

DEA Window 모형을 활용한 한국의 내항여객운송항로 효율성 평가*

김태일** · 박성화***

Evaluation of the Efficiency of Korea's Domestic Passenger Shipping Routes using DEA Window

Kim, Tae Il · Park, Sung Hwa

Abstract

The purpose of this study is to analyze the efficiency of 90 domestic passenger shipping routes using the DEA Window model as a Decision Making Unit (DMU). Data from 2015 to 2019 are divided into three windows, and efficiency was analyzed by using the number of passenger ships of sails, gross tonnage and distance traveled as input variables and transportation performance of the general public and islanders as output variables.

As a result of the analysis, improvements are derived and presented for routes with low relative efficiency. In particular, the efficiency is evaluated for general routes operated by private operators as profit routes and auxiliary routes supported by the government as non-profit routes. In addition, scale efficiency (SE) is derived by using the technical efficiency (TE) of the CCR model and the pure technical efficiency (PTE) values of the BCC model. It is found that the inefficiency of the route was due to pure technical efficiency (PTE) rather than scale efficiency (SE).

It will be necessary to consider the improvements for each route shown in the analysis results of this study when establishing the policy for the domestic passenger shipping route.

Key words: DEA, DEA Window, Domestic Passenger Shipping Routes, Efficiency, Auxiliary Routes

▷ 논문접수: 2022. 02. 28. ▷ 심사완료: 2022. 03. 24. ▷ 게재확정: 2022. 03. 28.

* 본 연구는 2020년 한국해양수산개발원의 내항여객항로운송정책 발전방안 연구(기본과제)의 일부 내용을 토대로 수행되었다.

** 한국해양수산개발원, 연구위원, 제1저자, ktizorro@kmi.re.kr

*** 한국해양수산개발원, 부연구위원, 교신저자, shpark83@kmi.re.kr

I. 서론

우리나라 육지와 섬을 연계하는 수단이 내항여객 운송선박이며, 이러한 선박이 운항하는 항로가 내항 여객운송항로이다(해운법 제5조 및 제5조의2). 정부는 선사의 운항기피로 중단된 항로를 보조항로로 지정하고, 민간위탁 방식으로 국고 여객선과 운영비를 투입하여 운항중이다. 이를 통해 국가는 도서민의 교통권 확보를 보장하고, 지원하여 내항여객운송시장에서 발생하는 시장실패를 보완하고 있다고 할 수 있다.

민간항로는 수익항로로서 민간 여객선사가 면허를 발급 받아 운항하는 항로이다. 보조항로는 적자가 심해 단절된 항로를 국가가 선박 건조 및 민간선사 운항손실 보전을 하여 실질적으로 국가 재원 투입으로 운영되는 항로이다.

보조항로는 2019년 기준 전체 100개 항로 중 27개이며 총 여객선 165척 중 26척이 보조항로에서 운항중이다.¹⁾ 지역별로 인천 3개 항로, 마산 3개 항로, 군산 3개 항로, 대산 3개 항로, 목포 15개 항로 등이다. 항로별로 3~6억 원 규모의 운항결손액이 지원(2018년 예산 122억 원, 2019년 예산 125억 원)되었다.

아울러 최근 들어 민간항로 가운데 적자항로 및 1일 생활권 항로에 대해 지원(준공영제)하여 항로가 단절되지 않도록 선제적인 지원을 하고 있다. 준공영제 사업 지원 대상은 ① 섬과 육지 간 1일 생활권 구축(1일 2왕복 운항)을 위해 운항을 확대하는 선사와 ② 지난 2년간 연속 적자를 기록한 적자항로 운영선사이다. 해양수산부는 그간 사업 추진 시 나타난 문제점 등을 보완하여 향후 준공영제 중장기 추진방안을 수립해 나갈 예정이다. 즉 준공영제 사업은 일반항로(민간항로)의 시장실패를 보완하는 것으로 최종

지원 대상으로 선정된 사업자에게 ① 1일 생활권 구축항로의 경우 추가 운항하는 부분의 운항결손액에 대하여 국가가 50%, 해당 지자체가 나머지 50%를 지원하며, ② 적자항로의 경우 보조항로 운항결손액의 최대 70%까지 국가가 지원한다.

정부의 보조항로와 준공영제와 같은 정책은 시장실패를 보완하여 도서민에 대한 교통권을 확보하는 등의 긍정적인 효과가 있으나 다음과 같은 이유에서 검토가 요구된다.

첫째, 보조항로에 대해 지속적인 정부의 재원이 투입되는 구조(2018년 보조항로 결손보상 예산은 122억 8,700만 원, 국고여객선 예산은 11억 4,000만 원에 이룸)이며, 정부 재원에 대한 부담이 지속적으로 늘고 있다. 2008년 이후 2017년 이전 매년 210억 원, 준공영제 도입 2018년 이후 매년 270억 원 예산이 투자되었다.

둘째, 민간항로 가운데 적자항로 및 1일 생활권 항로에 대한 지원에 있어서도 충분한 재원의 확보가 어렵고, 지자체별로 지원 수위가 높고 있으며, 정부 재원 외에 지자체 재원 확보가 어려워 정책 시행에 부담으로 작용한다.

셋째, 정부의 이러한 정책이 내항여객운송시장의 시장실패를 적절히 치유함으로써 건전한 발전을 이룰 수 있는가에 대한 중장기적 예측이 미흡한 실정이다.

넷째, 민간선사의 수익 추고 등으로 선박·선원관리 부실, 서비스 저하 등의 문제가 노출되며 도서민 불신이 증가된다. 즉 민간 운영항로 대비 40~50% 수준의 선박 수리·관리비, 선원의 낙도숙식·선상생활 등으로 인한 안전성 저하 등의 문제가 나타나고 있다.

다섯째, 정부 보조금에 의지하는 항로 운영으로 인해 여객 수요변동에 따라 잦은 결항이 발생할 수 있다.

따라서 내항여객운송항로에 대해 그 동안의 정책에 대해 평가하고, 미래의 내항여객운송항로에 대한 정책 개선 방안에 대한 검토가 요구된다. 정책을 평

1) 2020년 기준은 27개 항로 27척(부분보조항로 1항로 2척 포함 = 28항로 29척). 본 연구는 2019년 데이터를 기준으로 분석하여 2019년을 기준으로 함. 한국해운조합, 2021 연안해운 통계연보, 2021.9

가하는 것은 다양한 방식이 가능하나 본 연구는 내항여객운송항로 가운데 민간부문이 운영하는 일반항로와 그 동안 공적 재원이 투자되는 보조항로의 비효율성을 평가하고, 이를 개선할 수 있는 방안을 찾는 것이 목적이다.

본 연구의 공간적 범위는 해운법상 국내항 간 운송인 내항여객운송사업을 그 대상으로 한다. 시간적 범위는 각 장별로 분석 대상에 따라 시계열 자료를 달리하여 제시하고자 한다. 각 장별 주요 연구 내용은 다음과 같다. 제2장에서는 항로의 효율성 평가를 위한 선행연구를 검토하고자 한다. 제3장에서는 내항여객운송항로의 효율성 분석을 위해 DEA 효율성 분석의 개념과 방법론을 살펴본다. 제4장에서는 모두 90개 항로(일반항로 65개, 보조항로 25개)에 대해 효율성을 분석하고자 한다. 마지막으로 제5장에서는 본 연구의 결론을 제시하고자 한다.

II. 선행연구 및 본 연구의 차별성

본 연구의 학술적 접근방식은 DEA(Data Envelopment Analysis) 분석 방법을 활용하여 정책 대안을 제시하는데 있다. DEA는 자료포락분석이라고 부른다. 모든 비교 대상(DMU: Decision Making Unit)의 성과를 과학적, 정량적으로 도출하며, 개선 사항과 개선 가능성 그리고 벤치마크 대상을 제시할 수 있는 장점이 있다.

DEA의 특징은 평가항목들의 가중치(λ)에 대한 정보가 없이도 평가가 가능하고, 모든 의사결정단위(DMU; Decision Making Units)의 효율성을 최대로 할 수 있는 가중치 값을 자동으로 찾는다.

DEA를 활용하여 효율성을 분석한 연구는 사회과학 분야에서 매우 광범위하게 나타난다. 예를 들어 공적기관의 성과분석, 기업의 성과분석, 은행 등 금융기관 평가, 유통서비스업 분야 평가, 의료분야 평가, 기술, 상품 및 펀드 등 세부 상품에 대한 평가가

지 다양하다(이정동 외, 2012)

내항여객운송항로의 효율성을 분석한 연구는 지금까지 소수의 국내연구가 수행되었으며, 해외연구는 발견하기 어려웠다. 우선 Park, S.H et al(2018)의 연구가 있다. Park, S.H et al(2018)의 연구는 2007-2016년 DEA Window모형에 의해 한국의 연안여객항로 효율성을 분석하고, 2014년 세월호 사고 전후의 변화에 주목하고 있다. 그리고 SBM-DEA 분석을 통해 각 지방청별 선박수와 운항회수, 그리고 항로수에 대해 증감 형태의 개선 사항에 대해 제시하였다.

조건식 외(2013)의 연구는 자료포락분석(DEA)방법 및 Malmquist지수를 활용하여 국내 14개 지역 즉 의사결정단위(DMU)에 대하여 연안여객 항로의 효율성을 분석하였다.

아울러 그 이전의 연구로는 장명희(2010)의 연구가 있다. 이 연구는 연간수송실적 상위 50개 연안항로를 대상으로 연안여객의 효율성을 분석한 것으로 2010년 한 해를 기준으로 수송실적이 높은 항로에 대한 상대적 효율성을 측정하였다.

본 연구는 이들 연구와 방법론상 다소 차별성이 있는데, 위의 연구들은 지자체별로 DMU를 구분하여 효율성 평가를 수행하였으나 본 연구는 항로별로 DMU 단위를 세분화하여 수행하였다. 내항여객항로의 경우 지자체별로 효율성 문제를 접근하는 경우 비효율적인 항로에 대한 개선점을 찾기가 어려운 문제가 발생할 것으로 생각된다. 따라서 DMU 단위를 지자체별로 구분하는 것은 지자체간 효율성 비교가 될 수는 있으나 항로에 대한 평가가 어려운 단점이 있을 수 있다. 아울러 Park, S.H et al(2018) 연구와 조건식 외(2013)의 연구는 다년간의 데이터를 활용하여 수행하였으나 장명희(2010)의 연구는 단년도 효율성을 평가한데 차이점이 있다. 본 연구는 2015~2019년의 데이터를 활용하여 가장 장기의 데이터를 활용하여 항로별 효율성을 분석하고, 일반항로와 보조항로의 효율성을 비교 분석한데 그 차이점이 있다고 할 수 있다.

III. 방법론

1. CCR 모형

CCR모형은 Charnes et al.(1978)가 제시한 DEA모형의 기본모형이다. CCR모형은 투입지향(input oriented) CCR모형과 산출지향(output oriented) CCR모형으로 구분된다. 전자는 일정한 산출요소를 생산하기 위해 투입되는 투입요소를 최소화하는 모형으로 투입요소 최소화 모형이며, 후자는 일정한 투입요소를 활용하여 최적의 산출요소를 생산하고자 하는 최대 투입요소 모형이라고 할 수 있다.

CCR모형은 투입 및 산출 자료로부터 생산가능집합을 구성하고, 분석대상 관측치와 생산변경과의 거리를 비효율성으로 본다. 이에 따라 물리적인 자료를 통해 효율성을 도출함으로 물량기준 모형 혹은 원형모형(primal model)이라고 한다. 한편, 원형모형은 분석대상 자료들을 포락형(convex hull)으로 둘러싼 생산가능집합을 가정하기 때문에 포락모형이라고도 불린다(이정동 외, 2012 : 35)

한편 생산가능집합 내에서 비효율성 지표와 효율성 지표의 합은 항상 1이며, 효율성 지표를 계산하면 비효율성을 제거하기 위한 투입수준의 변화량을 알아낼 수 있다. 이 같은 과정을 고려한 모형을 투입기준 CCR 모형(input based CCR model)이라고 한다(이정동 외, 2012 : 36). 또한 투입수준을 고정하고, 산출을 최대로 늘릴 수 있는 비율을 효율성으로 정의하는 산출기준 CCR 모형(output based CCR model)이라고 한다. 본 연구에서는 전자 모형을 도입하므로 여기서는 전자 모형만을 설명하기로 한다.

$$\theta^{k*} = \min_{\theta, \lambda, s^-, s^+} \left\{ \theta^k - \epsilon \left(\sum_{m=1}^M s_m^- + \sum_{n=1}^N s_n^+ \right) \right\}$$

subject to

$$\theta^{k*} x_m^k = \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j + s_m^- \quad (m = 1, 2, \dots, M);$$

$$y_n^k = \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j - s_n^+ \quad (n = 1, 2, \dots, N);$$

$$\lambda^j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J);$$

$$s_m^- \geq 0 \quad (m = 1, 2, \dots, M);$$

$$s_n^+ \geq 0 \quad (n = 1, 2, \dots, N)$$

θ^k 는 k번째 DMU의 효율성, λ 는 가중치, s 는 여유분, x 는 투입변수, y 는 산출변수를 말한다.(이정동 외, 2012 : 42)

2. BCC 모형

CCR모형은 규모수익불변 가정 하에 효율성을 평가하기 때문에 규모 효율성과 순수 기술효율성을 구분하지 못하는 한계가 있다. 이를 해결하기 위해 Banker et al.(1984)은 규모의 변동을 반영할 수 있는 방법으로 규모수익불변 가정을 완화한 규모수익가변 가정을 적용하고 볼록성 조건(Convexity condition)으로 BCC모형을 개발하였다(장철호, 2018 : 69).

$$\theta^{k*} = \min_{\theta, \lambda} \theta^k$$

subject to

$$\theta^{k*} x_m^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m = 1, 2, \dots, M);$$

$$y_n^k \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n = 1, 2, \dots, N);$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1;$$

$$\lambda^j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J)$$

위 BCC모형은 CCR모형에 볼록성 조건인

$\sum_{j=1}^J \lambda_j = 1$ 이 추가되었다. 이 조건이 추가 되어 관측치 혹은 관측치들의 선형내분으로 조합된 점을 무한히 축소하거나 확장하는 것을 허용하지 않는다(이정동 외, 2012 : 92).

3. DEA Window 모형

DEA는 특정 시점의 효율성을 측정하는 정태적 분석방법이다. 시간의 변화를 보고자 할 때는 3가지 방식이 있을 수 있다. 첫째, 모든 연도의 자료를 평균하여 풀링(pooling) 자료를 구축하고 이에 대한 효율성을 측정하는 방법이 있을 수 있다. 둘째, 몇 개의 연도를 나누어 분석하는 윈도우 분석(window analysis)을 할 수 있다. 이는 7개년을 분석하는 경우 3개년씩 묶되, 인접한 연도를 겹쳐서 데이터를 구성하는 방식이다. 셋째, 이웃한 연도를 짝지어 패널데이터를 구축하고, 이에 대한 생산성 변화를 분석할 수 있다. 이를 말퀴스트 분석(malmquist analysis)이라고 한다. 본 연구에서는 둘째 방식인 DEA Window을 시행하기로 한다.

DEA Window 모형은 동태적인 모형의 장점으로써 자료의 추세 및 안정성이 보장되지 않거나 투입요소와 산출요소의 수에 비하여 DMU의 수가 충분하지 않을 때 효율성 변화를 측정할 수 있는 장점이 있다. DEA Window 분석을 위해서는 기간의 자료를 수집한 후 동태적 변화를 관찰하기 위한 폭을 결정한다(장철호, 2018 : 70).

$$P = \left\{ \begin{array}{l} \frac{k+1}{2} \\ \frac{j+1}{2} \pm \frac{1}{2} \end{array} \right\}$$

k 는 홀수, j 는 짝수

여기서 p 는 윈도우 폭을 의미하며, 효율성 분석기간이 홀수 기간이면 k , 짝수 기간이면 j 로 표시한

다. 그리고 윈도우 수(w)는 $w = k(\text{or } j) - p + 1$ 이 된다(장철호, 2018 : 70).

표 1. Window 수

구분	1	2	3	•	•	k(or j)
1	1	•	p			
2		2	•	p+1		
3			3	•	p+2	
•				•		
•					•	
w=k(or j)-p+1						k

각 윈도우에서는 동일 DMU라 할지라도 서로 다른 DMU로 간주된다. DMU의 수를 n 이라 할 때 효율성의 측정은 첫 번째 윈도우에서 기간 1부터 p 까지 np 개의 DMU를 순차적으로 실시한다. 다음은 두 번째 윈도우에서 기간 2부터 $p+1$ 까지 np 개의 DMU를 실시한다. 이와 같은 방법으로 마지막 윈도우까지 한 기간씩 뒤로 이동하며 효율성 분석을 실시한다. DEA/Window모형의 각 특성 도출 방법을 정리하면 다음 <표 2>와 같다. DEA Window분석의 결과를 표로 정리하면 행별 평균점수를 통해 DMU의 성과 추세를 파악할 수 있으며, 열별 평균점수를 통해 DMU의 시계열 안정성을 확인할 수 있다(장철호, 2018 : 71).

표 2 Window 수, DMU 및 폭

구분	산출식
Window 수	$w = k(\text{or } j) - p + 1$
각 Window의 DMU 수	np
전체 DMU 수	npw
Window 폭	$P = \left\{ \begin{array}{l} \frac{k+1}{2} \\ \frac{j+1}{2} \pm \frac{1}{2} \end{array} \right\}$ k 는 홀수, j 는 짝수

IV. 분석결과

1. 데이터 및 기초통계량

본 연구는 우리나라 연안여객운송항로의 일반항로와 보조항로를 대상으로 하였다. 분석 대상 기간은 2015~2019년이다. 항로 관련 자료는 한국해양교통안전공단(KOMSA)의 내부 자료를 활용하고, 한국해운조합을 통해 자료의 정확성 여부를 확인하였다. 연안여객운송항로의 평균 선박총톤수, 운항횟수, 운항거리, 여객수송실적(일반인+도시민), 도시민 및 일반인 수송실적에 대한 자료의 기초통계량은 아래 <표 3>과 같다. 데이터는 향후 DEA-Window 분석을 위해 연도별로 구성하였다. 아울러 각 변수 간 관계를 확인하기 위해 회귀분석을 통해 VIF(분산팽창계수)를 살펴보았다. 변수 간 상관관계 확인결과, 여객운송실적이 다중공선성(multicollinearity)이 있는 것으로 확인되었다. 이에 따라 본 분석에서는 여객운송실적은 제외하였다. 결론적으로 투입요소는 운항횟수, 선박총톤수 및 운항거리 등 3개 요소이며, 산출요소는 일반인운송실적과 도시민운송실적 2개 요소로 선정되었다.

표 3. 투입 및 산출 요소 기초통계량

구분	N	최소값	최대값	평균	표준편차	
2017-2019	운항횟수	90	119	20,569	2,530	2,917
	선박총톤수	90	545	357,815	16,893	47,181
	운항거리(Km)	90	4	313	59	66
	일반인운송실적	90	629	613,736	120,390	148,208
	도시민운송실적	90	0	271,132	37,516	53,541
2016-2018	운항횟수	90	113	20,021	2,554	3,019
	선박총톤수	90	542	363,511	16,391	45,848
	운항거리(Km)	90	4	313	58	66
	일반인운송실적	90	591	663,949	123,346	153,498
	도시민운송실적	90	0	269,059	38,123	55,929
2015-2017	운항횟수	90	115	19,141	2,563	2,989
	선박톤	90	612	324,795	15,273	41,636
	운항거리(Km)	90	4	313	57	66
	일반인운송실적	90	751	625,406	123,814	153,400
	도시민운송실적	90	0	268,394	37,971	55,691

2. DEA Window 분석결과

1) DEA Window 모형 특성

본 연구는 DEA Window모형을 통해 내항여객항로의 동태적 효율성을 분석한다. 이와 관련 본 연구의 DEA Window 특성은 아래 <표 4>와 같다.

표 4. 본 연구의 DEA/Window 특성

구분	내용
Window 수	3
각 Window의 DMU 수	90
전체 DMU 수	270
Window 폭	3

2) DEA Window CCR모형 분석결과

<표 5>는 DEA Window CCR모형 분석 결과이다. 효율성 측정 결과를 살펴보면 전체 효율성의 평균은 0.588이다. 윈도우 1기(2015-2017년)부터 윈도우 3기(2017-2019년)까지 DEA Window 분석결과, DMU27(강릉-울릉(저동), 1.0), DMU52(목포-제주, 1.0), DMU78(인천-연평, 1.0), DMU88(포항-울릉(도동), 1.0), DMU90(화홍포-소안, 1.0)이 상대적으로 높은 효율성을 보이고 있으며, DMU1(계마-안마, 0.147), DMU12(완도-모도, 0.167)가 낮은 효율성을 보이고 있다. 효율성 변화 폭을 확인할 수 있는 표준편차를 살펴보면, DMU64(신기-여천)가 0.454로 효율성 변화 폭이 상대적으로 크며 DMU90(화홍포-소안)이 1.0으로 상대적으로 안정적인 효율성을 나타내고 있다. 평균 효율성 변화추이를 살펴보면 윈도우 1기 이후 효율성이 미세한 폭으로 낮아지고 있다.

표 5. DEA Window CCR모형 분석결과

구분	항로	윈도우 1	윈도우 2	윈도우 3	평균	표준편차
DMU1	계마-안마	0.193	0.184	0.065	0.147	0.058
DMU2	구도-고파	0.240	0.201	0.247	0.229	0.020
DMU3	군산-개야	0.271	0.259	0.191	0.240	0.035
DMU4	군산-어청	0.328	0.289	0.487	0.368	0.086

구분	항로	원도우 1	원도우 2	원도우3	평균	표준 편차
DMU5	목포-우이	0.192	0.198	0.552	0.314	0.168
DMU6	목포-울목	0.277	0.267	0.583	0.376	0.147
DMU7	봉리-계원	0.268	0.267	0.326	0.287	0.028
DMU8	북강-북강	0.037	0.035	0.533	0.202	0.234
DMU9	손죽-광도	0.113	0.111	0.435	0.220	0.152
DMU10	안흥-가의	0.335	0.373	0.181	0.296	0.083
DMU11	완도-덕우	0.270	0.258	0.177	0.235	0.041
DMU12	완도-모도	0.152	0.165	0.183	0.167	0.013
DMU13	완도-여서	0.297	0.329	0.323	0.316	0.014
DMU14	웅곡-웅곡	0.116	0.093	1.000	0.403	0.422
DMU15	이목-남성	0.286	0.280	1.000	0.522	0.338
DMU16	이목-당사	0.083	0.079	0.367	0.176	0.135
DMU17	이목-어룡	0.579	0.572	0.917	0.689	0.161
DMU18	인천-풍도	0.217	0.223	0.729	0.390	0.240
DMU19	진리-울도	0.348	0.344	0.284	0.325	0.029
DMU20	통영-두미	0.240	0.223	0.349	0.271	0.056
DMU21	통영-삼천포	0.199	0.187	0.167	0.184	0.013
DMU22	통영-추도	0.212	0.202	0.527	0.314	0.151
DMU23	팽목-죽도	0.175	0.169	0.609	0.318	0.206
DMU24	하리-서검	0.296	0.243	1.000	0.513	0.345
DMU25	항화-낙월	0.131	0.142	0.428	0.234	0.137
DMU26	가오치-사량	0.627	0.576	0.836	0.680	0.112
DMU27	강릉-울릉(저동)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU28	격포-위도	0.518	0.520	0.255	0.431	0.124
DMU29	노력-가학	0.528	0.544	0.093	0.388	0.209
DMU30	녹동-거문	0.199	0.205	0.203	0.202	0.002
DMU31	녹동-동송	0.452	0.447	0.682	0.527	0.110
DMU32	녹동-신지	0.398	0.362	0.690	0.483	0.147
DMU33	녹동-제주	0.613	0.541	0.854	0.669	0.134
DMU34	당목-서성	0.690	0.716	1.000	0.802	0.140
DMU35	당목-일정	0.935	0.820	0.842	0.866	0.050
DMU36	대부-덕적	0.665	0.637	1.000	0.767	0.165
DMU37	대부-소이작	0.612	0.574	0.207	0.464	0.183
DMU38	대천-영목	1.000	1.000	0.275	0.758	0.342
DMU39	대천-외연	0.586	0.588	0.156	0.443	0.203
DMU40	대천-장고	0.731	0.740	0.749	0.740	0.007
DMU41	도비도-대남지도	0.489	0.548	0.940	0.659	0.200
DMU42	돌산-오동도	0.981	1.000	0.927	0.969	0.031
DMU43	맏골-산양	0.628	0.634	0.981	0.748	0.165
DMU44	모슬포-가파도	0.594	0.627	0.596	0.606	0.015
DMU45	모슬포-가파도-마라도	0.947	0.948	0.604	0.833	0.162
DMU46	목포-가산	0.715	0.812	0.270	0.599	0.236
DMU47	목포-도초	1.000	1.000	0.073	0.691	0.437
DMU48	목포-상태(동리)	0.777	0.767	0.542	0.695	0.108
DMU49	목포-상태(서리)	0.871	0.762	0.600	0.744	0.111

구분	항로	원도우 1	원도우 2	원도우3	평균	표준 편차
DMU50	목포-암태	1.000	0.969	0.829	0.933	0.074
DMU51	목포-외달	0.748	0.683	0.427	0.619	0.139
DMU52	목포-제주	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU53	목포-홍도	1.000	1.000	0.690	0.897	0.146
DMU54	목호-울릉(도동)	1.000	0.933	0.391	0.775	0.273
DMU55	목호-울릉(사동)	0.866	0.917	0.290	0.691	0.284
DMU56	백야-남도	0.429	0.412	0.606	0.482	0.088
DMU57	백야-적포	0.170	0.153	1.000	0.441	0.395
DMU58	부산-제주	0.218	0.249	0.517	0.328	0.134
DMU59	산이수동-마라도	1.000	1.000	0.980	0.993	0.009
DMU60	삼덕-육지	0.519	0.563	0.151	0.411	0.185
DMU61	삼목-장봉	0.370	0.310	1.000	0.560	0.312
DMU62	송공-신월	0.482	0.434	1.000	0.639	0.256
DMU63	송도-병풍	0.485	0.455	0.377	0.439	0.046
DMU64	신기-여천	1.000	1.000	0.037	0.679	0.454
DMU65	여수-거문	1.000	1.000	0.254	0.751	0.352
DMU66	여수-둔병	0.879	1.000	0.537	0.805	0.196
DMU67	여수-연도	1.000	1.000	0.986	0.995	0.007
DMU68	여수-제주	0.492	0.523	0.888	0.634	0.180
DMU69	여수-함구미	0.885	0.825	0.304	0.671	0.261
DMU70	완도-청산	1.000	1.000	0.571	0.857	0.202
DMU71	외포-주뚝	0.510	0.527	1.000	0.679	0.227
DMU72	울릉(부정기)-독도	0.902	0.919	1.000	0.940	0.043
DMU73	울릉(사동)-독도	0.876	0.836	0.105	0.606	0.354
DMU74	울릉(저동)-독도	0.917	0.864	0.362	0.714	0.250
DMU75	율목-팽목	0.774	0.620	0.563	0.652	0.089
DMU76	인천-덕적	0.730	0.679	0.596	0.668	0.055
DMU77	인천-백령	1.000	1.000	0.725	0.908	0.130
DMU78	인천-연평	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU79	인천-이작	0.756	0.678	0.777	0.737	0.043
DMU80	일정-당목	1.000	1.000	0.702	0.901	0.140
DMU81	저구-소매물도	0.443	0.442	0.708	0.531	0.125
DMU82	제주-완도	0.880	0.831	0.306	0.672	0.260
DMU83	제주-우수영	0.823	0.884	0.228	0.645	0.296
DMU84	진리-점암	1.000	1.000	0.214	0.738	0.371
DMU85	통영-육지	0.617	0.603	0.735	0.652	0.059
DMU86	통영-용초	0.524	0.410	0.867	0.600	0.194
DMU87	팽목-서거차	0.360	0.355	0.573	0.429	0.102
DMU88	포항-울릉(도동)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU89	포항-울릉(저동)	0.702	0.691	0.939	0.777	0.114
DMU90	화흥포-소안	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
	평균	0.597	0.587	0.581	0.588	0.151

3) DEA Window BCC모형 분석결과

〈표 6〉은 DEA Window BCC모형 분석 결과이다. 효율성 측정 결과를 살펴보면 BCC 모형의 전체 효율성 평균은 0.824이다. 윈도우 1기부터 윈도우 3기까지 DEA Window 분석결과, DMU21(통영-삼천포, 1.0), DMU24(하리-서검, 1.0), DMU42(돌산-오동도, 1.0), DMU53(목포-홍도, 1.0), DMU64(신기-여천, 1.0), DMU66(여수-둔병, 1.0), DMU67(여수-연도, 1.0), DMU88(포항-울릉(도동), 1.0), DMU90(화홍포-소안, 1.0)이 상대적으로 높은 효율성을 보이고 있다. 반면 DMU58(부산-제주, 0.504), DMU61(삼목-장봉, 0.540)가 낮은 효율성을 보이고 있다.

효율성 변화 폭을 확인할 수 있는 표준편차를 살펴보면, DMU64가 0.454로 효율성 변화 폭이 상대적으로 크며 DMU90(화홍포-소안)가 1.0으로 상대적으로 안정적인 효율성을 나타내고 있다. 평균 효율성 변화추이를 살펴보면 윈도우 1기 이후 효율성이 미세한 폭으로 낮아지고 있다.

BCC모형에 의한 효율성은 순수기술효율성으로 규모의 수익가변을 가정하고 있다. 반면, CCR모형은 기술효율성으로 규모의 수익 불변을 가정한다. 이에 따라 BCC모형의 효율성 결과(순수기술효율성)는 CCR모형의 효율성 결과(기술효율성) 보다 더 큰 값을 가진다.

표 6. DEA Window BCC모형 분석결과

구분	항로	윈도우 1	윈도우 2	윈도우 3	평균	표준 편차
DMU1	계마-안마	0.664	0.698	0.672	0.678	0.015
DMU2	구도-고과	0.858	0.691	1.000	0.850	0.126
DMU3	군산-개야	0.847	0.839	0.886	0.857	0.021
DMU4	군산-어청	0.812	0.700	0.567	0.693	0.100
DMU5	목포-우이	0.582	0.593	0.642	0.606	0.026
DMU6	목포-율목	0.551	0.586	1.000	0.712	0.204
DMU7	봉리-재원	0.673	0.650	0.731	0.685	0.034
DMU8	북강-북강	0.562	0.581	0.693	0.612	0.058
DMU9	손죽-광도	1.000	1.000	0.990	0.997	0.005
DMU10	안흥-가의	1.000	1.000	0.923	0.974	0.036
DMU11	완도-덕우	0.636	0.638	0.759	0.678	0.058

구분	항로	윈도우 1	윈도우 2	윈도우 3	평균	표준 편차
DMU12	완도-모도	1.000	0.965	0.749	0.905	0.111
DMU13	완도-여서	0.722	0.904	0.789	0.805	0.075
DMU14	웅곡-웅곡	0.596	0.574	1.000	0.723	0.196
DMU15	이목-남성	0.691	0.689	0.955	0.778	0.125
DMU16	이목-당사	0.692	0.675	0.686	0.684	0.007
DMU17	이목-어룡	0.771	0.763	0.969	0.834	0.095
DMU18	인천-풍도	0.812	0.839	1.000	0.884	0.083
DMU19	진리-울도	0.725	0.667	0.881	0.758	0.090
DMU20	통영-두미	0.676	0.638	0.503	0.606	0.074
DMU21	통영-삼천포	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU22	통영-추도	0.688	0.681	1.000	0.790	0.149
DMU23	팽목-죽도	0.775	0.823	0.748	0.782	0.031
DMU24	하리-서검	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU25	향화-낙월	0.448	0.456	0.960	0.621	0.239
DMU26	가오치-사량	0.711	0.707	0.711	0.710	0.002
DMU27	강릉-울릉(저동)	1.000	1.000	0.686	0.895	0.148
DMU28	격포-위도	0.601	0.609	1.000	0.737	0.186
DMU29	노력-가학	0.749	0.790	0.988	0.842	0.104
DMU30	녹동-가문	0.463	0.477	1.000	0.647	0.250
DMU31	녹동-동송	0.507	0.495	0.733	0.578	0.109
DMU32	녹동-신지	0.561	0.565	1.000	0.709	0.206
DMU33	녹동-제주	0.723	0.658	1.000	0.794	0.148
DMU34	당목-서성	0.901	0.944	0.747	0.864	0.085
DMU35	당목-일정	0.948	0.946	1.000	0.965	0.025
DMU36	대부-덕적	0.891	0.836	0.594	0.774	0.129
DMU37	대부-소이작	0.845	0.799	1.000	0.881	0.086
DMU38	대천-영목	1.000	1.000	0.660	0.887	0.160
DMU39	대천-외연	0.971	0.997	0.651	0.873	0.157
DMU40	대천-강고	0.899	0.917	0.827	0.881	0.039
DMU41	도비도-대난지도	0.932	1.000	0.862	0.931	0.056
DMU42	돌산-오동도	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU43	땅끝-산양	1.000	1.000	0.586	0.862	0.195
DMU44	모슬포-가과도	0.867	0.856	0.655	0.793	0.097
DMU45	모슬포-가과도-마라도	0.970	0.986	0.833	0.930	0.069
DMU46	목포-가산	0.764	0.862	1.000	0.875	0.097
DMU47	목포-도초	1.000	1.000	0.610	0.870	0.184
DMU48	목포-상태(동리)	0.834	0.812	0.931	0.859	0.052
DMU49	목포-상태(서리)	0.892	0.793	1.000	0.895	0.085
DMU50	목포-암태	1.000	1.000	0.852	0.951	0.070
DMU51	목포-외달	0.870	0.782	0.781	0.811	0.042
DMU52	목포-제주	1.000	1.000	0.976	0.992	0.011
DMU53	목포-홍도	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU54	목호-울릉(도동)	1.000	1.000	0.578	0.859	0.199
DMU55	목호-울릉(사동)	1.000	1.000	0.876	0.959	0.058
DMU56	백야-낭도	0.604	0.580	1.000	0.728	0.193

구분	항로	원도우 1	원도우 2	원도우 3	평균	표준 편차
DMU57	백야-직포	0.527	0.527	0.684	0.579	0.074
DMU58	부산-제주	0.430	0.507	0.575	0.504	0.059
DMU59	산이수동-마라도	1.000	1.000	0.593	0.864	0.192
DMU60	삼덕-육지	0.540	0.580	0.771	0.630	0.101
DMU61	삼목-장봉	0.621	0.565	0.433	0.540	0.079
DMU62	송공-신월	0.668	0.637	1.000	0.768	0.164
DMU63	송도-병풍	0.855	0.739	0.901	0.832	0.068
DMU64	신기-여천	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU65	여수-거문	1.000	1.000	0.682	0.894	0.150
DMU66	여수-둔병	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU67	여수-연도	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU68	여수-제주	0.569	0.592	0.775	0.645	0.092
DMU69	여수-함구미	0.941	0.879	0.677	0.832	0.113
DMU70	완도-청산	1.000	1.000	0.796	0.932	0.096
DMU71	외포-주문	0.738	0.773	0.820	0.777	0.034
DMU72	울릉(부정기)-독도	1.000	1.000	0.579	0.860	0.198
DMU73	울릉(사동)-독도	0.940	0.923	1.000	0.954	0.033
DMU74	울릉(저동)-독도	1.000	1.000	0.988	0.996	0.006
DMU75	울목-팽목	0.820	0.707	1.000	0.842	0.121
DMU76	인천-덕적	0.811	0.808	0.746	0.788	0.030
DMU77	인천-백령	1.000	1.000	0.804	0.935	0.092
DMU78	인천-연평	1.000	1.000	0.867	0.956	0.063
DMU79	인천-이각	0.878	0.842	0.637	0.786	0.106
DMU80	일정-당목	1.000	1.000	0.592	0.864	0.192
DMU81	저구-소매밭도	0.605	0.628	1.000	0.744	0.181
DMU82	제주-완도	0.887	0.836	1.000	0.908	0.069
DMU83	제주-우수영	1.000	1.000	0.507	0.836	0.232
DMU84	진리-점암	1.000	1.000	0.932	0.977	0.032
DMU85	통영-육지	0.708	0.689	0.899	0.765	0.095
DMU86	통영-용초	0.764	0.631	0.594	0.663	0.073
DMU87	팽목-서거차	0.613	0.592	1.000	0.735	0.188
DMU88	포항-울릉(도동)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
DMU89	포항-울릉(저동)	0.836	0.788	1.000	0.875	0.091
DMU90	화흥포-소안	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
	평균	0.823	0.814	0.834	0.824	0.091

4) DEA Window CCR모형과 BCC모형 비교

여기서는 내항여객운송항로의 비효율성의 원인이 내부의 기술적 요인에 따른 것인지 또는 규모요인에 의한 것인지 살펴본다. 이를 위해 CCR모형의 기술효율성(technical efficiency: TE)과 BCC모형의 순수기술효율성(pure technical efficiency: PTE) 값을 활용하여 규모효율성(scale efficiency: SE)을 도출하였다.

규모효율성은 기술 효율성을 순수기술효율성으로 나눈 값이며, 비효율성은 (1- 효율성)값으로 산정할 수 있다.

비효율성 값을 살펴보면, 항로의 비효율성은 규모 효율성(SE)보다 순수기술효율성(PTE)에 의한 것임을 알 수 있다. 또한 분석기간 동안 업계 전체 효율성인 기술효율성(TE)은 0.597에서 0.581로 적은 폭으로 감소하였는데, 이는 규모효율성이 아닌 순수기술효율성의 비효율에 따른 것으로 밝혀졌다.

표 7. DEA Window 모형 분석결과

구분	효율성				비효율성			
	원도우 1	2	3	평균	1	2	3	평균
TE	0.597	0.587	0.581	0.584	0.403	0.413	0.419	0.416
PTE	0.823	0.815	0.834	0.824	0.177	0.185	0.166	0.176
SE	0.725	0.720	0.697	0.709	0.275	0.280	0.303	0.291

5) 참조집단 분석 및 개선방안 도출

DEA모형을 활용한 효율성 분석 시 개선사항을 도출하기 위해서는 가중치(λ)를 제공하는 참조집단(Reference unit, Reference set)을 도출하여야 한다. 참조집단은 분석대상 DMU의 효율성 및 비효율성을 측정하는데 활용되는 DMU의 묶음이다. 이는 분석대상 DMU의 효율성 개선을 위한 참조 대상 혹은 벤치마킹 대상이 된다. 이렇게 참조집단인 DMU가 벤치마킹 대상이 될 수 있는 이유는 투입 및 산출구조에 있어 비교적 동질성을 지닌 집단들로 구성되기 때문에 가능하다.

참조집단을 통해 다음과 같이 두 가지 측면에서 활용이 가능하다. 첫째는 투입 및 산출구조가 유사하고, 다른 DMU에 비해 상대적으로 효율적으로 평가된 DMU가 참조집단으로 활용된 참조집수이다. 다만 이러한 참조집수가 많을수록 벤치마킹 대상으로서 우수하다고 할 수는 없다.

둘째는 비효율적 DMU가 효율적 DMU가 되기 위해 감소 또는 증가시켜야 하는 투입과 산출량을 파

악하는 기준이 됨으로써 어느 방향으로 개선되어야 하는지에 관한 정보를 제공한다. 즉 비효율적인 DMU가 효율적으로 되고자 할 때 어느 DMU를 기준으로 삼아 변화해 나가야 하는지에 대한 정보를 제공한다(이정동 외, 2012 : 46)

본 연구에서는 2019년 기준 CCR 모형을 기준으로 각 향로별 벤치마킹 대상과 λ 값을 산출하였다.

효율적으로 나타난 DMU는 비교 대상이 되는 DMU와 유사한 투입 및 산출구조를 가지고 있으면서도 기술적 효율에 도달한 DMU가 선정된다. 따라서 비효율적인 나타난 DMU는 참조집단과의 비교를 통해 비효율적인 부분에 대한 개선방안을 모색하고 개선 목표를 설정할 수 있다.

본 연구에서 분석한 DMU6의 경우 분석대상 중 비교적 효율적인 향로로 분석된 DMU67와 DMU78에 의해 구성되는 동일한 투입·산출구조를 가진 참조집단과 비교한 결과, 비효율적인 것으로 해석할 수 있다. 따라서 효율성을 달성하지 못하고 53.0%의 효율성을 나타내고 있다. 비효율성 47%를 감소시키기 위해서는 DMU6의 관리자는 투입요소의 비효율성을 제거하거나 산출요소를 극대화 하는 방향으로 효율성을 높여야 한다. 이때 DMU9는 효율적 참조집단 DMU67, DMU78의 투입 및 산출구조를 고려하여야 하며, 특히 가중치(λ)로 확인할 때 DMU67을 주로 참조하여야 효율성 향상에 도움이 될 수 있다. 비효율적인 다른 DMU 역시 동일한 방법으로 효율적인 참조집단을 활용하여 효율성을 향상시킬 수 있다(장철호, 2012 : 96).

다음으로 참조횟수(Frequency in Reference set)는 DMU59가 47회로 가장 많고, DMU84 36회, DMU90 31회, DMU67 22회, DMU53 18, DMU27 13회, DMU42, DMU70, DMU78 및 DMU88이 10회, DMU65 7회, DMU52 6회, DMU83 3회, DMU48 2회, 그리고 DMU64 및 DMU66는 각각 자기 자신을 참조하여 각 1회 등이다.

여기서 해석상 유의할 점은 다음과 같다. 첫째, 비

효율적인 DMU가 반드시 효율성이 1인 모든 DMU를 벤치마킹 할 필요가 없으며, 또한 효율적인 DMU로 선정된 DMU(효율성=1)를 벤치마킹할 필요가 없다. 이는 해당 DMU가 벤치마킹하는 대상은 DMU의 투입 및 산출구조가 유사한 대상인 DMU를 우선적으로 참조집단으로 선정하기 때문이다.

표 8. DMU별 참조집단

구분	향로	효율성	참조집단	참조횟수
DMU1	계마-안마	0.168	59 65 67	0
DMU2	구도-교과	0.237	59 84	0
DMU3	군산-개야	0.195	67 84 90	0
DMU4	군산-어청	0.609	59 65 67	0
DMU5	목포-우이	0.533	59 84 90	0
DMU6	목포-율목	0.530	67 78	0
DMU7	봉리-재원	0.385	67 84	0
DMU8	북강-북강	0.523	67 84	0
DMU9	순죽-광도	0.450	67 84	0
DMU10	안흥-가의	0.166	59 84	0
DMU11	완도-덕우	0.203	67 84	0
DMU12	완도-모도	0.172	59 67 90	0
DMU13	완도-여서	0.307	59 65 67	0
DMU14	웅곡-웅곡	1.000	67 84	0
DMU15	이목-남성	1.000	67 84	0
DMU16	이목-당사	0.341	67 84	0
DMU17	이목-어룡	0.934	67 84	0
DMU18	인천-풍도	0.809	59 84 90	0
DMU19	진리-율도	0.319	59 65 83	0
DMU20	통영-두미	0.407	59 65 67	0
DMU21	통영-삼천포	0.191	27 78 88	0
DMU22	통영-추도	0.529	59 84 90	0
DMU23	팽목-죽도	0.610	59 65 67	0
DMU24	하리-서검	1.000	59 84 90	0
DMU25	향화-낙월	0.397	59 84 90	0
DMU26	가오치-사량	0.804	53 59 70 90	0
DMU27	강릉-율릉(저동)	1.000	27	13
DMU28	격포-위도	0.275	53 59 78 90	0
DMU29	노력-가학	0.104	59 84	0
DMU30	녹동-거문	0.181	27 42 53 88	0
DMU31	녹동-동송	0.664	67 84 90	0
DMU32	녹동-신지	0.823	59 84 90	0
DMU33	녹동-제주	0.982	42 52 88	0
DMU34	당목-서성	1.000	59 84	0
DMU35	당목-일정	0.827	59 84	0
DMU36	대부-덕적	1.000	27 42 53 59	0
DMU37	대부-소이작	0.242	27 42 53 59	0
DMU38	대천-영목	0.262	59 84 90	0
DMU39	대천-위연	0.161	59 84 90	0

구분	항로	효율성	참조집단	참조횟수
DMU40	대전-장고	0.694	53 59 78 90	0
DMU41	도비도-대난지도	0.947	59 84	0
DMU42	돌산-오동도	0.848	42	10
DMU43	땅끝-산양	1.000	59 84 90	0
DMU44	모슬포-가파도	0.589	53 59 70 90	0
DMU45	모슬포-가파도-마라도	0.571	27 42 59	0
DMU46	목포-가산	0.296	53 59 78 83	0
DMU47	목포-도초	0.063	59 67 78 90	0
DMU48	목포-상태(동리)	0.553	48	2
DMU49	목포-상태(서리)	0.627	48 78 90	0
DMU50	목포-암태	0.195	59 84 90	0
DMU51	목포-외달	0.466	59 84 90	0
DMU52	목포-제주	1.000	52	6
DMU53	목포-홍도	0.759	53	18
DMU54	목포-울릉(도동)	0.472	27 88	0
DMU55	목포-울릉(사동)	0.273	27 59	0
DMU56	백야-낭도	0.635	59 84 90	0
DMU57	백야-직포	1.000	59 84 90	0
DMU58	부산-제주	0.512	52	0
DMU59	산이수동-마라도	0.825	59	47
DMU60	삼덕-육지	0.218	53 59 70 90	0
DMU61	삼목-장봉	1.000	53 59 70 90	0
DMU62	송공-신월	0.969	59 84 90	0
DMU63	송도-병풍	0.473	67 84	0
DMU64	신기-여천	0.043	64	1
DMU65	여수-거문	0.342	65	7
DMU66	여수-둔병	0.572	66	1
DMU67	여수-연도	0.849	67	22
DMU68	여수-제주	1.000	52	0
DMU69	여수-함구미	0.363	67 84	0
DMU70	완도-청산	0.608	70	10
DMU71	외포-주문	1.000	53 59 70 90	0
DMU72	울릉(부정기)-독도	1.000	27 88	0
DMU73	울릉(사동)-독도	0.096	27 88	0
DMU74	울릉(저동)-독도	0.461	52 88	0
DMU75	울릉-팽목	0.544	53 59 70 90	0
DMU76	인천-덕적	0.662	53 70 90	0
DMU77	인천-백령	0.642	27 53 78 88	0
DMU78	인천-연평	1.000	78	10
DMU79	인천-이작	0.758	42 53 59 70	0
DMU80	일정-당목	0.768	59 84	0
DMU81	저구-소매물도	0.665	27 42 59	0
DMU82	제주-완도	0.226	42 52 53	0
DMU83	제주-우수영	0.251	83	3
DMU84	진리-점암	0.218	84	36
DMU85	통영-육지	0.722	42 53 59 70	0
DMU86	통영-용초	0.675	67 84 90	0
DMU87	팽목-서거차	0.568	59 84 90	0
DMU88	포항-울릉(도동)	1.000	88	10
DMU89	포항-울릉(저동)	0.742	27 78 88	0

구분	항로	효율성	참조집단	참조횟수
DMU90	화홍포-소안	1.000	90	31

효율성 제고를 위한 목표를 설정하기 위해 계수는 위의 λ 값을 활용하게 된다. 본 연구에서는 λ 값을 별도로 표기하지 않았으나 이를 활용하여 참조집단을 선정하였다. 예를 들어 DMU6(목포-울목)가 효율적인 DMU가 되기 위해서는 참조집단 DMU67과 DMU78의 자료를 참고하여 개선 목표치를 산정할 수 있다. 이 가운데 DMU67이 가중치가 높아 이를 참조집단으로 활용하였다.

효율성 분석결과를 통해 DMU6의 효율성 향상을 위한 목표치 설정에 앞서 우선 DMU6의 투입변수와 산출변수를 확인하도록 한다. DMU6의 운항횟수는 연간 615회, 선박톤수는 4,376톤, 운항거리는 141km이다. DMU6의 운항횟수는 참조집단인 DMU67의 46%에 비해 낮고, DMU78의 99%와 거의 비슷한 수준이다. DMU6의 선박톤수는 참조집단인 DMU67의 95%, DMU78의 53%로 낮은 수준이다. 아울러 DMU6의 운항거리는 참조집단인 DMU67의 301%, DMU78의 133%로 높은 수준이다.

즉 DMU6는 참조집단 DMU67에 비해 운항횟수가 적고, 선박톤수는 거의 비슷하지만 운항거리는 매우 길어 비효율적인 것으로 나타났다. 효율성을 극대화하기 위해서는 운항횟수의 증가와 운항거리에 대한 축소 검토가 요구된다. 따라서 효율성 향상을 위해서는 운항횟수의 경우 현재 615회에서 1,348회로 733회 증회 노력이 필요하다. 또한 항로 측면에서 현재 보유하고 있는 선박 톤수는 과소 투입되고 있으나 큰 차이를 보이지 않는 것으로 확인되었다. DMU6의 효율성을 위해서는 총톤수는 약 61% 증가 검토가 요구된다. 아울러 DMU6의 운항거리는 참조집단 DMU67에 비해 93% 짧은 것으로 나타났다. 다만 연안여객선 특성상 운항거리는 고정변수로 볼 수 있으므로 운항횟수에 대한 개선이 우선적으로 요구된다고 할 수 있다. 이는 DMU6 항로는 투입되는 선박은 비슷하지만, 운항횟수가 적으며, 항해거리는 길다고

볼 수 있다. DMU6가 운영하는 항로가 보조항로임에도 이용객의 수요 보다 과도하게 큰 규모의 선박을 도입하였으며, 운항횟수가 적어 도시민 서비스가 우수하다고 볼 수는 없을 것이다.

한편 여기서 보조항로를 나타내는 DMU1~DMU25의 효율성과 DMU26~DMU90의 효율성을 비교해 보면 상대적으로 보조항로보다 일반항로가 효율적으로 평가된다. 보조항로는 전체 항로수가 25개로 효율성 평균은 48.1%이다. 아울러 효율성이 1인 항로는 3개로 전체 보조항로 가운데 효율성이 1인 항로는 전체항로의 12%를 차지하고 있다. 일반항로는 전체 항로수가 65개로 효율성 평균은 61.7%이다. 아울러 효율성이 1인 항로는 13개로 전체 일반항로 가운데 효율성이 1인 항로는 전체항로의 20%를 차지하고 있다.

보조항로가 반드시 국가의 보조금을 통해 운영이 된다고 비효율적인 항로라고 단정하기는 어렵다. 왜냐하면 본 분석에서는 재무적인 분석이 수반되어 있지 않기 때문이다. 오히려 보조항로가 효율적으로 운영되기 위해서는 선박량, 운항횟수 및 운항거리 등에 대한 검토가 필요하다는 점을 반영하고 있다고 할 수 있다.

표 9. 보조항로와 일반항로의 효율성 비교

구분	전체 항로수=A	효율성 평균	항로수 (효율성=1)=B	B/A
보조항로	25	48.1%	3	12.0%
일반항로	65	61.7%	13	20.0%

주 : 항로수는 본 연구의 대상 항로수.

이 방법을 활용하여 연안여객 운송업체의 개선목표 비율을 산정하면 다음 <표 10>과 같다.

표 10. DMU별 개선목표

구분	항로	선박 총본수	운항 횟수	운항 거리
DMU1	계마-안마	586%	62%	-85%
DMU2	구도-고과	128%	192%	-36%
DMU3	군산-개야	11%	102%	160%
DMU4	군산-어청	431%	1%	-86%
DMU5	목포-우이	312%	61%	-93%
DMU6	목포-울목	119%	6%	-67%
DMU7	봉리-재원	-2%	185%	26%
DMU8	북강-북강	1%	197%	11%
DMU9	순죽-광도	42%	577%	10%
DMU10	안흥-가의	145%	203%	29%
DMU11	완도-덕우	2%	141%	30%
DMU12	완도-모도	640%	99%	-44%
DMU13	완도-여서	662%	86%	-81%
DMU14	웅곡-웅곡	0%	201%	-3%
DMU15	이목-남성	1%	192%	103%
DMU16	이목-당사	6%	192%	225%
DMU17	이목-어룡	-33%	119%	134%
DMU18	인천-풍도	686%	201%	-82%
DMU19	진리-울도	549%	62%	-82%
DMU20	통영-두미	350%	34%	-79%
DMU21	통영-삼천포	371%	268%	409%
DMU22	통영-추도	257%	97%	-61%
DMU23	팽목-죽도	686%	77%	-88%
DMU24	하리-서검	126%	127%	50%
DMU25	향화-낙월	151%	68%	-70%
DMU26	가오치-사랑	-40%	215%	971%
DMU27	강릉-울릉(저동)	0%	0%	0%
DMU28	격포-위도	-9%	328%	579%
DMU29	노력-가학	16%	121%	13%
DMU30	녹동-거문	6%	-2%	78%
DMU31	녹동-동송	-53%	23%	-11%
DMU32	녹동-신지	19%	3%	-85%
DMU33	녹동-제주	216%	-74%	-93%
DMU34	당목-서성	-10%	73%	80%
DMU35	당목-일정	-34%	9%	125%
DMU36	대부-덕적	-19%	18%	369%
DMU37	대부-소이작	-22%	33%	369%
DMU38	대천-영목	98%	-23%	7%
DMU39	대천-외연	320%	84%	-63%
DMU40	대천-장고	45%	378%	701%

구분	항로	선박 총톤수	운항 횟수	운항 거리
DMU41	도비도-대난지도	136%	201%	50%
DMU42	돌산-오동도	0%	0%	0%
DMU43	땅끝-산양	-77%	-89%	-12%
DMU44	모슬포-가파도	-35%	443%	975%
DMU45	모슬포-가파도-마라도	-84%	52%	917%
DMU46	목포-가산	432%	834%	235%
DMU47	목포-도초	58%	-59%	-80%
DMU48	목포-상태(동리)	0%	0%	0%
DMU49	목포-상태(서리)	-26%	22%	-25%
DMU50	목포-암태	28%	-10%	-67%
DMU51	목포-외달	69%	-4%	-67%
DMU52	목포-제주	0%	0%	0%
DMU53	목포-홍도	0%	0%	0%
DMU54	목호-울릉(도동)	127%	69%	14%
DMU55	목호-울릉(사동)	113%	117%	17%
DMU56	백야-낭도	30%	-9%	-70%
DMU57	백야-직포	79%	38%	-51%
DMU58	부산-제주	333%	189%	-43%
DMU59	산이수동-마라도	0%	0%	0%
DMU60	삼덕-육지	-66%	116%	541%
DMU61	삼목-장봉	-23%	329%	975%
DMU62	송공-신월	112%	49%	-65%
DMU63	송도-병풍	-52%	118%	211%
DMU64	신기-여천	0%	0%	0%
DMU65	여수-거문	0%	0%	0%
DMU66	여수-문병	0%	0%	0%
DMU67	여수-연도	0%	0%	0%
DMU68	여수-제주	96%	90%	-11%
DMU69	여수-함구미	-33%	78%	-6%
DMU70	완도-청산	0%	0%	0%
DMU71	외포-주문	90%	235%	291%
DMU72	울릉(부정기)-독도	143%	16%	3%
DMU73	울릉(사동)-독도	100%	-27%	1%
DMU74	울릉(저동)-독도	670%	3794%	0%
DMU75	울목-팽목	-3%	241%	758%
DMU76	인천-덕적	45%	105%	148%
DMU77	인천-백령	-42%	-68%	-20%
DMU78	인천-연평	0%	0%	0%
DMU79	인천-이작	0%	22%	-82%
DMU80	일정-당목	-33%	32%	125%
DMU81	저구-소매물도	-78%	137%	1,102%

구분	항로	선박 총톤수	운항 횟수	운항 거리
DMU82	제주-완도	-23%	-93%	-91%
DMU83	제주-우수영	0%	0%	0%
DMU84	진리-점암	0%	0%	0%
DMU85	통영-육지	-39%	31%	-64%
DMU86	통영-용초	-3%	112%	131%
DMU87	팽목-서거차	153%	7%	-70%
DMU88	포항-울릉(도동)	0%	0%	0%
DMU89	포항-울릉(저동)	45%	27%	-16%
DMU90	화홍포-소안	0%	0%	0%

V. 결론

본 연구는 우리나라 내항여객항로에 대해 DEA Window 모형을 활용하여 동태적인 효율성 분석을 시행하였다. 본 연구는 다음과 같은 점에서 정책적인 제언을 한 것으로 평가된다.

첫째, 각 항로를 DMU로 규정하여 우리나라 전체의 내항여객운송항로에 대한 상대적 효율성을 평가할 수 있었다.

둘째, 수익항로로서 민간사업자가 선박을 운항하고 있는 일반항로와 비수익항로로서 국가가 보조를 하는 보조항로에 대해 비교 분석하였다.

셋째, 각 항로에 대해 비효율적인 부문에 대한 개선사항을 제시하여 항로의 효율성을 제고하기 위한 대안을 제시하였다.

넷째, 지금까지 연구 가운데 가장 장기의 데이터와 광범위한 데이터를 활용하여 분석을 제시하였다.

그럼에도 불구하고 다음과 같은 점을 고려하면 보다 나은 정책적인 제언이 가능할 것으로 기대된다.

첫째, 다양한 데이터의 수집이 필요하다. 연안여객 분야는 유일한 해상교통 수단으로의 중요성에도 불구하고 일부 데이터 외에 확보가 쉽지 않다. 예를 들어 선원의 노동시간 등에 대한 데이터가 투입변수로 고려되면, 안전부문에 대한 효율성 평가가 가능할 것이다.

둘째, 각 항로별 보조금의 투입량을 알 수 있다면, 보조항로의 효율성을 보다 면밀히 평가할 수 있을 것이다. 이 경우 DMU별 보조금 산정에 있어 비효율적인 부문에 대한 투입을 조정할 수 있을 것이다.

셋째, DEA 모형의 응용을 통한 평가가 가능할 것이다. 예를 들어 DEA 모형은 가중치에 대한 제약이 없는 경우 중요하지 않은 평가항목의 가중치 값이 높게 나오거나 중요한 평가항목의 가중치 값이 낮게 나오는 경우가 있을 수 있다. 이를 보완하기 위해 AHP분석에서 도출된 평가항목들의 가중치를 참고하여 DEA분석을 하는 경우 가중치의 제약을 통해 항목 간의 가중치 값을 보다 현실에 맞추어 DEA 분석 결과를 얻을 수 있다(A. Azadeh, S.F. et al, 2008 ; Xin Li et al, 2016 ; Pankaj Gupta et al, 2018 ; Po-Lin Lai et al, 2015).

참고문헌

국가법령센터(<https://www.law.go.kr/LSW/main.html>)
 김태일, 박성화, 류희영(2020), 내항여객운송항로 정책 발전방안 연구, 한국해양수산개발원.
 이정동, 오동현(2012), 효율성분석이론.
 SH Park, TY Pham, GT Yeo(2018), "The Impact of Ferry Disasters on Operational Efficiency of the South Korean Coastal Ferry Industry: A DEA-Window Analysis", The Asian Journal of Shipping and Logistics Volume 34, Issue 3, 248-255.
 조건식, 여기태(2013), "DEA와 Malmquist지수를 이용한 연안여객 항로 운영 효율성 분석", 로지스틱스연구 21권 4호, 67-85.
 장명희(2010), "연안여객항로별 운영효율성분석", 物流學會誌, 제20권제5호, 한국물류학회
 장철호(2018), 연안여객운송의 경영성과 제고에 관한 연구, 고려대학교대학원 식품자원경제학과 박사학위논문.
 A. Azadeh, S.F. Ghaderi, H. Izadbakhsh(2008), Integration of DEA and AHP with computer simulation for railway system improvement and optimization,

Applied Mathematics and Computation, Elsevier.
 A Charnes, WW Cooper, E Rhodes(1978), "Measuring the efficiency of decision making units", European Journal of Operational Research, Volume 2, Issue 6, 429-444.
 Banker RD, A Charnes and WW Cooper(1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis." Management Science 30(9): 1078-1092.
 Pankaj Gupta, Mukesh Kumar Mehlawat, Usha Aggarwal, V. Charles(2018), An integrated AHP-DEA multi-objective optimization model for sustainable transportation in mining industry, Resources Policy, Elsevier.
 Po-Lin Lai, Andrew Potter, Malcolm Beynon, Anthony Beresford(2015), Evaluating the efficiency performance of airports using an integrated AHP/DEA-AR technique, Transport Policy, Elsevier.
 Xin Li, Yue Liu, Yaojun Wang, Zhigang Gao(2016), Evaluating transit operator efficiency: An enhanced DEA model with constrained fuzzy-AHP cones, Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), Elsevier.

DEA Window 모형을 활용한 한국의 내항여객운송항로 효율성 평가

김태일 · 박성화

국문요약

본 연구는 DEA Window 모형을 활용하여 국내 내항여객운송항로 90개 항로를 의사결정단위(DMU: Decision Making Unit)하여 효율성을 분석하는 것을 목적으로 하였다. 2015~2019년 데이터를 윈도우 3기로 구분하고, 선박의 운항횟수, 선박총톤수 및 운항거리를 투입변수로, 일반인 및 도서민 운송실적을 산출변수로 하여 효율성을 분석하였다.

분석결과 상대적 효율성이 낮은 항로에 대해서는 개선사항을 도출하여 제시하였다. 특히 수익항로로 민간사업자가 선박을 운항하고 있는 일반항로와 비수익항로로 국가가 지원하고 있는 보조항로에 대해 효율성 평가를 하였다. 아울러 CCR모형의 기술효율성(technical efficiency: TE)과 BCC모형의 순수기술 효율성(pure technical efficiency: PTE) 값을 활용하여 규모효율성(scale efficiency: SE)을 도출하였다. 항로의 비효율성은 규모효율성(SE)보다 순수기술효율성(PTE)에 의한 것임을 알 수 있었다.

본 연구의 분석결과에 나타난 각 항로에 대한 개선사항을 고려하여 내항여객운송항로 정책 수립시 고려할 필요가 있을 것이다.

주제어: 자료포락분석법, DEA Window, 내항여객운송항로, 효율성, 보조항로