

정방형 터미널이 가장 이상적인 터미널이기는 하지만 터미널 부지의 특성상 여러가지 형태로 터미널을 건설할 수도 있으므로 추후 연구과제로는 터미널 형태(모양)별 적정 원단위를 산출에 관하여 연구할 필요가 있으며 본 연구는 평면을 대상으로 하였으나 추후 현실성 있는 피크계수와 분리계수 등을 도출하여 장치장의 3차원을 대상으로 가장 효율적인 원단위를 산출할 필요가 있다.

## 58. DEA 모형을 이용한 컨테이너 항만 및 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구

물류시스템공학과 강 상 곤  
지도교수 신 창 훈

이 연구에서 사용되는 효율성 분석의 필요성은 분석대상 항만과 터미널에서 투입과 산출 요소를 통한 분석으로 어느 요소가 효율적 또는 비효율적인 결과를 낳는지를 확인한다. 그리고, 좀더 나은 항만과 터미널로의 진입을 위해 DEA 모형을 이용하여 컨테이너 항만과 터미널에서 투입요소인 시설 및 장비의 현황과 산출요소인 컨테이너 처리물량을 통한 효율성을 분석한 결과로서 이른바 선진·선도 항만인 3세대 인텔리전트 항만으로 진입하기 위한 전략적 조건과 방안을 제시하기 위하여 다음과 같은 과정으로 연구를 진행한다. 첫째, 2세대 항만에 속하는 부산항 및 여타 다른 항만들에 대한 DEA 모형을 이용한 항만간 효율성 평가를 실시하고 효율성을 향상 또는 하락시키는 요소를 찾아낸다. 둘째, 찾아진 구성요소들을 세계의 항만과 터미널간의 효율성에 관한 상호 비교를 함에 있어 효율성을 향상시키는 특정 요소를 찾아서 장려하고 효율성을 하락시키는 요소에 대해서는 적절한 보완책을 마련토록 한다. 셋째, 실제적인 적용에서 부산항을 모델로 하여 부산항의 현황과 지위를 한층 더 상승시킬 수 있는 방안을 제시한다.

기존 연구를 토대로, 본 연구에서 요구되는 최소한의 DMU 수는  $32(\text{투입변수}(8) \times \text{산출변수}(4)) = 32$  또는  $36((\text{투입변수}(8) + \text{산출변수}(4)) \times 3 = 36)$ 이다. 본 연구에 사용된 평가대상인 항만은 33(35)개, 터미널은 98년 68개(97년 66개)로서 기존 연구와 비교해 볼 때 무리가 없는 것으로 판단된다. 앞에서 선정된 각 투입, 산출변수에 대한 항만 및 터미널별 Data를 이용하여 CCR모형에 의한 효율성 평가를 실시하였다. CCR모형을 이용한 터미널에 대한 효율성평가 분석결과는 효율적인 DMU의 수는 98년에는 전체 68개 터미널 중에서 46개의 터미널, 97년에는 전체 66개의 터미널 중에서 47개의 터미널로 나타났으며, 비교적 효율적인 DMU와 비효율적인 DMU와의 차이가 큰 경우가 다수 존재하는 것으로 파악되었다. 이는 상위에 랭크되는 터미널과 중, 하위의 터미널간의 산출변수의 차이가 존재하기 때문인 것으로 파악된다.

본 연구에서는 항만 및 터미널의 효율성을 비교하기 위해서 다수의 투입 및 산출변수를 통해 상대적인 효율성을 파악할 수 있는 DEA 모형에서 CCR모형과 BCC모형을 이용하여 분석하였는데 CCR모형을 이용하여 분석한 결과를 예를 들어서 살펴보면 우선, 1998년과 1997년의 처리량을 기준으로 선정된 세계 50대 항만 및 각 항만에 속하는 터미널을 대상으로 98년에는 33개의 항만 및 68개의 터미널, 97년에는 35개의 항만 및 68개의 터미널을 분석한 결과 항만은 98

년 13개, 97년 18개의 항만이 효율적인 것으로 분석되었고, 터미널은 98년 48개, 97년 47개의 터미널이 효율적인 것으로 분석되었다. 효율적인 항만과 터미널들은 비교적 전체적인 시설(특히, 면적)과 장비의 측면에서 규모가 큰 항만 및 터미널인 것으로 파악되었다.

분석결과를 토대로 예를 들어보면 DMU14(Britt- annie Terminal : Rotterdam Port)의 경우, 효율성이 0.631인데 DMU14가 효율적으로 되기 위해서는 즉, 효율지수 1이 되기 위해서는 0.369만 톤의 효율지수가 올라가야 한다. 우선, 산출요소(Output)인 U1(양하 시의 적컨테이너 처리량)의 경우, 1(효율)이라는 수치가 나오기 위해서는 23063개( $0.369/0.000016 \approx 23063$ )의 TEU를 더 처리해야 효율적인 DMU가 될 수 있다. 그러나 DMU14는 약 2만3천개의 TEU만 처리하면 되지만, 다른 DMU의 경우에서는 훨씬 더 많은 수치가 나올 수도 있다.

이러한 경우, 투입요소의 부분에서도 작업이 필요한데, 다시 DMU14의 경우를 예를 들어보자. V3(Container Gantries)의 값이 1.328이고 1(효율)이라는 수치가 나오기 위해서는 0.278개( $0.369/1.328 \approx 0.278$ )의 TEU를 더 처리해야 효율적인 DMU가 될 수 있다. 이 수치는 V3의 약 1/4을 감소시키는 것이 불가능하고 또한 비효율적이므로 전체 작업 중에서 약 1/4 만큼을 타 항만이나 터미널 쪽으로 장비 대여를 생각해볼 수가 있는데 이 또한 선석공동운영제도가 아닌 곳에서는 거의 현실감(보안 철조망 등의 출입제한 문제)이 없는 사항이다.

이때에는 나머지 요소인 V4(통합1)와 V8(CFS면적)을 분석해볼 필요가 있다. V4의 계산 값은 7개( $0.369/0.053 \approx 7$ ), V8의 계산 값은 16773㎡( $0.369/0.000022 \approx 16773$ )이므로 V4에서 통합1의 장비비를 약 7개를 줄이거나 V8에서 CFS면적 중 약 16773㎡를 줄이는 방안을 강구해 볼 수가 있다. 따라서 U1에서의 값을 올리든지 V3, V4, V8의 값을 줄이는 방법을 각각 독립적으로 행하든지 또는 U1, V3, V4, V8의 값들을 그 터미널의 여건에 맞추어 동시에 적당하게 조절해주면 된다.

앞서 분석된 결과를 토대로 하여 부산항을 중심으로 한 분석을 하면 부산항(HBCT, PECT, UCT 포함)은 DMU30, 31, 32가 해당된다. 1998년도의 분석에서는 세곳 모두 효율적인 터미널로 분석되었다. 투입되는 시설 및 장비의 수량과 산출되는 컨테이너 처리량의 비율이 다른 곳과 비교하면 다소 효율적인 비율을 형성하고 있다고 할 수 있다. 이 컨테이너 처리량에는 순수한 수출입 물량만 있는 것이 아니고 환적 화물의 처리량도 포함하고 있는 것이다. 부산항의 97년도 환적량을 살펴보면 1,105천TEU로서 부산항의 총 컨테이너 처리량은 5234천TEU로서 처리되는 환적 화물은 총량의 21.11%가 되고, 98년은 20.42%(1214천TEU/5946천TEU=20.42%)가 된다. 그리고 총 컨테이너 처리량을 각 터미널을 같은비율로 감소를 시키면 97년도는 15%초과, 98년도는 45%를 초과하여 감소시키면 비효율적인 항만이 되는 것으로 분석되었다.

이 말은 여러 가지의 뜻이 내포되어있다. 98년도는 환적 화물을 제외시켜도 물량면에서 여전히 효율적인 항만이 되지만 97년도에는 6%의 물량이 부족한 것으로 분석되는데 이것은 314천TEU가 부족하며 그 만큼 더 처리해야한다는 말과 같다. 바꾸어 말하면 투입요소인 시설과 장비의 수량을 줄여야 하는 것과 같은 뜻이다. 다행히 처리량이 매년 10%내외로 꾸준히 성장을 하고있고 특히, 98년도에는 환적 화물을 제외시와 물량 45% 감소 시에도 여전히 효율적인 항만인 것으로 분석이 되었다. 다시 말해서, 처리물량에 비해서 시설 및 장비의 수가 45%나 부족하다는 말이며 그 만큼의 분량을 확보해야 한다.

항만(컨테이너 부두)은 그 최초 건설 계획에서 건설 후 운영을 시작하기까지 10년 가까운 세월이 소요되는데 여기에는 막대한 투자비와 그 회수에 따른 기간도 오랜 시간(보통 10년에서 20년)이 걸리게 된다. 따라서, 새로운 시설과 그에 따른 장비의 확보를 시행하기보다는 기존에 있는 시설을 합리적으로 이용하는 방안을 강구하는 것이 옳다고 판단된다. 그러므로 시급히 선

석 길이에 대한 확보가 시급할 것으로 보이며 그에 따라 선석(안벽)에서 작업하는 컨테이너 크레인 수, 이송 및 수송장비도 따라서 늘어나야 할 것이다. 따라서 연구결과에 따라 다음과 같은 세가지의 제안을 하려 한다.

첫째, 현재의 시설과 장비를 늘이기보다는 기존의 것을 공동운영 하는 것이 바람직할 것으로 보이며 따라서, 선석 및 장비를 평상시에는 자사의 터미널에서 운영 및 관리하다가 인근터미널의 선석과 장비의 노후화와 고장 시에 요청에 따라 일정요금 지불에 의해 빌려주고 사후정산하는 개념을 띤 협약 체결로서 이루어지는 '선석 및 부속장비의 공동운영·자급관리제'를 제안한다.

둘째, 현재 '선석 및 부속장비의 공동운영·자급관리제'가 힘든 항만 및 컨테이너부두 즉, 한 개의 항만과 터미널이 존재하는 곳에서는 공동운영·자급관리제가 어려운 것이 현실이므로 현 시설에서 더 이상의 시설의 확장이나 장비의 확충보다는 터미널 자체의 시설과 장비를 현대화·자동화시키는 것이 바람직한 것으로 보이므로 '항만 및 컨테이너 부두의 자동화 구현'을 제안한다.

셋째, 앞서 두 가지의 제안 사항을 충족하기 위해서는 새롭게 통합의 성격을 띠는 단체의 설립이 필요한데 이 단체의 기능을 맡아서 수행할 수 있는 '부산항만공사에 의한 부산항의 효율적 운영과 관리'를 제안한다.

## 59. 퍼지평가의 역관계를 이용한 항만경쟁력 분석에 관한 연구

물류시스템공학과 류형근  
지도교수 이철영

본 연구는 퍼지평가의 역관계를 이용하여 항만경쟁력 제고를 위한 요인을 추출하는 것을 목적으로 하고 있다. 지금까지 퍼지평가를 이용하여 항만경쟁력을 평가하는 연구는 많이 수행되었으나, 대부분 순관계를 통한 평가에 그치고 있어서 항만경쟁력을 제고하기 위한 요인을 추출하는 데에 이르지 못하고 있다.

따라서, 본 논문에서는 퍼지평가의 역관계에 대하여 이론적으로 고찰하고, 이를 바탕으로 항만의 경쟁력 제고를 위해 어떤 요인을 강화하는 것이 바람직한가를 구체적인 사례를 통하여 분석하였다.

본 연구에서는 기존의 평가방법에 있어서 단순히 평가대상에 대한 평가만을 하지 않고 그 평가대상에 대한 평가치에 대한 속성을 퍼지측도치와 적분치를 이용하여 동정하는 방법을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 이것은 평가치에 대한 동정을 함으로써 계층퍼지분석법에서의 적분치를 향상시킬 수 있는 요소가 무엇인지를 알아내어 평가대상에 대한 평가를 향상시킬 수 있는 방안을 알아내는데 있다.

이는 계층퍼지분석법에 퍼지관계방정식의 개념을 도입하여 입·출력 데이터를 이용하여 이들 관계를 모색함으로써 평가치의 값들을 도출할 수 있었다.

본 연구에서 제안한 방법을 기존사례에 적용하여 본 결과는 다음과 같다.

동북아시아에서 중심항을 다투는 경쟁항만인 부산, 고베, 카오슝, 요코하마 항들의 경쟁력을 평가하는 경쟁요인으로 입지, 시설, 비용, 서비스, 운영형태로 보고 퍼지평가를 하여 본 결과는