 또는 Efficient Frontier)을 구성한다. 이 생산경계면에 있는 관측치는 효율적인 DMU들이며, 생산경계면은 모든 관측치들의 효율성 여부에 대한 준거가 된다. 만약 A, B, C, D, E 등 5개의 DMU에 대한 관측치가 있는 경우, DEA는 투입물과 산출물간의 관계에 따라 <그림 1>과 같이 CRS(Constant Returns to Scale) 및 VRS(Variable Returns to Scale)의 가정에 의거하여 각각 다른 생산경계면을 형성하게 된다.

CCR 모형에서는 규모에 대한 보수 불변의 생산함수를 가정하였기 때문에 CRS 생산 경계면은 원점을 통과하여 관측치 B를 지나는 직선 OI이다. 이 경우 주어진 생산량 Y1을 생산하기 위해 생산경계면에서는



〈그림 1〉 DEA 모형의 해석

OX₁이 투입되는 반면, 비효율적인 DMU E는 OX₃이 투입된다. 그러므로 관측치 E에 대하여 요소투입량에 의해 측정된 기술적 효율성(Technical efficiency)은 OX₁/OX₃가 된다. 즉, DMU E의 비효율성은 원점과 관측치 B를 지나는 CRS 생산 경계면상의 점 G에 의해 측정되었으므로 DMU E의 준거 집단은 B가 된다. 또한 5개의 관측치 중 효율적인 DMU는 B로 나타나고 DMU B는 비효율적인 DMU인 A, C, D, E의 효율성을 측정하는 준거 집단이다.

BCC 모델에서는 생산기술을 규모에 대한 보수 불변, 규모에 대한 보수 감소, 그리고 규모에 대한 보수 증가까지도 가능한, 즉 규모에 대한 보수 가변으로 가정하였기 때문에 FABCD로 표시된다. 이 경우 주어진 산출량 Y₁을 생산하기 위해 생산경계면에서는 X₂가 투입되는 반면, 생산경계면 내부에 위치한 비효율적인 DMU E는 X₃이 투입된다. 그러므로 관측치 E에 대한 순수 기술적 효율성(Pure technical efficiency)은 OX₂/OX₃가 되며, 관측치 E의 비효율성은 관측치 A와 B에 의해 형성된 생산경계면 상의 점 H에 의해 측정되었으므로 DMU E의 준거 집단은 DMU A, B이다. 5개의 관측치 중 효율적인 DMU는 A, B, C, D로 나타난다. 여기서 A는 규모에 대한 보수 증가, C와 D는 규모에 대한 보수 감소를 나타내며, B는 보수 불변이다.

규모의 효율성(Scale efficiency)은 최적 규모(Optimal scale)가 아니기 때문에 발생하는 비효율성을 나타내는

지표이다. 관측치 E가 생산하는 산출량 Y₁을 생산하기 위해 적정 규모인 CRS 생산경계면에서는 OX₁이 투입되는 반면, 적정규모가 아닌 VRS 생산경계면에서는 OX₂가 투입된다. 그러므로 규모의 효율성은 OX₁/OX₂로 계산된다.

이와 같은 분석을 종합해보면, CCR 모델에서 도출된 효율성은 순수 기술적 효율성과 규모의 효율성이 결합된 효율성이며, BCC 모델에서 도출된 값은 순수 기술적 효율성에 해당하는 효율성이다.

4. 공항의 효율성 관련 사전 연구 고찰

Gillen and Lall(1997)은 1989년부터 1993년까지 소유권, 재정 및 운영상의 특징이 다른 미국의 상위 30위권 공항 중 21개의 공항을 대상으로 생산성(Productivity)을 분석하였다. 이 연구에서는 공항은 터미널 서비스와 운항 서비스를 제공한다고 규정하였다. 터미널 서비스 모형은 규모의 보수가 가변이라는 가정 하에 BCC 모형을 이용하여 2개의 산출물, 즉 연간 여객 및 화물 처리 실적과 6개의 투입물, 즉 활주로 수, 게이트 수, 터미널 면적, 종사원 수, 수화물 집하벨트 수, 공공 주차장 구획 수 등의 자료를 이용하여 생산성을 평가하였다. 또한 운항 서비스 모형은 규모에 대한 보수가 불변이라는 가정 하에 CCR모형을 이용하여 2개의 산출물, 즉 정기 및 부정기 운항 횟수와 4개의 투입물, 즉 공항 면적, 활주로 수, 활주로 면적, 종사원 수로 생산성을 추정하였다.

Joseph Sarkis(2000)는 미국의 44개 주요 공항을 대상으로 운영 효율성(Operational efficiency)을 분석하였다. 이 연구에서의 투입물은 모든 공항에 공통적으로 적용할 수 있는 재무비용, 종사원 수, 게이트 수, 활주로 수이며, 산출물은 재무 수익, 항공기 운항 횟수, 연간 여객 및 화물 처리 실적 등이다. DEA를 통해 산출된 운영 효율성과 공항의 외부 요인 및 특성(예: 허브/비허브 공항, 호설 지대/비호설 지대 등⁴⁾) 간의 상호 관련성을 검증해 본 결과, 허브 공항 여부와 호설 지대 여부는 공항의 운영 효율성과 관련성이 높은 것으로 판명되었다.

Adler and Berechman(2001)은 서유럽, 북미, 아시아 공항을 중심으로 항공사의 관점에서 공항의 상

4) 적설량이 많은 지역/적설량이 적은 지역을 의미함

대적 효율성(Relative efficiency)과 품질(Quality)을 평가하였다. 이 연구는 공항 사용료, 최소 연계 시간, 여객 터미널 수, 활주로 수, 도심으로부터의 거리로 구성된 투입물과 이용 항공사의 만족도를 근거로 한 각 공항의 단일 품질 지수로 구성된 산출물을 이용하여 공항의 효율성을 분석하였다.

Martin and Roman(2001)은 민영화 도입 전의 정책적 고려 사항을 유추하기 위해 스페인 공항을 대상으로 기술적 효율성을 측정하였다. 분석 모형은 자본 비용, 인건비, 시설 경비 등 3가지 투입물과 연간 운항 횟수, 연간 여객 및 화물 처리 실적 등 3가지 산출물로 구성되었다.

Pels(2001)는 Gillen and Lall(1997)의 연구와 마찬가지로 두 가지 서비스로 구분하여 유럽 주요 공항의 효율성을 분석하였다. 공항 부지 면적, 활주로 길이, 주기장 수 등을 투입물로, 연간 운항 횟수를 산출물로 이용하였다. 그리고 여객 터미널의 효율성은 터미널 면적, 주기장 수, Check-in-desk 수, 수하물 집하 벨트 수 등을 투입물로, 연간 여객 처리 실적을 산출물로 선정하여 분석하였다.

Elton Fernandes(2002)는 연간 여객 처리 실적에 의해 효율성을 결정할 수 있다는 관점에서 브라질의 35개 공항의 용량을 평가하였다. 분석 모형의 투입물은 주기장 면적, 출발 라운지 면적, Check-in-counter 수, Curb 폭, 주차 용량, 수하물 집하 구역 면적으로, 산출물은 연간 여객 처리 실적으로 구성되어 있다.

Fernandes and Pacheco(2002)는 연간 여객 처리 실적에 의해 효율성을 결정할 수 있다는 관점에서 브라질의 35개 공항의 용량을 평가하였다. 분석 모형의 투입물은 주기장 면적, 출발 라운지 면적, Check-in-counter 수, Curb 폭, 주차 용량, 수하물 집하 구역 면적으로, 산출물은 연간 여객 처리 실적으로 구성되어 있다.

Bazargan and Vasigh(2003)은 미국의 대형/중형/소형 허브 상업용 공항을 대상으로 효율성을 분석하고 대형/중형/소형 허브 공항간의 효율성을 비교하였다. 이 연구의 분석 모형은 활주로 수, 게이트 수, 운영비용, 비운영비용 등의 투입물과 정기 및 부정기 연간 운항 횟수, 연간 여객 처리 실적, 항공 수익, 비항공 수익, 정시 운항 비율 등의 산출물로 구성되었다.

III. 실증분석을 위한 연구설계

1. 표본 선정 및 자료 수집

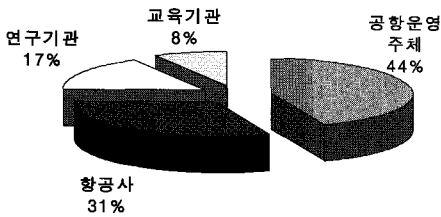
본 연구의 분석대상은 ACI(Airport Council International)의 2001년 Worldwide Airport Traffic Report에 제시된 세계 856개 공항 중 여객처리실적 상위 100위 이내에 있는 아시아 공항들 가운데 아시아 지역의 허브 공항을 목표로 경쟁관계에 있으며 자료 수집이 가능한 다음 11개의 공항을 선택하였다.

- ▶ 중국
 - 베이징 수도공항(PEK)
 - 상하이 푸둥공항(PUG)
 - 홍콩 첵랍콕공항(HKG)
- ▶ 일본
 - 오사카 간사이공항(KIX)
 - 도쿄 나리타공항(NRT)
- ▶ 말레이시아
 - 쿠알라룸푸르 세팡공항(KUL)
- ▶ 싱가포르
 - 창이공항(SIN)
- ▶ 한국
 - 서울 김포공항(GMP)
 - 인천 국제공항(ICN)
- ▶ 대만
 - 타이페이 장계석 공항(TPE)
- ▶ 태국
 - 방콕 국제공항(BKK)

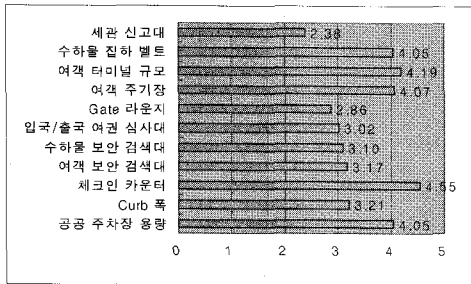
본 연구에서는 이들 분석 대상 공항에 대한 계량적인 자료는 1997년부터 2001년까지 5년 동안의 각 공항의 연차보고서(Annual Report), 각 공항의 내부 자료, ACI의 Airport Capacity/Profile 1998, 2001 및 2003을 통해 수집하였다.

2. 변수의 선정 기준 및 구성

우선 여객터미널 서비스의 효율성 분석을 위한 변수를 선정하였다. 즉 Airport Capacity/Profile 2003(ACI)에 제시된 여객 터미널 세부 구성 요소를 바탕으로



〈그림 2〉 설문 대상 분포도



〈그림 3〉 투입변수의 중요도

로 DEA 실증 분석에 사용될 중요 투입 변수 선택을 위해 각 투입 변수의 중요도에 관한 전문가 설문 조사를 2003년 4월에 실시하였다. 전문가 집단은 공항운영주체 21명, 항공사 15명, 연구기관 8명, 교육기관 4명 등 총 48명의 전문가를 대상으로 하였다.

5점 척도에 의한 설문 결과를 산출 평균하여 도출한 결과, 설문에 응답한 전문가들은 구성 요소 중 체크인 데스크(4.5476)를 1순위, 여객터미널 규모(4.1905)를 2순위, 여객기 주기장(4.0714)을 제 3순위, 공공 주차장 용량(4.0476)과 수하물 집하 벨트(4.0476)를 4순위로 중요하게 생각하고 있다는 것을 알게 되었다(〈그림 3〉 참조).

DEA 실증 분석에는 이러한 전문가 설문조사 결과

〈표 1〉 주요 변수들의 기초통계량

	1997		1998		1999		2000		2001	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
<i>Inputs¹⁾</i>										
여객 터미널 면적(m ²)	336,572	150,085.7	334,805	148,627.8	394,617	164,338.5	390,814	121,726.3	423,154	113,501.3
체크인카운터의 수(개)	279	63.43	279	63.43	280	46.65	281	84.53	282	83.85
여객 주기장의 수(개)	76	33.12	76	33.12	77	28.15	77	22.95	75	23.50
수하물 수취대 수(개)	13	3.78	13	3.78	13	3.25	14	2.37	14	2.39
공공 주차장 용량(대)	5,301	2357.2	5,301	2,357.2	5,276	2,063.2	5,546	1,670.1	5,317	1,483.5
<i>Output²⁾</i>										
연간 여객 처리 실적(명)	24,743,679	7,030,035	23,030,662	4,870,138	24,028,349	6,771,542	23,652,796	9,209,801	21,982,741	7,352,039

자료 : 1) ACI, Airport Capacity/Profile (1998, 2001, 2003), 각 공항의 내부 문서 및 Annual Report

2) ACI, Worldwide Airport Traffic Report, 1998-2002

에 따라 5점 척도 중 4점 척도 이상인 투입변수 5개를 선정하였고, 산출변수는 여객터미널의 운영효율성 측정이라는 본 연구의 목적에 따라 여객처리 실적을 사용하였다. 이들에 대한 간략한 기술적 통계는 〈표 1〉에 요약되어 있다.

1) 투입 변수

- 여객 터미널의 면적 (단위:m²)
- 체크인 카운터의 수 (단위:개)
- 여객기 주기장의 수 (단위:개)
- 수하물 수취대 수 (단위:개)
- 공공 주차장 용량 (단위:대)

2) 산출 변수

- 연간 여객 처리 실적 (단위:명)

IV. 실증분석 결과

1. 여객 터미널

1) CCR 모델

본 연구에서는 DEA 분석 프로그램인 Frontier Analyst®를 이용하였다. 아직까지 세계적으로 공항운영에 있어서 규모의 경제가 적용될 수 있는지에 대한 연구가 미진하여 근거가 없으므로, 저자에 따라 규모의 경제 여부를 미리 가정하고 CCR과 BCC 중 하나를 선택하거나 또는 두 가지 모두를 동시에 분석하는 연구가 일반적이었다. 본 연구에서도 후자의 입장을 택하여 분석하였다.

〈표 2〉 CCR 모델 실증 분석 결과

	1997	1998	1999	2000	2001
BKK	0.9114	1.0000	0.9859	1.0000	1.0000
GMP	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-
HKG	-	-	1.0000	1.0000	1.0000
ICN	-	-	-	-	0.7353
KIX	0.6849	0.7564	0.7074	0.8168	0.9296
KUL	-	-	0.4349	0.4420	0.5516
NRT	0.5118	0.5857	0.5750	0.5900	0.6431
PEK	-	-	-	0.8367	1.0000
PUG	-	-	-	0.2506	0.3227
SIN	1.0000	1.0000	0.9839	0.9844	0.9725
TPE	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

〈표 2〉는 CCR 모델에 의해 추정된 연도별 아시아 주요 공항 여객터미널의 상대적 효율성을 나타낸 것으로 식 (II-1)에 투입 및 산출 변수를 대입하여 산출한 결과이다. 분석 대상 11개 공항 중 효율적인 공항(효율성=1.0)으로 나타난 것은 1997년에 김포, 싱가포르, 타이페이의 3개(50.00%), 1998년에는 방콕이 추가되어 4개(66.67%), 1999년에 김포, 홍콩, 타이페이 3개(37.50%), 2000년에는 방콕이 추가되어 4개(40.00%), 2001년에 방콕, 홍콩, 베이징, 타이페이의 4개 공항이다(40.00%). 상대적으로 비효율적인

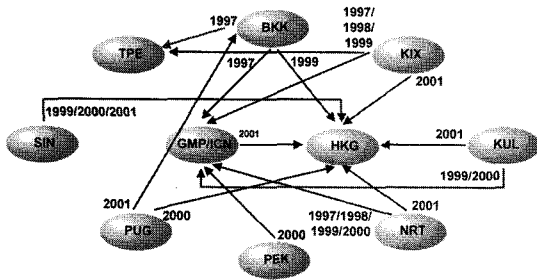
것으로 나타난 공항은 인천, 간사이, 쿠알라룸푸르, 나리타, 푸동 등이다. 비효율적인 공항(효율성(1.0)은 서열 순서라기보다는 효율적인 공항에 의해 형성된 경험적 효율성 프론티어와의 비교를 통해 상대적 비효율성이 측정되었다는 것을 의미한다. 김포공항은 2000년까지 거의 용량한계에 이르도록 활용되어 효율적 공항으로 분석되었다.

〈표 3〉은 비효율적인 공항의 과잉 투자 및 과소 산출 정도를 나타낸 것으로 이는 비효율적인 공항의 실제 투입물 및 산출물 데이터(Actual Data)와 CCR 모형에 의해 구해진 최적 투입물 및 산출물 데이터(Target Data)의 차이에 의해 측정된다. 효율성이 측정되었을 지라도 비효율적인 DMU가 구체적으로 어느 부분에서 어느 정도 비효율적인지를 알지 못하면 효율성 향상을 위한 대안을 제시하기 힘들 것이다. 따라서 비효율적인 DMU의 경우에는 상대적으로 투입물 부분에서의 과잉 투자 정도 또는 산출물 부분에서의 과소 산출 정도를 분석할 필요가 있다.

2001년 인천국제공항의 경우, 준거 집단인 홍콩의 첵랍콕 공항, 대만의 장개석 공항에 비해 공공 주차장 크기, 터미널 규모, 수하물 집하벨트 등에서 과다 투입

〈표 3〉 비효율적인 DMU의 과잉 투입 및 과소 산출

		투입요소					산출요소
		공공주차장 (단위:대)	주기장 (단위:개)	여객터미널규모 (단위:㎡)	체크인카운터 (단위:개)	수하물집하벨트 (단위:개)	여객처리량 과소분 (단위:명)
1997	BKK	-	39	64,982	-	-	2,441,248
	KIX	768	-	72,616	61	-	9,083,020
	NRT	185	-	108,657	13	-	24,485,325
1998	KIX	768	-	72,616	61	-	6,169,826
	NRT	185	-	98,057	13	-	17,286,228
1999	BKK	-	34	-	-	1	389,332
	KIX	768	-	72,616	33	-	8,227,885
	KUL	118	13	283,647	-	-	17,113,718
	NRT	307	-	283,861	-	1	18,970,553
	SIN	-	45	133,763	-	5	427,260
2000	KIX	-	-	-	56	1	4,591,847
	KUL	118	10	283,647	-	-	18,599,304
	NRT	-	-	46,352	-	1	19,034,782
	PEK	885	23	183,745	-	6	4,233,283
	PUG	-	7	-	-	4	17,468,283
	SIN	-	42	117,876	14	5	453,418
2001	ICN	1,272	-	71,614	-	5	6,986,818
	KIX	2,770	-	-	155	4	1,465,061
	KUL	1,863	14	79,810	-	-	11,817,333
	NRT	3,093	-	-	72	4	14,084,030
	PUG	14	-	-	-	4	15,063,787
	SIN	-	42	117,876	14	5	794,716



〈그림 4〉 벤치마킹 대상 공항

이 존재하고 산출물인 연간 여객 처리량 또한 이들에 비해 뒤진 것을 알 수 있다. 즉 인천공항은 개항초기의 잉여시설이 과다투입물로 드러나고 있는 것이다. 나라타공항은 활주로의 제약조건 때문에 여타시설의 규모가 큰 데도 불구하고 여객처리량이 적어 주차장과 여객터미널 등이 과다투입된 것으로 나타난다. 쿠알라룸푸르, 간사이, 푸둥의 경우에도 개항 초기의 잉여시설의 영향이 컸기 때문인 것으로 짐작된다.

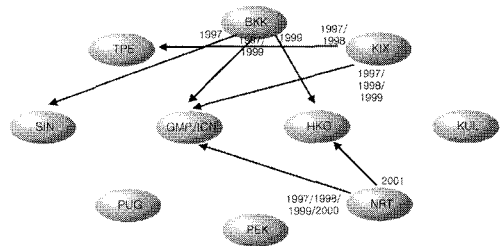
DEA 모형에 있어서 준거 집단에 대한 분석은 중요한 의미를 지닌다. 첫째, DEA 모형에서 효율성 점수, 비효율부분과 비효율성의 정도 등은 모두 준거 집단과 비교하여 측정되기 때문이다. 둘째, 비효율적인 DMU는 도출된 준거 집단의 관리실태를 참조로 하여 효율성 향상을 도모할 수 있기 때문이다. 〈그림 4〉는 부문별 비효율성 분석과 준거 집단의 기여도를 기준으로 비효율적인 공항의 과잉 투입 및 과소 산출 요소 개선 및 향상을 위해 벤치마킹할 대상 공항을 제시한 것이다.

2) BCC 모델

앞서 설명한 바와 같이 CCR 모델에서 도출된 효율성은 순수 기술적 효율성과 규모의 효율성이 결합된 효

〈표 4〉 BCC 모델 실증 분석 결과

	1997	1998	1999	2000	2001
BKK	0.9298	1.0000	0.9960	1.0000	1.0000
GMP	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-
HKG	-	-	1.0000	1.0000	1.0000
ICN	-	-	-	-	1.0000
KIX	0.7283	0.8307	0.7712	1.0000	1.0000
KUL	-	-	1.0000	1.0000	1.0000
NRT	0.6983	0.8305	0.7692	0.7458	0.7798
PEK	-	-	-	1.0000	1.0000
PUG	-	-	-	1.0000	1.0000
SIN	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
TPE	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000



〈그림 5〉 벤치마킹 대상 공항

율성이며, BCC 모델에서 도출된 값은 순수 기술적 효율성에 해당하는 효율성이다. 〈표 4〉는 CCR 모델에서 가정한 규모의 수익불변을 완화하여 규모에 대한 보수 가변(VRS: Variable returns to scale)이라는 가정을 적용한 BCC 모델 분석 결과이다. VRS의 가정 때문에 효율적 공항의 수는 CCR때보다 늘어난다.

CCR에서는 비효율적이었으나 BCC 분석에 따라 경우 효율적인 공항으로 변화되는 공항은 1999년 쿠알라룸푸르와 싱가포르, 2000년에는 간사이, 쿠알라룸푸르, 베이징, 푸둥, 싱가포르 등 5개, 2001년에는 인천, 간사이, 쿠알라룸푸르, 푸둥, 싱가포르 등 5개 공항이다.

〈표 5〉 비효율적인 DMU의 과잉 투자 및 과소 산출

		투입요소					산출요소
		공공주차장 (단위:대)	주기장 (단위:개)	여객터미널규모 (단위:m ²)	체크인카운터 (단위:개)	수하물집하벨트 (단위:개)	여객처리량 과소분 (단위:명)
1997	BKK	-	28	32,100	49	-	1,897,404
	KIX	893	-	105,753	125	1	7,368,395
	NRT	2,298	22	228,005	176	6	11,090,139
1998	KIX	893	-	105,753	125	1	3,905,625
	NRT	2,298	22	217,405	176	6	4,987,679
1999	BKK	-	33	-	12	1	109,000
	KIX	893	-	150,753	92	1	5,900,511
	NRT	2,298	22	371,105	114	6	770,348
2000	NRT	2,298	19	300,305	185	6	9,337,209
2001	NRT	4,205	25	44,100	135	7	7,166,659

〈표 5〉는 비효율적인 공항의 과잉 투자 및 과소 산출 정도를 나타낸 것으로, 이는 비효율적인 공항의 실제 투입물 및 산출물 데이터(Actual Data)에서 BCC 모델에 의해 구해진 최적 투입물 및 산출물 데이터(Target Data) 차를 나타낸 것이다. 1997년부터 2001년까지 도쿄 나리타 공항(NRT)의 비효율성의 원인은 모든 투입 요소가 준거 집단인 김포 공항(1997년~2000년)과 홍콩 첵랍콕공항(2001년)에 비해 비효율적으로 과잉투자되었기 때문이라는 것을 알 수 있다.

〈그림 5〉는 부문별 비효율성 분석과 준거 집단의 기여도를 기준으로 벤치마킹 대상을 나타낸 것이다. 도쿄 나리타 공항(NRT)의 경우, 1997년부터 2000년까지는 김포 공항(GMP)과, 2001년은 홍콩 첵랍콕 공항(HKG)과의 비교를 통해 효율성이 추정되었다. 따라서 도쿄 나리타 공항의 여객 터미널 운영 효율성 향상을 위한 전략 수립시에는 김포공항과 홍콩 첵랍콕 공항이 벤치마킹 대상이 될 것이다.

2. 항공기 운항 횟수

체증이 발생하는 공항 시설의 경우, 이는 공항의 수용 능력에 제한을 가하게 되어 다른 투입물 또한 비효율적으로 운영되게 만든다. 나리타공항의 항공 교통 체증이 발생하는 것은 여객터미널이 아닌 항공기 운항서비스와 관련된 활주로에서 발생하는 것으로 알려져 있다. 지금까지 본 연구의 여객터미널 운영효율성 분석에 따르면 그 비효율성은 여러 투입요소의 과잉투자에 의해 초래된 것으로 나타났으나, 이 체증이 Airside에서 발생하는 것인지를 별도로 알아보기로 한다.

이를 위해 Gillen & Lall (1997)이 선택한 4개의 투입요소와 2개의 산출요소를 채택하여 CCR 모델과 BCC 모델을 통해 항공기 운항횟수와 관련된 운영 효율성을 분석해보았다. CCR 모델 분석 결과, 나리타 공항(NRT)과 간사이 공항(KIX)은 효율적인 것으로 나타났다(〈표 6〉 참조). 이는 주어진 활주로 시설로 최대한의 항공기를 처리하고 있다는 것을 의미하는데, 다시 말하면 이는 활주로의 용량 부족을 반증하는 것으로 이해된다. 그리고 장개석 공항(TPE)과 푸둥 공항(PUG)은 BCC 모델 분석 결과 규모에 대한 수익 감소 상태에서 비효율적인 것으로 나타났다(〈표 7〉 참조). 즉 Airside의 성과 측면에서 이 두 공항은 운항 횟수를 강제로 감소시켜 규모를 조정하면 이 비율이상

〈표 6〉 CCR 모형 실증 분석 결과

	1997	1998	1999	2000	2001
BKK	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
GMP	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-
HKG	-	-	1.0000	0.9901	1.0000
ICN	-	-	-	-	1.0000
KIX	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
KUL	-	-	0.5686	0.4688	0.6082
NRT	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
PUG	-	-	-	0.4569	0.6121
SIN	0.9077	1.0000	0.8596	0.8568	1.0000
TPE	0.7176	0.5301	0.5298	0.4888	1.0000

〈표 7〉 BCC 모형 실증 분석 결과

	1997	1998	1999	2000	2001
BKK	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
GMP	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-
HKG	-	-	1.0000	0.9901	1.0000
ICN	-	-	-	-	1.0000
KIX	1.0000	1.0000	1.0000	0.9788	1.0000
KUL	-	-	0.5057	0.4478	0.4815
NRT	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
PUG	-	-	-	0.4527	0.6121
SIN	0.8947	1.0000	0.8427	0.8568	1.0000
TPE	0.6136	0.4813	0.3530	0.3258	1.0000

으로 투입량을 절감할 수 있는 경우이다. 이를 달리 표현하면 투입량을 늘려도 운항횟수가 늘어나는 비율은 그에 훨씬 미치지 못한다는 것을 의미하는 것이다.

1) 투입 변수

- 공항 넓이(단위:ha)
- 활주로 수(단위:개)
- 활주로 넓이(단위: m²)
- 직원(단위:명)

2) 산출변수

- 정기 및 부정기 항공기 운항 횟수(단위:회)

V. 결론

항공 운송 산업의 규제 완화와 자유화로 각 공항은 저렴한 공항 이용료와 공항 이용 대상자에 대한 서비스 향상을 통해 공항의 경쟁력을 확보하기 위해 노력하고 있다. 공항의 민영화 및 상업화로 인해 효율적인 운영이 강조되는 시점에서 공항의 객관적인 성과를 측정하여 효율적인 공항 운영을 위한 대안을 설정할 필요가 있다.

본 연구는 DEA 모형을 적용하여 아시아 주요 공항

의 여객 터미널 운영에 있어 상대적 효율성(Relative Efficiency)을 주로 분석하였다. 현실적으로 절대적인 효율성을 측정하는 것이 어려우므로, 상대적 효율성 측정은 하나의 차선책이 될 수 있다. 상대적 효율성 비교를 통해 비효율적인 공항은 해당 공항의 벤치마킹 대상을 파악하여 효율성 향상을 위한 대안을 설정할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 연간 여객 처리 실적 세계 100위권 이내에 있는 아시아 주요 공항 중 아시아 지역의 허브 공항을 목표로 경쟁관계에 있는 11개 공항을 실증 분석 대상으로 하였다. 전문적이고 객관적인 여객 터미널 운영 효율성 분석을 위해 전문가 48명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 이를 통해 5개의 투입요소와 1개의 산출요소를 선정하였으며 DEA의 CCR 모델과 BCC 모델을 이용하여 1997년부터 2001년까지의 자료로 상대적 효율성을 분석하였다.

여객터미널 운영에 있어서 CCR 모델에 따른 효율적인 공항으로 분석된 공항은 1997년 3개(50.00%), 1998년 4개(66.67%), 1999년 3개(37.50%), 2000년 4개(40.00%), 2001년 4개(40.00%)이다. BCC 모델에 따른 효율적인 공항으로 분석된 공항은 1997년 3개(50.00%), 1998년 4개(66.67%), 1999년 5개(62.50%), 2000년 9개(90.00%), 2001년 9개(90.00%)이다. 특별히 나라타공항의 Airside운영의 효율성을 분석하기 위해 항공기 운항횟수를 산출물로 한 DEA분석에서는 기대와 마찬가지로 효율적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 나라타공항의 부족한 활주로시설을 반증하는 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시된 아시아 주요 공항의 여객 터미널에 대한 효율성 평가 결과는 다음과 같은 시사점을 제공하고 있다. 첫째, 과잉 투자된 투입 요소 부분과 현재 시설에서 처리할 수 있는 여객 용량에 대한 정보를 토대로 공항의 여객 터미널 운영 구조를 개선할 수 있을 것이다. 둘째, 비효율적인 DMU로 분석된 공항은 효율적인 공항 중 비슷한 구조를 지닌 공항을 선정하여 벤치마킹함으로써 효율적인 여객 터미널 운영 방안을 설정할 수 있다. 셋째, 공항은 장기적 관점에서의 수요 예측을 통해 시설 계획 및 투자가 이루어지므로 본 연구에서 도출한 시설 용량으로 효율적으로 여객 터미널을 운영하고 있는 공항을 벤치마킹함으로써 공항 시설에 대한 장기적인 청사진을 제시할 수 있을 것이다.

본 연구의 방법론상 한계는 DEA 모형은 유사한 평가 대상간의 비교를 통한 상대적 효율성이 평가되므

로 효율성이 1인 DMU일지라도 개선의 여지가 없는 절대적 효율성을 지닌다고 할 수 없다는 것이다. 따라서 DEA 모형은 다른 성과 측정 기법의 대체 방법론이라기보다는 보완적으로 이용되어야 보다 효과적이다. 실증분석상의 한계로는 아시아 주요 공항에 대한 자료 수집 한계로 실증분석 대상의 수가 적은 관계로 포괄적인 분석을 실시하지 못하였다. 따라서 향후 연구에는 좀더 많은 공항을 대상으로 좀더 유동적이고 포괄적인 분석을 할 필요가 있다.

또한 향후의 연구를 위해서는 첫째, DEA 모형을 적용함에 있어 공항 여객 터미널 운영 효율성 분석을 위한 투입·산출 요소 중 가장 이상적인 변수 구성이 필요하다. 둘째, 본 연구의 내용적 범위의 여객 터미널의 운영 효율성뿐만 아니라 Airside와 화물 터미널의 운영 효율성 분석에 관한 연구를 수행한다면 보다 체계적이고 유용한 연구 결과를 도출할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 강상근(2001), "DEA 모형을 이용한 컨테이너항만 및 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구", 한국해양대학교 석사학위논문.
2. 김진한·정기대(2002), "생산효율성에 의한 국내공항의 성과측정", 로지스틱스 연구, 제10권 제2호.
3. 박용화(2001), 인천국제공항 경쟁력 강화 방안, 교통개발연구원 연구총서 2001-09.
4. 백경민(2001), DEA를 이용한 우정사업 경영성과 평가모형에 관한 연구, 서울대학교 경영대학원.
5. 이찬우(2001), "자료포락분석(DEA)을 이용한 도시공공서비스의 효율성 측정에 관한 연구", 연세대학교 대학원 행정학과 석사학위논문.
6. 장해숙(2001), "DEA를 이용한 국내통신서비스업에서의 경영효율성 평가 모형에 관한 연구", 이화여자대학교 경영대학원 석사학위논문.
7. ACI (1998, 2003), *Airport Capacity/Demand*.
8. ACI (1999-2003), *Worldwide Airport Traffic Report*.
9. Adler N. and Berechman, J (2001), "Measuring Airport Quality from the Airlines' Viewpoint: an Application of Data Envelopment Analysis", *Transport Policy* 8.
10. Air Transport Research Society (2001), *Airport*

- Benchmarking Report 2002 - Global Standards for Airport Excellence.*
11. Banker, Charnes & Cooper (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science* 30.
 12. Bazargan. M, Vasigh B. (2003), "Size Vs Efficiency : a Case Study of US Commercial Airports", *Journal of Air Transport Management.*
 13. Caves, Christensen and Diewert (1982), "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity," *Econometrica*, vol.71.
 14. Charnes, Cooper & Rhodes(1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research* 2.
 15. Cooper W.W. et al (2000), "Data Envelopment Analysis - A Comprehensive Text with Models, Applications, Reference and DEA-Solver Software", Kluwer Academic Publishers.
 16. Dempsey, P. S. (1999), "Airport Planning and Development Handbook : a Global Survey", McGraw-Hill.
 17. Ferandes, E., Pacheco (2001), R.R., "Efficient Use of Airport Capacity", *Transportation Research Part A*, Vol.8.
 18. Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society.*
 19. Fernandes and Pacheco (2002), "Efficient use of airport capacity", *Transportation Research Part A* 36.
 20. Gillen, D. and Lall, A. (1997). "Developing Measure of Airport Productivity and Performance: An Application of Data Envelopment Analysis", *Transportation Res-E*, Vol.33.
 21. Gillen, Oum and Tretheway (1985), *Airline Cost and Performance: Implications for Public and Industry Policies*, Center for Transportation Studies, University of British Columbia.
 22. Graham, Anne (1998), "Airport Economics and Performance Measurement", *Proceedings of Airport Economics and Finance Symposium.*
 23. Hussain (2001), Asia & Matthew Jones, Frontier Analyst® Workbook 1 , Basia® Soft Lti.
 24. ICAO (2002), "2001 Annual Civil Aviation Report", *ICAO Journal.*
 25. ICAO (1993, 1998, 2003), *Civil Aviation Statics of the World, Doc. 9180/17, 22, 27*, ICAO.
 26. ICAO (2001), *Outlook for Air Transport to the Year 2010 (Circular 281).*
 27. Institute of Southeast Asian Studies (1997), *Asia Pacific Air Transport : Challenges and Policy Reforms*, Institute of Southeast Asian Studies.
 28. Lewin, A.Y and Minton J.W. (1986), "Determining Organizational Effectiveness: Another Look and Agenda for Research", *Management Science* 32.
 29. Leibenstein, H. (1981), "Allocative Efficiency verse X-efficiency", *American Economic Review* 56.
 30. Martin, J.C. and C. Roman (2001), "An Application of DEA to Measure the Efficiency of Spanish Airports prior to Privatization", *Journal of Air Transport Management* Vol.7.
 31. Pels, E., P. Nijkamp, and P. Rietveld (2001), "Relative Efficiency of European Airports", *Transport Policy*, Vol.8
 32. Sarkis, J. (2000), "An Analysis of the Operational Efficiency of Major Airports in the United States", *Journal of Operations Management*, Vol.18.
 33. Windle, R. J. (1991), "The World's Airlines: A Cost and Productivity Comparison," *Journal of Transport Economics and Policy*, vol.25, no.1.
- ☞ 주 작 성 자 : 이영혁
- ☞ 논문투고일 : 2004. 3. 3
논문심사일 : 2004. 5. 6 (1차)
2004. 7. 21 (2차)
- 심사판정일 : 2004. 7. 21
- ☞ 반론접수기한 : 2004. 12. 31