

화물품목의 중요도를 반영한 철도화물취급역의 효율성 평가

Assessing the Efficiency of Freight Railroad Stations Reflecting Freight Item Importance Weights

김성호[†] · 최태성¹

Seongho Kim · Tae-Sung Choi

Abstract In this paper we presents an approach to assessing the efficiency of freight railroad stations reflecting freight item importance weights with multiple performance indicators and multiple operational condition indicators. We evaluate 187 freight railroad stations using data envelopment analysis with assurance region. Each freight item's loading/unloading volume is used as a performance indicator. Freight labor and yard capacity are used as operational condition indicators. Freight item importance weights are reflected to the data envelopment analysis as assurance region. The evaluation results facilitates the organization's decision making by providing valuable information.

Keywords : Freight railroad station, Freight item importance weight, Data envelopment analysis

초 록 본 논문에서는 다수의 성과지표를 동시에 고려하며 각 역의 운영조건을 반영하고 더불어 화물품목의 중요도를 반영하여 각 화물취급역의 성과를 평가하는 방안을 제안하였다. 본 논문에서는 187개 화물취급역에 대해서 품목별 ‘발송규모’와 ‘도착규모’를 성과지표로 사용하고 각 역의 ‘화물인력’과 ‘유치가능량’을 운영조건지표로 사용하며 품목별 중요도를 확신영역 제약조건으로 반영하는 자료포락분석으로 효율성을 평가하였다. 이러한 결과는 철도경영자 또는 철도정책담당자의 경영전략이나 정책의사결정에 유용한 정보로 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 화물취급역, 화물품목중요도, 자료포락분석

1. 서 론

철도화물영업의 경쟁력을 강화하기 위한 네트워크 거점화 정책은 철도화물취급역의 성과에 대한 평가를 전제로 한다. 철도화물취급역의 성과를 평가하는 가장 간단한 방법은 취급역의 발착규모 또는 화물수입 등 단일기준을 사용하는 것이다. 평가결과를 어떤 목적에 사용하는가에 따라 간단한 평가방법이 바람직할 수도 있으나 단일기준에 의한 평가는 성과의 다차원성 또는 각 역의 운영조건을 반영하기 어렵다는 한계를 갖고 있다. 최근 화물취급역의 다수성과지표를 동시에 반영한 평가[1], 다수성과지표와 더불어 생산에 직접적으로 사용되는 투입요소를 함께 반영한 효율성 평가[2] 등이 보고된 바 있다.

경영자의 입장에서는 중요한 화물품목을 효율적으로 취급하는 것이 바람직할 것이다. Table 1은 2007년 한 해동안 353개(사업용품을 제외하면 253개)역에서 수송된 화물의 품목별 수입과 규모를 나타낸 것이다. 컨테이너를 효율적으로 취급하고 있는 역과 사문석을 효율적으로 취급하고 있는 역

을 비교해 보면 수입에 훨씬 크게 기여하는 컨테이너 취급역이 경영자에게 더 중요할 것이다. 또한 철도전문가들이 철

Table 1 Loading size and freight revenue by items (2007)¹⁾

품목	수입 (억원)	규모 (만톤)	품목	수입 (억원)	규모 (만톤)
컨테이너	1,081.6	1172.9	일반기타	60.6	49.0
벌크양회	990.9	1508.9	경석	36.9	64.7
무연탄	309.8	346.5	백운석	36.3	28.8
유연탄	221.0	277.1	포대양회	34.3	37.1
유류	182.3	210.4	석고	28.3	20.4
열연	182	159.7	비료	28.3	22.4
광재	99.3	100.7	기타철재	28.3	22.1
크링카	92.7	101.8	사문석	17.0	15.9
석회석	88.5	86.3	프로필렌	13.3	15.6
종이	69.0	53.0	자동차	9.9	4.5
건설1	61.6	19.8	건설8	7.2	3.2
철광석	61.1	68.9	사업용품	0.0	66.6
			합계	3,740.2	4,456.2

[†]책임저자 : 정희원, 인하대학교 경영학부

E-mail : shk7768@inha.ac.kr

TEL : (032)860-7768 FAX : (032)866-6877

¹인하대학교 경영학부

1) 이 표에 제시된 품목은 철도공사에서 화물품목을 구분할 때 사용되는 명칭을 제시한 것이다.

도경영의 관점에서 중요하다고 판단한 품목을 취급하는 역이 경영자에게 더 중요할 것이다.

본 논문에서는 Table 1에 나타난 수입이나 취급규모와 더불어 철도전문가들이 판단한 품목중요도점수를 반영하여 화물취급역의 효율성을 평가하는 방안과 평가결과를 제시하고자 한다. 이러한 결과는 철도경영자 또는 철도정책담당자의 경영전략이나 정책의사결정에 유용한 정보로 사용될 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2절에서는 화물취급역의 성과를 평가한 기존연구를 살펴보고 제3절에서는 철도화물품목의 중요도점수 산정방법과 산정결과를 제시한다. 제4절에서는 제3절에서 산정한 화물품목중요도점수를 반영하여 각 화물취급역의 효율성점수를 구하는 방법과 결과를 제시하고 제5절에서는 결론을 맺는다.

2. 화물취급역의 성과평가에 관한 기존연구

최근 자료포락분석을 활용하여 철도화물취급역의 성과를 평가한 두 편의 논문이 발표되었다. 김성호·오석문[1]은 화물취급역의 다수성과지표를 동시에 반영하여 평가한 결과를 제시하였고, 안치원·하헌구[2]는 성과지표와 더불어 생산에 직접적으로 사용되는 투입요소를 반영한 효율성 평가결과를 제시하였다.

김성호·오석문[1]은 단일기준을 활용한 화물취급역 평가의 대안으로 다수의 기준을 활용한 평가방법을 제안하였다. 구체적으로 이 논문에서는 2007년 한 해동안 화물을 취급한 353개 역의 발송규모, 발송수입, 도착규모, 도착수입 등을 성과지표로 사용하여 자료포락분석으로 각 화물취급역의 성과에 대한 평가점수를 구하여 제시하였다. 화물취급규모에 의한 규모순위와 자료포락분석에 의한 성과점수의 순위가 역전되는 경우를 볼 수 있었으며 이는 화물취급규모만으로 평가할 경우 반영할 수 없었던 성과특성을 동시에 모두 고려함으로써 나타난 결과로 볼 수 있음을 제시하였다.

안치원·하헌구[2]는 컨테이너를 취급하는 26개 화물취급역의 2002년부터 2007년까지 6년간의 투입·산출자료로부터 자료포락분석을 활용하여 효율성을 분석하였다. 이 논문에서는 화물취급역의 노동인원, CY전체면적, 선로길이 등의 투입요소를 사용하여 연간수송톤수, CY사용면적 등의 산출을 생산하는 화물취급역의 효율성을 DEA/AR 및 DEA/Window로 분석하였다. 이 논문에서는 6년간의 26개 컨테이너 화물취급역의 평균효율성 수준이 0.677로 나타났으며 철도청의 공사화 이후 효율성이 개선되고 있음을 제시하였다.

3. 철도화물품목의 중요도점수 산정

철도화물 전문가들이 철도화물품목에 대하여 철도경영의 관점에서 판단하고 있는 중요도는 순위득표수(ranked votes)의 형태로 수집하는 것이 적합하다. 계층구조분석(analytic hierachy process)에서 사용되는 쌍체비교(pairwise comparison)는 취급하는 품목들로 구성할 수 있는 모든 가능한 쌍

에 대하여 중요도를 판단해야 하기 때문에 응답자에게 매우 과도한 부담을 주게 된다. 순위득표수는 철도공사에서 취급하고 있는 철도화물품목 중에서 철도공사의 경영관점에서 가장 중요하다고 생각하는 품목, 두 번째로 중요하다고 생각하는 품목, 세 번째로 중요하다고 생각하는 품목 등이 무엇인가를 응답으로 구하고 이들로부터 각 품목이 1순위로 득표한 수, 2순위로 득표한 수, 3순위로 득표한 수 등을 집계한 것을 의미한다. Table 2는 철도공사의 물류본부에서 근무하고 있는 21명의 철도화물 전문가들로부터 수집한 응답자별 각 품목의 순위자료이다.

Table 2는 6순위 이하는 생략하고 5순위까지만 나타내었다. Table 2에서 첫 번째 열은 응답자 번호를 나타낸 것이며 두 번째 이후 열의 각 숫자는 각 응답자가 해당되는 품목에 부여한 중요도 순위를 나타낸다. 예를 들어 Table 2의 첫 번째 행 두 번째 열의 숫자 3은 '1'번 응답자가 '컨테이너'를 3번째로 중요하게 생각하고 있음을 나타낸다. Table 3은 Table 2를 요약한 것이다. Table 3에서 두 번째 이후 열의 각 숫자는 해당되는 순위의 득표수를 나타낸 것이다.

Table 2 Freight item importance ranking by response

응답자	컨테이너	벌크양회	무연탄	유연탄	유류	열연	광재	종이	철광석	자동차
1	3	1	4			2			5	
2	2	1	4	3			5			
3	1	2		4			3		5	
4	1	2	3		4	5				
5	2	1	4	5		3				
6	1	2	3	4		5				
7	2	1	4	3					5	
8	2	1	3	4		5				
9	4	2	3	5		1				
10	2	1	5			3			4	
11	2	1	5			3			4	
12	1	2	4	5		3				
13	2	1	4			3				
14	2	1	3	3		4				
15	1	2	4	5		3				
16	1	2	4	5		3				
17	2	1	4	5		3				
18	1	2	3			5			4	
19	1	2	4	5		3				
20	2	1	5			3		4		
21	1	2			5				3	4

평가 대상을 n개라 하고 평가에 고려하는 순위의 수를 s개라 하자. 그리고 평가대상이 획득한 순위득표를 p로 나타내자. 그러면 n개의 평가대상에 대하여 수집한 순위득표수 자료의 구조는 다음과 같은 Table 4로 나타낼 수 있다.

Table 3 Ranked votes of freight items

	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위
컨테이너	9*	10	1	1	0
벌크양회	11	10	0	0	0
무연탄	0	0	6	10	3
유연탄	0	0	3	3	7
유류	0	0	0	1	1
열연	1	1	10	1	4
광재	0	0	1	0	1
종이	0	0	0	1	0
철광석	0	0	1	3	3
자동차	0	0	0	1	0

*'컨테이너'를 '1순위'로 응답한 전문가가 9명 있음을 나타냄.

Table 4 Data structure of ranked votes

평가대상	순위득표			
	1순위	2순위	...	s순위
1	p_{11}	p_{12}	...	p_{1s}
2	p_{21}	p_{22}	...	p_{2s}
	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
n	p_{n1}	p_{n2}	...	p_{ns}

평가대상을 나타내는 인덱스변수로 j 를 사용하고 순위를 나타내는 인덱스변수로 r 를 사용하면 p_{jr} 은 평가대상 j 의 r 순위 득표수를 나타낸다. Green, Doyle, and Cook(1996)은 Table 4와 같이 나타낸 순위득표수를 총괄하여 중요도점수를 산정하는 방법²⁾을 제안하였다. 이들의 방법은 방정식

$$\left\{ 1/\sum_{i=1}^n \theta_i \right\} \theta Z = \theta \quad (1)$$

을 풀어서 구한 행벡터 θ 의 요소값들을 중요도점수로 사용하는 것이다. 여기서 교차평가행렬(cross-evaluation matrix) $Z = [Z_{jk}]$ 의 j 번째 행 $[Z_{j1}, Z_{j2}, \dots, Z_{jn}]$ 는 다음과 같은 선형계획법모형의 최적해로 구한다.

$$Z_{jj} = \max \sum_{r=1}^s W_{jr} P_{jr}$$

subject to

$$Z_{jk} = \sum_{r=1}^s W_{jr} P_{kr} \leq 1 \text{ for } k = 1, 2, \dots, n$$

여기서 P_{jr} 는 Table 4에서 평가대상 j 의 순위득표수를 r 순위까지 누적한 것이고 W_{jr} 는 순위가중치 u_{jr} 를 r 순위까지 누적한 것이다. 즉 $P_{jr} = \sum_{r=1}^r P_{jr}$ 이고 $W_{jr} = \sum_{r=1}^r u_{jr}$ 이다. Table

2) Green, Doyle, and Cook[7]의 방법은 Sexton, Silkman, and Hogan[8]이 제안한 교차평가행렬(cross-evaluation matrix)과 Golany[6]의 가중치 순위를 반영하기 위한 자료변환의 개념으로 Cook and Kress[5]의 방법을 보완한 것이다.

5는 철도화물전문가들이 판단한 Table 3의 순위득표수자료에 식 (1)의 모형을 적용하여 구한 철도화물품목별 중요도 점수이다. 중요도점수의 값이 클 수록 중요도가 높음을 의미한다.

Table 5 Importance score of freight items

품목	중요도
벌크양회	1.000
컨테이너	0.954
무연탄	0.638
열연	0.578
유연탄	0.376
철광석	0.212
유류	0.059
광재	0.059
종이	0.036
자동차	0.036

4. 화물품목의 중요도를 반영한 화물취급역의 효율성점수

여기서는 제3절에서 산정한 화물품목중요도점수를 반영하여 각 화물취급역의 효율성점수를 구하는 방법과 결과를 제시한다. 먼저 4.1절에서는 효율성점수를 구하기위한 자료포락분석과 화물품목중요도점수를 반영하기 위한 확신영역의 개념을 설명한다. 4.2절에서는 화물취급역의 운영조건과 성과지표의 측정방법을 설명한다. 그리고 4.3절에서는 자료포락분석과 확신영역을 적용하여 구한 화물취급역의 효율성점수 결과를 제시한다.

4.1 자료포락분석과 확신영역

효율성은 생산조직이 사용한 투입요소의 사용량에 대한 산출물의 생산량의 비율을 의미한다. 효율성은 생산조직이 단일 투입요소를 사용하여 단일 산출물을 생산할 경우에는 계산이 매우 간단하다. 그러나 대부분의 생산조직은 다수의 투입요소를 사용하며 또한 다수의 산출물을 생산한다. 이러한 다수투입·다수산출의 경우 효율성은 산출물의 생산량과 투입요소의 사용량을 각각 총괄산출과 총괄투입으로 확장한

$$\text{효율성} = \frac{\text{총괄산출}}{\text{총괄투입}}$$

으로 정의할 수 있다. 여기서 총괄투입(aggregated input)은 다수의 투입요소에 투입가중치를 적용한 가중합계이며 총괄산출(aggregated output)은 다수의 산출물에 산출가중치를 적용한 가중합계를 나타낸다. 각 화물취급역의 총괄투입과 총괄산출은 각 역의 투입과 산출의 자기평가점수이다. 화물취급역 p 의 효율성 E_p 는 총괄투입에 대한 총괄산출의 비율

$$E_p = \frac{\sum_{r=1}^s w_r y_{pr}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{pi}}$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 x_{pi} 와 y_{pr} 는 각각 화물취급역 p 의 투입요소 i 의 사용량과 산출물 r 의 생산량을 나타내고 v_i 와 w_r 은 각각 투입요소 i 에 대한 가중치와 산출물 r 에 대한 가중치를 나타낸다. Charnes, Cooper, and Rhodes[4]는 화물취급역 p 의 효율성 E_p^* 을 평가하기 위한 자료포락분석모형으로

$$E_p^* = \max \sum_{r=1}^s w_r y_{pr} / \sum_{i=1}^m v_i x_{pi}$$

subject to

$$\sum_{r=1}^s w_r y_{pr} / \sum_{i=1}^m v_i x_{pi} \leq 1 \text{ for } j=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$w_r \geq 0 \text{ for } r=1, 2, \dots, s$$

$$v_i \geq 0 \text{ for } i=1, 2, \dots, m$$

와 같은 분수계획법모형(fractional programming model)을 제시하였다. 이 모형의 결정변수는 산출가중치 $w_r(r=1, 2, \dots, s)$ 와 투입가중치 $v_i(i=1, 2, \dots, m)$ 이다. 화물취급역 p 의 효율성 E_p 는 제약조건에도 포함되며 따라서 $0 \leq E_p \leq 1$ 임을 명백하다. 효율성 E_p 이 가질 수 있는 가장 큰 값은 1이다. 즉 화물취급역 p 가 상대적으로 효율적인 상태에 있으면 $E_p=1$ 이 된다. 그리고 $E_p < 1$ 은 화물취급역 p 가 상대적으로 효율적인 상태에 있지 않음을 의미한다. Charnes and Cooper[3]의 변환이론을 적용하면 식 (2)의 분수계획법모형과 동치인 선형계획법모형으로 변환할 수 있다.

$$E_p^* = \max \sum_{r=1}^s w_r y_{pr}$$

subject to

$$\sum_{r=1}^s w_r y_{pr} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{pi} \text{ for } j=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{pi} = 1$$

$$w_r \geq 0 \text{ for } r=1, 2, \dots, s$$

$$v_i \geq 0 \text{ for } i=1, 2, \dots, m$$

Thompson *et al.*(1990)은 확신영역(assurance region)을 합리적이지만 투입·산출가중치가 제외된 가중치들의 집합으로 정의하고 투입가중치의 확신영역과 산출가중치의 확신영역을

$$\alpha_{i'} \leq \frac{v_i}{v_{i'}} \leq \beta_{i'}, \quad i < i', \quad i, i' = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$A_{r'r'} \leq \frac{w_r}{w_{r'}} \leq B_{r'r'}, \quad r < r', \quad r, r' = 1, 2, \dots, s \quad (5)$$

와 같은 부등식으로 나타낼 수 있음을 제시하였다. 투입가중치 비율 $v_i/v_{i'}$ 의 하한 $\alpha_{i'}$ 와 상한 $\beta_{i'}$ 그리고 산출가중치 비율 $w_r/w_{r'}$ 의 하한 $A_{r'r'}$ 과 상한 $B_{r'r'}$ 은 관찰된 사회경제적지표 또는 전문가의 의견 등 다양한 방법으로 추정되거나 규정될 수 있다. 식 (3)의 자료포락분석모형에서 투입가중치와 산출가중치는 각각 $w_r \geq 0(r=1, 2, \dots, s)$ 와 $v_i \geq 0(i=1, 2, \dots, m)$ 을 만족해야 한다. 이는 투입가중치비율 $v_i/v_{i'}$ 의 하한 $\alpha_{i'}$ 와 상한

$\beta_{i'}$ 을 각각 $\alpha_{i'}=0$ 와 $\beta_{i'}=\infty$ 으로 설정하고 그리고 산출가중치 비율 $w_r/w_{r'}$ 의 하한 $A_{r'r'}$ 과 상한 $B_{r'r'}$ 을 각각 $A_{r'r'}=0$ 와 $B_{r'r'}=\infty$ 으로 설정한 것과 같다. 확신영역을 선형계획법모형의 제약조건으로 추가하기 위해서는 일차부등식으로 변환해야 한다. 즉 식 (4)의 확신영역은

$$-v_i + \alpha_{i'} v_{i'} \leq 0, \quad i < i', \quad i, i' = 1, 2, \dots, m$$

$$v_i - \beta_{i'} v_{i'} \leq 0, \quad i < i', \quad i, i' = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

으로 변환해야 하고, 식 (5)의 확신영역은

$$-w_r + A_{r'r'} w_{r'} \leq 0, \quad r < r', \quad r, r' = 1, 2, \dots, s$$

$$w_r - B_{r'r'} w_{r'} \leq 0, \quad r < r', \quad r, r' = 1, 2, \dots, s \quad (7)$$

으로 변환해야 한다. 식 (6)과 식 (7)의 확신영역을 반영한 자료포락분석모형은

$$E_p^* = \max \sum_{r=1}^s w_r y_{pr}$$

subject to

$$\sum_{r=1}^s w_r y_{pr} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{pi} \text{ for } j=1, 2, \dots, n \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{pi} = 100$$

$$-v_i + \alpha_{i'} v_{i'} \leq 0, \quad i < i', \quad i, i' = 1, 2, \dots, m$$

$$v_i - \beta_{i'} v_{i'} \leq 0, \quad i < i', \quad i, i' = 1, 2, \dots, m$$

$$-w_r + A_{r'r'} w_{r'} \leq 0, \quad r < r', \quad r, r' = 1, 2, \dots, s$$

$$w_r - B_{r'r'} w_{r'} \leq 0, \quad r < r', \quad r, r' = 1, 2, \dots, s$$

으로 나타낼 수 있다.

4.2 화물취급역의 운영조건과 성과지표

본 연구에서는 화물수송서비스를 생산하는 화물취급역의 운영조건은 ‘화물인력’과 ‘유치가능량’을 지표로 사용하고 성과는 품목별 ‘발송규모’와 ‘도착규모’를 지표로 사용한다. 철도공사에서 운영하고 있는 역의 현장인력은 ‘영업관리’, ‘일반여객영업’, ‘광역여객영업’, ‘일반여객매표’, ‘광역여객매표’, ‘물류영업’, ‘부대사업관리’, ‘열차통제’, ‘열차조성’ 등으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 현장인력의 구분 중에서 ‘물류영업’, ‘열차통제’, ‘열차조성’ 등을 합계하여 이를 화물인력으로 정의하고 이를 운영조건을 나타내는 지표로 사용한다.

‘유치가능량’은 철도공사에서 파악한 『화물취급역 적화작업 환경 및 처리능력현황』 자료를 사용하였다. 이 자료에서는 각 화물취급역의 유치가능량이 작업(하화/적재), 화주 또는 취급화물품목별로 구분하거나 또는 합계한 형태로 파악되어 있다. 예를 들어 ‘A’역에서 취급하는 무연탄과 양회 에 대해서 유치가능량이 3번선의 10량과 4번선의 10량을 합계한 20량으로 파악되어 있다(Fig. 1 참조). 본 연구에서는 각 화물취급역의 유치가능량을 작업(하화/적재), 화주 또는 취급화물품목에 대해서 합계하여 이를 운영조건을 나타내는 지표로 사용한다.

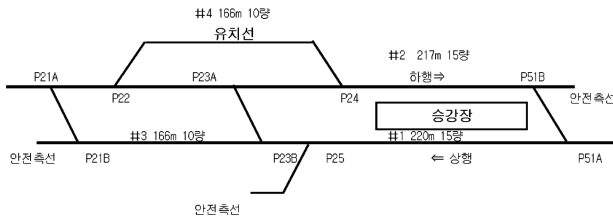


Fig. 1 Layout of station A

화물취급역의 품목별 ‘발송규모’ 및 ‘도착규모’는 품목-발송역-도착역별 화물수송자료로부터 수송규모를 집계하였다. 2007년도에 발생한 품목-발송역-도착역별 화물수송은 모두 1,441케이스이며 각 케이스의 규모는 월별 규모를 합계한 것이다. Table 6은 이 중 도담역에서 발송된 케이스 일부와 도담역으로 도착한 케이스 일부를 나타낸 것이다.

Table 6 Loading/unloading size between freight railroad station pairs by item (2007)

건	품목	발송역	도착역	규모 (톤)
1	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	포대양회	도담	수색	25,713
⋮	포대양회	도담	동촌	23,289
⋮	백운석	도담	태금	184,482
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	유연탄	목호항	도담	54,280
⋮	유연탄	인천	도담	68,469
⋮	광재	괴동	도담	278,763
1441	⋮	⋮	⋮	⋮

Table 6에서 두 번째 행은 2007년 한 해동안 포대양회 25,713톤이 도담역에서 수색역으로 수송되었음을 나타낸다. 네 번째 행은 2007년 한 해동안 백운석 184,482톤이 도담역에서 태금역으로 수송되었음을 나타낸다. 도담역의 품목별 발송규모(도착규모)는 도담역에서 발송되는(도착하는) 품목별 규모의 합계로 측정하였다. 예를 들어 포대양회의 경우 도담역에서 수색으로 발송되는 25,713톤, 동촌으로 발송되는 23,289톤을 포함하여 도담에서 발송되는 포대양회의 규모를 합계하면 $25,713 + 23,289 + \dots = 231,603(\text{톤})$ 이 된다. 유연탄의 경우 목호항에서 도담으로 도착하는 54,280톤, 인천에서 도담으로 도착하는 68,469톤을 포함하여 도담으로 도착하는 유연탄의 규모를 합계하면 $54,280 + 68,469 + \dots = 1,076,207(\text{톤})$ 이 된다.

4.3 화물취급역의 효율성점수

운영조건과 성과지표자료가 완비된 187개 역에 확신영역 제약조건을 추가한 식 (8)의 자료분류분석모형을 적용하여 화물품목의 중요도를 반영한 화물취급역의 효율성점수를 구하였다. Table 7은 187개의 화물취급역의 계산결과 중에서 발송규모가 50만톤 이상인 40개 역의 발송규모, 효율성점

수, 규모순위, 효율성순위 등을 나타낸 것이다.³⁾

Table 7 Loading/unloading size and efficiency scores of freight railroad stations with its rankings (2007)

역	발착 규모 (만톤)	효율성 점수1	효율성 점수2	효율성 점수3	규모 순위	효율성 순위1	효율성 순위2	효율성 순위3
오봉	1007.8	100.0	100.0	100.0	1	1	1	1
도담	954.7	100.0	100.0	100.0	2	1	1	1
부산진	602.7	78.2	74.5	48.9	3	67	25	44
입석리	581.4	100.0	100.0	100.0	4	1	1	1
괴동	355.8	100.0	100.0	100.0	5	1	1	1
신선대	225.1	70.5	70.5	51.3	6	78	28	43
광양항	209.5	100.0	100.0	99.4	7	1	1	13
쌍용	204.3	100.0	65.3	65.0	8	1	32	28
태금	197.6	100.0	75.8	75.6	9	1	21	20
수색	184.9	40.9	27.0	27.0	10	106	77	76
성북	138.1	100.0	32.7	32.7	11	1	65	65
목호항	137.9	100.0	74.3	74.3	12	1	26	22
철암	132.6	100.0	63.9	61.0	13	1	34	30
장생포	127.1	100.0	54.7	54.7	14	1	43	39
부강	126.8	100.0	100.0	100.0	15	1	1	1
북전주	125.2	100.0	100.0	100.0	16	1	1	1
삼화	118.9	100.0	94.5	94.5	17	1	15	16
동해	116.4	85.4	55.8	55.8	18	64	38	33
신탄진	113.0	100.0	97.0	100.0	19	1	14	1
적량	112.2	100.0	83.9	70.0	20	1	18	23
약목	111.7	96.5	85.7	55.7	21	59	17	34
팔당	101.5	99.0	87.3	98.7	22	58	16	15
통리	97.3	100.0	100.0	100.0	23	1	1	1
덕소	95.9	100.0	100.0	100.0	24	1	1	1
인천	92.8	94.6	34.0	34.0	25	60	61	60
옥계	92.7	100.0	100.0	100.0	26	1	1	1
간치	92.2	100.0	100.0	99.4	27	1	1	14
삼곡	82.6	100.0	74.3	76.0	28	1	27	19
안인	82.1	100.0	58.9	55.4	29	1	36	35
오류동	81.0	68.1	27.6	34.7	30	81	75	57
오송	76.6	75.9	39.9	67.2	31	69	54	27
석항	75.6	100.0	69.8	69.1	32	1	29	24
의왕	74.1	100.0	33.6	33.7	33	1	62	61
청주	72.8	55.3	55.0	55.3	34	91	41	36
온산	63.3	100.0	30.1	30.4	35	1	70	69
석포	60.2	100.0	64.2	61.9	36	1	33	29
음성	57.5	71.6	67.9	68.2	37	77	30	25
삼척	56.0	83.3	83.2	83.2	38	65	19	18
매포	53.2	100.0	34.4	34.3	39	1	60	58
도계	50.4	75.9	75.3	75.3	40	70	22	21

³⁾ 규모순위는 발송규모를 순위로 나타낸 것이고 효율성순위는 효율성점수를 순위로 나타낸 것이다. 발송규모의 경우는 같은 규모가 없어 동일한 순위가 없으나 효율성점수가 100점인 화물취급역은 여러개 있고 따라서 순위 1로 나타난 경우가 여러 역에서 나타나고 있다.

Table 7에서 '효율성점수1'은 23개 품목별 '발송규모'와 '도착규모'를 성과지표로 사용하고 '화물인력'과 '유치가능량'을 운영조건지표로 사용하여 식 (3)의 자료포락분석모형으로 구한 효율성점수이다. Table 7의 '효율성점수2'는 '효율성점수1'에서와 같은 성과지표 및 운영조건지표를 사용하며 Table 1에 나타난 수송수입의 크기로 가중치간 제약조건 즉 확산영역 제약조건을 추가한 식 (8)의 자료포락분석모형으로 구한 효율성점수이다. '효율성점수2'의 확산영역 제약조건은 수송규모 100만톤 이상의 8개 품목에 대해서는 수송수입의 크기 순으로 가중치간 부등식이 만족되도록 제약조건을 추가하였고 나머지 15개 품목에 대해서는 '크링카'에 대한 가중치보다 작거나 같다는 제약조건을 추가하였다. Table 7의 '효율성점수3'는 '효율성점수1'에서와 같은 성과지표 및 운영조건지표를 사용하며 Table 5에 나타난 철도화물전문가들이 판단한 품목별 중요도점수의 크기로 확산영역 제약조건을 추가한 식 (8)의 자료포락분석모형으로 구한 효율성점수이다. Table 5에 나타난 10개 품목에 대해서는 철도화물전문가들이 판단한 품목별 중요도점수의 크기 순으로 가중치간 부등식이 만족되도록 제약조건을 추가하였고 나머지 13개 품목에 대해서는 '자동차'에 대한 가중치보다 작거나 같다는 제약조건을 추가하였다.

Table 7에서 화물품목의 중요도가 반영되지 않은 '효율성점수1'의 결과를 화물품목의 중요도가 반영되어 있는 '효율성점수2' 및 '효율성점수3'과 비교하여 살펴보면 100점으로 평가된 역이 상대적으로 많이 나타나 있음을 알 수 있다. 예를 들어 '쌍용', '태금', '성북', '목호항' 등을 포함하여 Table 7에 나타난 40개 역 중에서 15개 역은 '효율성점수1'이 100점으로 나타났으나 '효율성점수2'와 '효율성점수3'에서는 100보다 낮은 점수를 나타내고 있다. 이는 품목중요도가 제약조건으로 반영되지 않을 경우 중요하지 않은 품목이더라도 다른 역보다 상대적으로 많은 물량을 적은 투입으로 취급하고 있는 역의 경우 높은 점수를 받게되기 때문이다.

Table 7을 살펴보면 효율성으로 성과를 평가할 경우 규모로 평가한 경우와 비교하여 성과의 순위가 크게 달라지고 있음을 알 수 있다. 예를 들어 '규모순위' 3위의 '부산진'역을 효율성으로 평가하면 '효율성점수1'에서는 67위, '효율성점수2'에서는 25위, '효율성점수3'에서는 44위로 나타났다. 반면 '규모순위' 26위의 '육계'역을 효율성으로 평가하면 '효율성점수1', '효율성점수2', '효율성점수3'에서 모두 1위로 나타났다. 이는 발착 규모만으로 평가할 경우 반영할 수 없었던 운영조건이나 화물품목의 중요도 등이 반영되어 나타난 결과라 할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 다수의 성과지표를 동시에 고려하며 각 역의 운영조건을 반영하고 더불어 화물품목의 중요도를 반영하여 각 화물취급역의 성과를 평가하는 방안을 제안하였다. 구체적으로 본 논문에서는 화물취급역의 각 품목별 '발송규모'와 '도착규모'를 성과지표로 사용하고 각 역의 '화물인력'과 '유치가능량'을 운영조건지표로 사용하며 품목별 중요도를 확산영역 제약조건으로 반영하는 자료포락분석으로 효

율성을 평가하는 방안을 제시하고 그 적용결과를 제시하였다. 적용결과에서 품목중요도를 반영한 효율성으로 성과를 평가한 경우와 규모로 평가한 경우의 성과순위가 대부분의 경우에서 크게 달라지고 있는 것으로 나타났다. 이는 발착 규모만으로 평가할 경우 반영할 수 없었던 운영조건이나 화물품목의 중요도 등이 반영되어 나타난 결과라 할 수 있다.

화물취급역은 다양한 방법으로 평가할 수 있다. 단순히 규모만을 기준으로 평가할 수도 있고, 다수의 성과지표를 함께 반영해서 평가할 수도 있다. 본 논문의 의의는 평가주체(경영자 또는 정책담당자)가 선택할 수 있는 평가방법의 대안으로서 품목중요도, 역의 운영조건 등을 반영한 효율성으로 화물취급역을 평가하는 방안을 제시하였고 또한 그 적용결과를 제시하였다는 것이다. 본 논문에서 제시된 방법은 철도경영자 또는 철도정책담당자의 경영전략이나 정책의사결정에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대한다. 예를 들어 거점역의 선정 또는 화물취급역의 성과 개선을 위한 모범사례역 선정 등에 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- [1] S-H. Kim, S-M. Oh (2009) Evaluating the performance of freight railway stations using data envelopment analysis, *Journal of the Korean Society for Railway*, 12(2), pp. 315-320.
- [2] C.-W. Ahn, H.-G. Ha (2009) An analysis of the efficiency of Korean railroad container freight station with data envelopment analysis - assurance region (DEA-AR), *Journal of Korean Society of Transportation*, 27(2), pp. 315-320.
- [3] A. Charnes, W.W. Cooper (1962) Programming with linear fractional functionals, *Naval Research Logistics Quarterly*, 9(3/4), pp. 181-185.
- [4] A. Charnes, W.W. Cooper, E.L. Rhodes (1978) Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2(6), pp. 429-444.
- [5] W.D. Cook, M. Kress (1990) A data envelopment model for aggregating preference ranking, *Management Science*, 36(11), pp. 1302-1310.
- [6] B. Golany (1988) A note on including ordinal relations among multipliers in data envelopment analysis, *Management Science*, 34(8), pp. 1029-1033.
- [7] R.H. Green, J.R. Doyle, W.D. Cook (1996) Preference voting and project ranking using DEA and cross-evaluation, *European Journal of Operational Research*, 90(3), pp. 461-472.
- [8] T.R. Sexton, R.H. Silkman, A.J. Hogan (1986) Data Envelopment Analysis: Critique and Extensions, in R. H. Silkman, ed., *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*. San Francisco: Jossey-Bass, pp. 73-105.

접수일(2010년 2월 17일), 수정일(2010년 5월 10일), 게재확정일(2010년 5월 18일)