



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

경영학석사 학위논문

국내 운송 서비스 기업의
네트워크 효율성 측정에 관한 연구

: 서비스 품질을 중심으로

Measuring the network efficiency of
transport service companies in Korea

: Focusing on service quality

2017 년 2 월

서울대학교 대학원

경영학과 생산관리전공

박성원

국문초록

국내 운송 서비스 기업의 네트워크 효율성 측정에 관한 연구 : 서비스 품질을 중심으로

박 성 원

경영학과 생산관리 전공

서울대학교 대학원

본 연구는 7 가지 다른 군에 속한 국내 운송 서비스 기업들의 서비스 품질을 고려한 상대적 효율성을 평가하고자 한다. 사실, 국내 운송 서비스 산업은 제조업의 지속적인 성장과 함께 생산에서 소비자에게 이르는 공급사슬의 한 축을 담당하면서 확대되었다. 운송 서비스 산업의 비약적인 성장과 함께 서비스 품질에 대한 고객들의 기대는 높아졌고, 따라서 산업의 양적인 성장과 더불어 질적인 성장에 대한 관심이 증대되었다. 하지만 서비스 품질 요소들이 운송 기업들로 하여금 고객들에게 차별화된 서비스를 제공할 수 있는 기회를 제공함에도 불구하고, 운송 서비스 산업에서의 서비스 품질을 아우르는 연구들은 여전히 부족하다. 서비스 품질을 제외한

기업들의 효율성 평가는 평가 결과를 이용한 가이드라인을 제시할 때 한계점을 갖는다.

따라서 본 연구에서는 서비스 품질을 고려한 네트워크 효율성을 평가하여 의사결정단위로 선정된 기업들간 상대적 비교를 수행하고 산업간 혹은 하위기업간 효율성 개선을 위한 가이드라인을 제시하고자 한다. 운송 서비스 기업의 종업원수, 고정자산, 운영비용, 매출액, 당기순이익의 재무 정보와 본원적 서비스, 신뢰성, 물리적 환경의 서비스 품질 평가 기준 요소들을 활용하여 2012년부터 2015년까지의 4년 동안 Network-DEA SBM 효율성을 분석하였다. 투입변수로는 종업원수, 고정자산, 운영비용, 산출변수로는 매출액, 당기순이익을 설정하였다. 네트워크 효율성 분석을 위해서는 중간산출물에 대한 정의가 선행되어야 한다. 중간산출물은 투입물과 산출 사이를 중개하여 기존의 전통적인 투입대비 산출의 관계에서 나아가 서비스 품질을 고려한 보다 현실적인 분석결과를 제공한다. 본 연구의 중개변수는 한국표준협회가 제공하는 한국서비스품질지수의 본원적 서비스, 신뢰성, 물리적 환경 척도를 적용하여 21개 국내 운송 서비스 기업들을 의사결정단위로 네트워크 효율성을 분석하였다.

흥미롭게도 일부 전통적인 DEA 관점에서 비효율적으로 평가된 의사결정단위들 혹은 클러스터가 서비스 품질을 고려한 네트워크 효율성 평가에서는 개선된 모습을 보여주었다. 물론 그 반대의 경우도 존재하였다. 더불어, 네트워크 효율성을 1단계 운영 효율성과 2단계 경쟁 효율성으로 나누어 종합 비효율성의 원인이 어디에 있는지를 살펴볼 수 있었다. 이외에도 주어진 4년 동안의 기간내 네트워크 효율성의 추이와 기업간 효율성 변동의 안정성을 살펴봄으로써 비교적 안정적으로 기업을 운영하고

있는 그룹과 그렇지 못한 그룹이 있음을 밝힐 수 있었다. 즉, 위 모든 결과로 미루어 보건대, 국내 운송 서비스 기업의 상대적 평가를 보다 명확하게 파악하기 위해서는 서비스 품질의 요소가 중요한 역할을 담당하고 있고 서비스 품질을 고려함으로써 풍부하고 구체적인 운송 서비스 기업 운영방안을 제시할 수 있다.

주요어 : 운송 서비스, 네트워크 효율성, 서비스 품질, 자료포락분석,
Network DEA-SBM

학 번 : 2015-20609

목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 선행연구 고찰	
2.1 운송 서비스 산업에서의 서비스 품질	6
2.2 DEA를 활용한 상대적 효율성 분석	12
2.3 서비스 품질을 고려한 네트워크 DEA 모형	16
2.4 기존 연구와의 차별성	18
제 3 장 연구 방법론	
3.1 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis: DEA)	22
3.1.1 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis: DEA)의 개요	22
3.1.2 DEA CCR과 BCC 모형	23
3.1.3 DEA-SBM 모형	30
3.1.4 Network DEA 모형	33
3.2 평가대상 선정 및 자료 수집	39
3.3 연구 모형	44

제 4 장 결과

4.1 효율성 분석 결과47

4.2 효율적 운영을 위한 가이드라인 60

4.3 DEA Window 분석 66

제 5 장 결론 71

참고 문헌..... 75

표 목차

〈표 2-1〉 운송 서비스 산업에서 서비스 품질을 고려한 선행연구	10
〈표 2-2〉 운송 서비스 산업에서 업종별 투입 및 산출변수	14
〈표 3-1〉 효율성 분석을 위한 의사결정단위	40
〈표 3-2〉 운송 서비스 산업에서 서비스 품질 결정 요인	43
〈표 4-1〉 Network DEA 분석을 위한 기초통계단위	50
〈표 4-2〉 투입변수, 서비스 품질, 산출변수들 간의 상관관계	50
〈표 4-3〉 2012 VRS-DEA 결과값과 Network DEA-SBM 효율성 점수 분석	53
〈표 4-4〉 2013 VRS-DEA 결과값과 Network DEA-SBM 효율성 점수 분석	54
〈표 4-5〉 2014 VRS-DEA 결과값과 Network DEA-SBM 효율성 점수 분석	55
〈표 4-6〉 2015 VRS-DEA 결과값과 Network DEA-SBM 효율성 점수 분석	56
〈표 4-7〉 클러스터별 평균 운영 효율성 및 경쟁 효율성	61
〈표 4-8〉 DEA Window 분석	68

그림 목차

〈그림 2-1〉 여행산업 서비스 품질 요소의 위계적 모델	8
〈그림 3-1〉 Research Process	21
〈그림 3-2〉 Technical Efficiency and Scale Efficiency	28
〈그림 3-3〉 투입지향 DEA (Input-oriented DEA) 모형	31
〈그림 3-4〉 Black Box 모형	35
〈그림 3-5〉 Separation 모형	36
〈그림 3-6〉 국내 운송 서비스 기업의 네트워크 DEA 모형	45
〈그림 4-1〉 클러스터별 운영 효율성 (Operating Efficiency)	62
〈그림 4-2〉 클러스터별 경쟁 효율성 (Competitive Efficiency)	62
〈그림 4-3〉 국제여객 점유율 (%) 추이	65
〈그림 4-4〉 국내여객 점유율 (%) 추이	65

제 1 장 서론

서비스 산업은 피셔 (Fisher, 1935)와 클라크 (Clark, 1940)가 경제활동을 1 차 (Primary or Extractive activities) 산업, 2 차 (Secondary or Transformative activities) 산업, 3 차 (Tertiary or Service activities) 산업으로 분류함으로써 새롭게 소개되었다. 서비스 산업을 설명하는 초기 피셔, 클라크 등의 이론가들은 2 차 산업인 제조업을 경제성장의 엔진으로 간주하고 서비스 산업을 부정적인 의미를 담은 나머지 범주 (Residual Category)로 표현하였다. 실제로 서비스 산업이 20 세기 중반에 걸쳐 지배적인 부문이 되어감에도 불구하고 서비스 산업을 대상으로 한 연구는 여전히 제한적이었다 (Kellerman, 1985). 그러나 20 세기 후반에 들어 서비스 산업이 제조업을 뛰어넘어 국가의 근간산업으로 자리매김함에 따라 연구의 중요성이 갈수록 강조되었다.

운송 산업은 기간 산업을 뒷받침하면서 생산에서부터 고객에게 소비되기까지의 일련의 흐름을 담당하는 대표적인 서비스 산업이다. 국내 운송 산업은 제조업의 성장과 함께 도입된 이래로 꾸준한 발전을 이룩하였다. 육상화물을 운송하는 육상 운송업의 경우 부가가치는 1980 년 1 조 3493 억원에서 2005 년도 21 조 868 억원으로 눈부신 발전속도를 보여주었고, 고정자산은 2 조 2007 억원에서 42 조 6037 억원으로 20 배 가까운 성장을 이루어냈다 (김창범, 2007). 이러한 운송 산업에서의 비약적인 성장은 비단 육상 운송뿐만 아니라 해상 및 항공 운송에서도 마찬가지였다. 세부 업종별로는 2013 년 기준 육상 운송업 58.6 조원(41.8%),

수상 운송업 40.8 조원(29.1%), 항공 운송업 21 조원(14.9%), 기타운송 서비스업 19.9 조원(14.2%)의 매출 규모를 보이고 있다 (통계청, 2014). 이에 힘입어 기업체당 매출액 또한 1.6 억원에서 3.9 억원으로 2.4 배 가깝게 증가하였다.

이렇게 산업이 성장하고 규모가 커짐에 따라 서비스를 소비하는 과정에서 품질에 대한 고객의 기대는 높아졌고, 서비스 품질을 평가하려는 시도는 다방면으로 이루어졌다. 한국능률협회컨설팅 (KMAC)은 국토교통부 (당시 국토해양부)와 협력하여 2008 년도부터 우수화물운수업체 인증제를 실시하였다. 운수업의 전반적인 서비스 수준의 향상을 목표로 전사적 서비스 품질 관리의 필요성을 강조하는 계기가 되었다. 한국표준협회 또한 서비스 품질에 대한 고객 만족도를 조사하여 서비스 산업 전반의 품질수준을 과학적으로 측정할 수 있는 시스템을 제공하였다. 이처럼 서비스 산업 전반에 걸쳐 서비스 품질 수준을 측정하려는 시도는 계속되고 있다.

Sebastian Lozano and Ester Gutierrez (2014)는 Available Seat Kilometers (ASK)와 Available Ton Kilometers (ATK)로 서비스 품질을 정의하고, 두 변수를 매개로 한 유럽 내 항공사의 상대적 효율성을 네트워크 자료포락분석 (Network DEA)을 통해 비교 평가하였다. 최강화 (2016)는 2012 년도부터 2014 년도까지의 미국 항공사들을 대상으로 항공 서비스 품질 (정시율, 고객불만)을 고려한 네트워크 효율성을 측정하였다. 하지만 자료포락분석을 이용한 국내외 서비스 품질관련 연구는 서비스 품질 수준에 따른 고객 만족도를 연구하거나 서비스 품질만을 별도로 떼어내서 조사한 연구가 대부분이었다. 서비스 품질이 서비스 기업에게 가장 중요한

척도임에도 불구하고 서비스 품질의 측정과 구현상의 어려움으로 고려하지 못한 것이다.

이에 본 연구는 Network DEA-SBM 모형을 이용하여 운송 서비스 산업에 속한 기업들간의 서비스 품질을 고려한 상대적 효율성을 분석하고 기업별로 개선할 수 있는 가이드라인을 제시하고자 한다. 아울러 개선방향과 관련된 제언의 범위를 기업 내로 한정 짓지 않고 운송 서비스 산업에 속한 산업분류에 따라 산업간 추가적인 지침을 제시하고자 한다. 마지막으로 네트워크 효율성으로 도출된 종합 효율성 (Overall Efficiency)을 운영 효율성 (Operating Efficiency)과 경쟁 효율성 (Competitive Efficiency)으로 구분하여 보다 구체적인 이해를 돕고, 조사대상 (2012-2015) 4 개년 동안 네트워크 효율성의 추이와 변동성의 안정성에 대해서 알아보도록 하겠다.

본 연구의 목적을 달성하기 위해서 제 2 장에서는 선행연구를 검토하고 향후 본 연구에서 사용될 투입 및 산출변수와 운송 산업에서의 서비스 품질에 대해 파악하고자 한다. 제 3 장에서는 연구의 방법론으로서 바탕이 되는 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis)과 Network DEA 방법론에 대해서 개념적인 설명을 진행하고 본 연구에서 사용될 네트워크 모델을 제시하고자 한다. 제 4 장에서는 수집된 데이터를 이용한 효율성 분석을 실시하고 산출된 수치를 통해 전통적 DEA 와 네트워크 DEA 의 효율성 점수를 비교하고자 한다. 더불어 기업간, 산업간 서비스 품질을 반영한 네트워크 분석과 개선방안 그리고 운송 산업 전반에서 드러나는 경향성을 살펴보겠다. 덧붙여 기업별 효율성의 추이와 변동성에 대해서 논의하고자 한다. 마지막으로 제 5 장에서는 위 4 장의 분석결과를 바탕으로 본 연구의

의의와 종합적인 결론을 제시하고자 한다.

Schmenner, R.W. (1996)에 따르면 노동집약도의 정도와 고객 상호작용과 고객화의 정도에 따라 운송 산업은 노동집약도가 낮고 고객화와 상호작용의 수준이 낮은 서비스 공장 (Service Factory)으로 구분된다. 그러나 고객의 경험이 중요한 가치로 부상하고 기업이 고객의 경험에 대한 만족도를 제고함으로써 차별화되고 수익성을 창출하는 기회가 제공됨에 따라 운송 산업 역시 표준화된 서비스를 대량으로 공급하는 차원을 넘어서 고객화된 서비스 제공의 필요성이 강조되는 시점이다. 본 연구는 위와 같은 배경에서 연구를 진행하였으며 운송 산업에 속한 평가대상 기업들에게 의미 있는 가이드라인을 제시하고자 하였다.

제 2 장 선행연구 고찰

제 2 장에서는 운송 서비스 산업에서의 서비스 품질을 주제로 앞서 진행한 국내외 연구들을 살펴볼 것이다. 이를 바탕으로 서비스 산업에 종사하는 기업들의 효율성을 평가하는 주요척도 및 지표들은 어떠한 것들이 있는지 구체적으로 알아보도록 하겠다. 여기서 도출된 주요척도들은 향후 본 연구에서 중간변수(Intermediate Data)로 활용될 것이다. 더불어 본 연구의 방법론으로 채택한 DEA (Data Envelopment Analysis)를 활용하여 상대적 효율성을 연구한 기존의 연구들을 살펴볼 것이다. DEA 를 활용한 기존의 문헌들은 본 연구에서 운송 서비스 기업간 상대적 효율성을 도출할 때 전제가 되는 투입변수 (Input Data) 및 산출변수 (Output Data)를 발굴하는데 바탕이 될 것이다. 마지막으로 기존의 전통적인 DEA (Traditional DEA) 방법에서의 투입변수와 산출변수만을 고려한 기업간 효율성 분석은 운송 서비스 산업에서 서비스 요소의 중요성을 고려하지 못한 방법으로 한계점을 갖는다. 기존의 효율성 평가방법으로서 DEA 모형에서 서비스 품질 등의 중간생산물을 고려한 Network DEA 를 활용한 선행연구들을 살펴봄으로써 본 연구에서 네트워크 DEA 모형의 필요성을 강조할 것이다.

2.1 운송 서비스 산업에서의 서비스 품질

물류 산업에서 공급사슬 내 상류 (Upstream)에서부터 하류 (Downstream)에 위치한 최종고객까지 일련의 프로세스에서 시간적, 공간적 간격을 좁히기 위한 노력은 다방면으로 이루어지고 있다. 물류 산업의 한 축을 담당하는 운송 서비스 산업에 있어서 이러한 노력들은 흥미로운 연구의 주제로 여러 분야에서 연구되고 있다. 하지만 최근 들어 고객만족이 지속 가능한 비즈니스를 위한 핵심 요인으로 떠오르면서 운송 산업에 종사하는 기업들은 정량적인 척도들의 효과적 수행과 더불어 신속성, 신뢰성 등 정성적인 평가기준들이 고려의 대상으로 강조되고 있다.

Krishna K. Govender (2014)는 서비스 품질 평가에 가장 널리 사용되는 SERVQUAL 을 활용하여 버스와 택시의 서비스 수준을 연구하였다. 구조화된 설문을 가지고 대면 인터뷰를 진행하였고, 총 690 개의 샘플 데이터를 얻었다. 운송 서비스 품질의 모든 RECSA (Regional Estuarine and Coastal Systems of the Americas) 차원들은 고객들이 대중 버스의 서비스 품질을 인식하는데 있어서 영향을 미쳤지만, 택시의 서비스 품질에는 신뢰성, 가격 정당성, 서비스의 정도 총 3 가지 차원들만이 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 해당 연구에서 제시하고 있는 서비스 품질의 차원들을 살펴보면 RECSA 서비스 품질 차원은 신뢰성, 서비스의 정도, 안정성, 안전성, 가격 정당성 등으로 구성되는 반면에 RATER 는 SERVQUAL 모형의 차원들과 동일하지만 배열을 다르게 하여 신뢰성 (Reliability), 확신성 (Assurance), 유형성 (Tangibility), 공감성 (Empathy), 대응성 (Responsiveness)이 서비스 품질을 평가하기 위한 차원으로 제시하고 있다.

RECSA 의 차원들은 RATER 차원의 일부를 포함하고 있지만 운송 서비스 품질을 평가하는데 있어서 RECSA 가 적절하다고 강조하였다.

Doddy Hendra Wijaya (2009) 역시 인도네시아 자카르타 내 버스 운송의 서비스 품질을 연구하였다. 해당 연구는 고객의 불평을 분석하고 조사된 불평에 기반한 서비스 표준 수립의 필요성을 제안하였다. 연구에서 조사된 고객불만 사항은 다음의 20 가지 항목으로 나열할 수 있다. Queuing time for ticket, waiting time for bus, on time departure, on time arrival at the next stop, bus capacity, physical condition of the bus, services provided by service personnel, bus drivers driving, safety information for bus passenger, readiness staff to help passenger, cleanliness, comfort shelter, security on bus, availability of media of suggestion and complaint, unfriendly service personnel, information availability, bus AC function unwell, availability of trash bin on board and shelter, appearance service personnel, availability of bus fleet. 위 20 가지 고객불만 사항들은 구체적인 버스 운송 서비스의 품질을 평가하는 기준으로서 추후에 본 연구의 중간변수를 선정하는데 활용될 것이다.

김종섭 (2013)은 화물 운송 서비스의 품질 요인이 고객만족과 재이용의도에 미치는 영향에 대해서 연구하였다. 정기 화물 운송 서비스의 품질 평가 기준으로는 경제성, 친절성, 안전성, 신속성, 편리성, 정확성을 들고 있으며, 이는 모두 고객만족에 유의한 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 더불어 고객만족은 정기 화물 운송 서비스의 재이용의도와 타사 추천의도에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 여행 서비스 산업을 9 차 한국산업표준분류와 한국 표준

협회 한국서비스품질지수의 구분에 따라 운송 서비스 산업에 속하는 것으로 간주하였다. 이와 관련하여 Laura Caro (2007)는 실증적 연구와 광범위한 문헌 조사를 통해 여행 산업에서의 서비스 품질을 측정하는 포괄적인 모델을 제시하였다. 광범위한 문헌 조사를 통해 여행 서비스 산업에서 서비스 품질은 각기 다른 형태로 개념화되며 이는 다차원적인 특성을 가지고 있음을 밝혔다. 더불어 마케팅에서 서비스 품질을 평가하는 일반적인 모델인 SERVQUAL 과 SERVPERF 는 이종 산업을 모두 아우르는 서비스 품질 평가 방법은 아님을 강조하였다. Laura Caro 가 정성적 연구로부터 제안하는 다차원적이면서 위계적 모델은 <그림 2-1>과 같다.

<그림 2-1> 여행산업 서비스 품질 요소의 위계적 모델



위 모델은 서비스 품질이 가장 높은 차원에 위치하고 이는 3 가지 주요한 차원들로 구성되는 것을 알 수 있다. 아래 주요한 3 가지 차원 (개인적 상호교류, 물리적 환경, 결과)은 7 가지 하부 항목 (수행능력, 전문성, 문제 해결능력, 장비 및 설비, 주위 환경, 대기 시간, 유의성)에 의해 정의된다. Laura Caro (2007)가 제시한 서비스 품질 모델은 특정한 산업 군 (여행 서비스 산업)에서 서비스 품질을 측정하기 위한

핵심도구로서 신뢰성 있는 측정을 가능케 할 것으로 주장하였다.

Laura Caro (2007)는 시내 운송 서비스의 품질 역시 측정하였다. 소비자들과 종업원들을 상대로 심도 있는 인터뷰를 실시하였고, 회사의 관점에서 정보를 추출하기 위해서 다섯 명의 경영진을 대상으로 추가적 인터뷰를 시행하였다. 이를 통해 저자가 서비스 품질을 측정하기 위해 제안한 모델은 앞서 여행 서비스 산업에서의 측정 모델과 상당부분 유사성을 가지고 있다. 가장 높은 차원에서 서비스 품질이 위치하며 이는 하위 4 가지 다른 차원 (개인 상호교류, 디자인, 물리적 환경, 결과) 들로 구성된다. 4 가지 서비스 품질을 구성하는 주요한 차원들은 다시 10 가지 하부 항목 (태도, 행동, 전문성, 문제 해결능력, 서비스의 범위, 운영 시간, 유형성, 정보, 시간 준수, 유의성)으로 정의된다. 저자는 제시한 다층적 구조를 확인적 요인분석을 통해 검증하였고, 교차 검증을 통해 결과값의 타당성을 주장하였다.

위에서 소개한 연구 이외에도 다양한 연구에서 운송 서비스 산업에서 서비스 품질을 기업의 성과요소로 고려하고 있었으며, 기업에게 서비스 품질은 고객만족 등의 정성적 척도 및 매출액 등의 정량적 척도와도 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다. 운송 서비스 산업에서의 서비스 품질을 고려한 주요 연구를 요약하면 <표 2-1>과 같다.

〈표 2-1〉 운송 서비스 산업에서 서비스 품질을 고려한 선행연구

Researcher (연도)	구분	서비스 품질 결정 요인
Daugherty, Stank, and Ellinger (1998)	물류 서비스의 운영요인	logistics operational elements: product availability product condition, delivery reliability, delivery speed relational elements: communications and responsiveness
David A. Hensher, Peter Stopher and Philip Bullock (2001)	버스 운송	Bus travel time, bus fare, frequency, time of arrival time to walking to bus stop, seat availability on bus information at bus stop, access to bus, cleanliness
John T. Mentzer, Daniel J. Flint, & G. Tomas M. Hult (2001)	물류 서비스	Personnel contact quality, Order release quantity, Information quality Ordering procedures, Order accuracy, Order condition Order quality, Order discrepancy handling, and Timeliness
Y.-H. Chang, C.- H. Yeh (2002)	항공 서비스	On-board comfort, Airline employees, Reliability of service Convenience of service, Handling abnormal, conditions
Angel Mill (2003)	여행 서비스	Service, encounters, empathy, reliability service environment, efficiency of advice
Laura Caro et al. (2007)	운송 서비스	Personal interaction (conduct, expertise, problem solving) design (range of service, operating time) physical environment (tangibles, information) outcome (punctuality, valence)
Laura Caro et al. (2007)	여행 서비스	Personal interaction (conduct, expertise, problem solving) physical environment (Equipment, ambient conditions) outcome (waiting time, valence)
Laura Eboli and Gabriella Mazzulla (2007)	버스 운송	Bus stop availability, route characteristics, frequency reliability, bus stop furniture, cost, information safety on board, personal security environmental protection, overcrowding
Markus Felleson et al. (2008)	운송 서비스	bus stop maintenance, complaints, promotion, cleanliness safety/security, system (with supply and reliability items) comfort, and staff behavior

Doddy Hendra Wijaya (2009)	버스 운송	<p>Reliability: Queuing time for ticket, waiting time for bus on time departure, on time arrival at the next stop information availability, availability of bus fleet</p> <p>Responsiveness: Readiness to help passenger services provided by service personnel</p> <p>Assurance: Bus capacity, bus drivers driving safety information for bus passenger, security on bus</p> <p>Empathy: Unfriendly service personnel appearance service personnel</p> <p>Tangibles: Physical condition of the bus, comfort shelter bus AC function unwell, availability of trash bin on board & shelter, availability of media of suggestion and complaint, cleanliness etc.</p>
Krishna K. Govender (2014)	대중 교통	<p style="text-align: center;">RATER (Reliability, Assurance, Tangibility, Empathy, Responsiveness)</p> <p style="text-align: center;">RECSA (Reliability, Extent of the service, Comfort, Service, Affordability)</p>
김웅진, 김종섭 (2013)	운송 서비스	경제성, 친절성, 안전성, 신속성, 편리성, 정확성, 회사 이미지

2.2 DEA를 활용한 상대적 효율성 분석

다수의 선행연구에서는 기업들의 효율성과 생산성을 상대적으로 비교하고 결과에 따른 개선책을 제시하고자 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis)을 채택하고 있다. Sarkis (2002)는 자료포락분석과 그것의 적절한 적용을 위해서는 데이터 집합이 분석의 핵심요소라고 강조하였다. 다시 말해서, 효과적인 자료포락분석을 수행하기 위해서는 투입변수와 산출변수에 대한 명백한 정의가 필요하다. 이를 위해 운송 산업을 중심으로 광범위한 문헌 조사를 수행하였다.

오승철, 안영효 (2013)는 DEA 와 Malmquist 생산성지수를 이용하여 종합물류인증기업의 상대적 효율성을 분석하였다. 수익과 성과의 관계 측면을 고려한 상대적 효율성을 평가하는 것은 효율성 평가의 가장 핵심적인 변인임을 강조하였다. 종합물류인증기업과 유사한 기존의 국내 물류 산업의 문헌조사를 통하여 투입변수로 자산, 자본, 종업원수를 채택하였고, 이에 따른 산출 변수로는 매출액, 영업이익, 당기 순이익을 선정하고 있다. 김성화 (2013) 역시 DEA 모형을 활용하여 인증종합물류기업의 효율성 분석에 관한 연구를 진행하였다. 해당 논문에서는 자료포락분석과 Malmquist 생산성지수 모형을 활용한 국내외 주요 선행연구로부터 주로 사용되고 있는 변수와 중요도를 검토하였으며, 노동과 자본을 투입하여 높은 수익성의 목표를 고려하여 선정하였다. 기업의 규모를 나타내는 종업원수, 자산총계, 부채총계, 자본총계를 투입변수로 선정하였고, 매출액, 매출이익, 영업이익, 경상이익, 당기순이익

등은 계속 기업의 성과조건으로 채택하였다.

위처럼 물류 산업의 효율성을 포괄적으로 평가하려는 시도와 동시에 운송 산업에 속한 특정 산업에 대한 다양한 연구 역시 존재하였다. 하지만 연구의 범위가 일부 산업으로 한정되어 있어 운송 산업 전체를 아우르기에는 제약이 있다. 본 연구에서는 특정 업종 및 산업에 속한 기업들의 상대적 효율성을 평가한 선행연구를 바탕으로 기존 연구에서 사용된 변수의 활용과 한계점을 논의하도록 하겠다.

Wen-Cheng LIN et al. (2005)는 비재무적 지표들은 획득하기 어렵고 신뢰할 수 없는 자료가 많기 때문에 재무적 지표들을 적용하여 타이완 내 해운산업의 효율성을 평가하였다. 자료포락분석을 수행하기 위해 각각 2 가지 투입변수와 산출변수를 제시하였다. 투입변수로는 자산과 자본, 산출변수로는 운영수익과 순이익을 선정하였다. SRINIVAS TALLURI (2003)은 자동차 공급업체의 제조 경쟁력 차원들과 비즈니스 성과와의 관계에 대해서 연구를 수행하였다. 구체적으로 DEA 기법을 적용하기 위해 투입변수로 비용, 품질, 시간, 유연성, 혁신성 성과를 채택하였고, 산출변수로 Return on Investment (ROI)와 Return on Assets (ROA)을 선정하였다. 해당 변수들은 운송 산업에 속해 있는 기업들의 효율성을 평가하는데 공통적으로 활용되기에 충분하다. 향후 본 연구에서 투입변수와 산출변수를 선정할 때 고려하도록 하겠다.

본 연구의 주요 관심산업은 운송 산업 전반으로 포괄적 관점에서 제시되어있다. 따라서 획득하기에 용이하지 않고 특정 산업의 특성을 반영하는 투입 및 산출변수들은 문헌조사를 통해 제외하도록 하겠다. 운송 서비스 산업에서 투입변수 및 산출변수를 고려한 선행연구들을 요약하면

〈표 2-2〉 같다.

〈표 2-2〉 운송 서비스 산업에서 업종별 투입 및 산출변수

Researcher (연도)	업종	투입변수 (Input Variables)	산출변수 (Output Variables)
Coelli T, Perelman S (2000)	철도 산업	종업원 수, 노선의 길이 이용 가능한 화차의 합	각 승객 이동거리의 합 각 톤당 이동거리의 합
Cheng-Min Feng and Rong-Tsu Wang (2000)	항공 산업	Sunk cost	Intangible products its consumption by not-stored services
SRINIVAS TALLURI (2003)	자동차공급업체	Cost, quality, flexibility time, innovativeness	ROI, ROA
Matthew G. Karlaftis (2004)	수송 시스템	Number of employees total annual amount of fuel total number of vehicles	Total annual vehicle-miles total annual ridership both annual vehicle-miles and annual ridership
Wen-Cheng LIN et al. (2005)	해운 산업	총자산, 자본	영업수익, 순이익
Ming-Miin Yu, Erwin T.J. Lin (2008)	철도 산업	종업원 수, 노선의 길이 객차의 수, 화차의 수	Passenger-km (승객 수*승객이동 거리), freight ton-km (화물ton*이동거리) passenger train-km & freight train-km {train (passenger or freight) multiplied by the distance it has traveled}
Shivi Agarwal (2016)	대중 교통	Fleet size, total Staff fuel consumption	Passenger kilometers (Pass-Kms)
박명섭, 안영효 (2003)	도로 화물 운송업	노동비용, 자본비용 운영비용, 자산	매출액, 경상이익
이형석 (2006)	해운 산업	종업원수, 고정자산, 총자본	매출액, 영업이익, 당기순이익
하현구 (2007)	물류 산업	종업원수, 고정자산 자본총계, 운영비용	매출액, 당기순이익
김종기, 강다연 (2008)	해운 물류	자산, 자본, 종업원수	매출액, 영업이익, 당기순이익
김창범 (2009)	운송 산업	종업원수, 유형고정자산	매출액

김천근, 김숙경 (2010)	물류 산업	종업원수, 고정자산, 유동자산	매출액
장명희 (2010)	화물 자동차 운송업	고정자산, 총자본, 종업원수	매출액, 영업이익, 당기순이익
박홍균 (2010)	물류 산업	고용원수, 정보시스템 운용수 창고 운용수	매출액
조문숙 (2011)	물류 산업	종업원수, 유동자산 고정자산, 운영비용	매출액
최종열, 박제현 (2011)	화물 자동차 운송업	자산, 자본, 종업원수	매출액, 당기순이익
김성화 (2013)	물류 산업	종업원수, 자산총계 부채총계, 자본총계	매출액, 매출이익, 영업이익 경상이익, 당기순이익
국우각 (2013)	물류 산업	노동, 자산, 운영비용	매출액, 영업이익
오승철, 안영효 (2013)	물류 산업	자산, 자본, 종업원수	매출액, 영업이익, 당기순이익
고범석 (2013)	물류 산업	매출원가, 임금, 자본, 자산	매출액, 순이익
남동휘 (2013)	물류 산업	창고운영 수, 종업원수	매출액, 주요 화주확보 수
박차미 외 (2014)	물류 산업	종업원수, 고정자산, 유동자산	매출액
김지혜 (2014)	물류 산업	유동자산, 고정자산, 임금	매출액, 경상이익

2.3 서비스 품질을 고려한 네트워크 DEA 모형

전통적인 DEA 모형은 기본적으로 다수의 투입물과 산출물로 이루어진 상대적 효율성 측정방법이다. 따라서 중간생산물이나 투입물과 산출물 사이에 연결활동을 간과하는 한계점을 갖는다 (Kaoru Tone and Miki Tsutsui, 2009). 이러한 단점을 보완하고자 고안된 응용 DEA 모형이 네트워크 DEA 이다.

최강화 (2016)는 2012 년도부터 2014 년까지의 미국 내 항공사들을 대상으로 항공 서비스 품질을 고려한 효율성을 측정하였다. 항공 산업은 대표적으로 고객 서비스 품질을 고려해야 하는 분야임에도 불구하고 기존의 연구들은 서비스 품질을 고려하지 않은 연구로 단편적인 특성을 보여주었다. 아울러 항공 산업에서 항공 서비스 품질을 고려하지 못한 경영성과 평가방법은 평가 상의 오류나 왜곡된 운영전략을 제시할 수 있다고 언급하였다. 해당 논문에서 유효좌석 마일수 (ASM: available-seat-mile)와 종업원수 (employees)를 투입변수로 사용하였고, 유효좌석 마일당 총수익 (RPM: revenue-per-mile)와 영업수익 (OR: Operating revenue)를 산출변수로 이용하였다. 중간매개물로는 항공 서비스품질 항목 중에서 비행 정시율 (OT)과 고객 불만 (CC)을 제시하였으며, 이는 고객이 인지하는 서비스품질과 직접적으로 영향관계를 가진다고 언급하였다.

김지훈 (2015)은 서비스 지수를 반영하여 국내 13 개 공항의 효율성을 분석하였다. 이전까지의 연구들은 대부분 여객수, 물동량 같은 정량적인 수치만을 고려하는 효율성 분석이 주를 이루었고, 고객만족과 같은 정성적

측면을 반영한 연구는 부족했다. 첫 번째 단계와 두 번째 단계를 연결해줄 중개변수로 공항의 운송활동에서 생기는 지연, 결항, 고객불만 제기수를 선정함으로써 자료포락분석 모든 단계의 효율성뿐만 아니라 서비스 품질을 고려한 부분적인 효율성까지 분석할 수 있는 통합모형을 구현하였다.

Tzu-Yu Lin and Sheng-Hsiung Chiu (2013)은 네트워크 DEA 프레임워크를 활용해 타이완 내 은행 운영에 있어서 성과를 평가하는 모델 수립을 목표로 연구를 수행하였다. 해당 연구에서 제시된 타이완 내 은행 운영성과에 대한 평가 프레임워크는 4 가지 주요한 차원 (production, corporate banking, consumer banking, profitability)으로 구분된다. Corporate and consumer banking 은 서비스 효율성으로 통합되고, 이는 경영진으로 하여금 업무의 성과를 향상시킬 수 있는 기회의 원천을 확인하게 함과 동시에 포괄적인 평가를 제공한다. 최종적으로 성과 평가를 위한 변수들은 production input (고정자산, 운영비용, 자본), intermediate inputs/outputs (예금, 대출, 채권회수율), profitability outputs (이자수익, 수수료수익, 총이익)과 같다.

Ling-Feng Hsieh and Li-Hung Lin (2010)은 타이완 내 국제 관광호텔의 효율성과 효과성을 분석하기 위한 모델을 구축하기 위해 네트워크 DEA 기법을 활용하였다. 호텔 내 서로 다른 생산 프로세스들을 평가함과 동시에 효율성, 효과성, 그리고 전체 성과 사이에 관계 역시 정의하였다. 투입변수로 accommodations costs (million NT\$), employees of the accommodations department (people), catering costs (million NT\$), employees of the catering department (people) 4 가지 변수를 채택하였고, 중간변수로는 rooms 와 catering floors (360 square feet)을 산출변수로는

revenue of the accommodations (million NT\$), revenue of the catering (million NT\$)을 선정하였다. 저자는 네트워크 DEA 기법의 결과에 기반해서 타이완 내 호텔산업의 전반적인 성과 향상의 방법을 제시하였다.

2.4 기존 연구와의 차별성

본 연구와 선행연구들과의 차별성은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 이전의 연구들은 대부분 전통적인 DEA 기법을 이용하여 투입 및 산출변수로 성과를 정량적으로 도출하고 개선해야 할 부분과 벤치마크의 대상을 제시하는데 그쳤다. 본 연구에서는 투입변수와 산출변수 이외에도 운송 산업에서 서비스 품질을 결정하는 주요 요소들을 중개변수 (Intermediate Variables)로 반영하여 효율성 분석을 시행하였다. 중간생산물을 배제한 전통적인 효율성 평가와 서비스 품질 요소를 고려한 네트워크 효율성 평가모형의 결과를 비교하고, 투입물 대비 산출의 단편적인 평가에서 나아가 서비스 품질을 고려한 다단계 효율성 구조로 나누어 각각의 효율성 비교를 통해 의사결정단위와 하부산업군 사이에 포괄적인 지침을 제시할 수 있다는 점에서 본 연구는 이전의 연구들과 차별화된다.

둘째, 다수의 선행 연구들은 전통적인 DEA 기법을 이용하여 한 시점에서 의사결정단위들 (Decision Making Units) 사이에 효율성을 평가하는데 그쳤다. 이러한 분석 방법은 갑작스러운 환경의 변화나 예기치 않은 상황이 전개될 때 평소와는 전혀 다른 결과가 도출하게 된다. 따라서

이를 보완하기 위해서는 효율성에 대한 시계열관점에서의 연구가 필요하다. 본 연구는 운송산업에 속한 기업들의 2012 년도부터 2015 년도까지의 데이터로 도출된 네트워크 DEA-SBM 효율성과 DEA Window 모형을 통하여 산업별 혹은 기업별 효율성 변화 추이를 살펴보고 나아가 변동의 안정성과 변동성의 원인을 분석하였다. 두 가지 제시한 선행연구들과의 차별성을 통해 국내 운송산업에 속한 기업들에게는 보다 깊이 있는 정보를 제공할 수 있고, 동시에 이들의 기업 경쟁력을 제고할 수 있는 바탕을 마련한다는 점에서 의미 있는 연구가 될 것이다.

제 3 장 연구 방법론

본 연구는 총 5 단계로 진행된다. 우선, 본 연구는 Network DEA-SBM 기법을 활용한다. 네트워크 DEA 기법 (Network DEA)은 전통적인 자료포락분석 (Traditional DEA)을 바탕으로 중간산출물을 고려한 2 단계 분석모형이다. 따라서 네트워크 분석에 앞서 전통적인 DEA 기법에 대한 정의가 선행되어야 할 것이다. 그 다음으로 투입물과 산출물만 고려하는 기존의 1 단계 프로세스에서 중간생산물을 추가적으로 고려하는 2 단계 네트워크 DEA 모형을 소개하겠다. 아울러 본 연구의 목표는 운송 서비스 산업에 속한 기업들의 상대적 효율성을 평가하고 개선방향을 제시하는데 있다. 본 연구에서는 9 차 한국표준산업분류표와 한국표준협회의 자료를 참고하여 운송 서비스 산업을 구성하는 하부산업들을 선정하고, 각 산업에 종사하는 대표적인 기업들을 2 단계 네트워크 분석을 위한 의사결정단위 (Decision Making Units)로 채택하겠다. 다음으로는 구체적인 효율성 분석을 위한 자료를 수집할 것이다. 앞서 2 장에서 문헌조사를 통해 살펴본 투입변수 (Input Variables), 중개변수 (Intermediate Variables), 그리고 산출변수 (Output Variables)를 활용하여 본 연구에서 사용될 각 변수들을 정의하고 기업들의 공시자료를 통해 자료를 구하도록 하겠다. 다음은 Network DEA 분석에 앞서 선정된 변수들로 네트워크 DEA 연구모형을 설정하겠다. 이로써 본 연구의 취지를 보다 일목요연하게 보여주고 기존의 연구와 어떻게 차별화되는지 파악할 수 있다. 네 번째 단계는 앞서 수집된 자료를 적용할 네트워크 자료포락분석 (Network DEA)을 시행하도록

하겠다. 중간생산물을 고려한 네트워크의 결과값을 분석하여 전통적인 DEA (Traditional DEA) 기법과 비교분석을 수행하고, 산출된 단계별 효율성으로 산업별, 기업별 가이드라인 (Guidelines)을 제공할 것이다. 마지막으로 시계열 (Time Series) 관점에서 동태적인 변화를 고려하는데 기존의 DEA 기법은 한계점을 갖는다. 따라서 DEA Window 모형을 활용하여 의사결정단위들의 효율성 변화추이나 효율성 변동의 안정성과 변동의 원인들을 살펴보겠다. 본 연구의 흐름을 도식화하면 <그림 3-1>과 같다.

<그림 3-1> Research Process



3.1 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis)

3.1.1 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis)의 개요

자료포락분석 (Data Envelopment Analysis)은 선형계획법에 기반하여 한 그룹 내에 속해있는 의사결정단위들 사이에 상대적 효율성을 측정하기 위한 비모수적 접근방법이다 (Kim and Kim, 2016). 즉, 자료포락분석은 투입변수와 산출변수간에 사전적인 함수관계에 대한 가정이 필요하지 않고 이를 모델링 할 수 있다. 일반적으로 DEA 기법은 다수의 투입물과 산출물을 이용하여 효율적 프론티어를 도출한 후 의사결정단위 (Decision Making Units)들이 효율적 프론티어로부터 얼마나 떨어져 있는지를 측정한다. 이 과정에서 효율적 프론티어에 놓인 Best Practice Units 는 비효율적인 의사결정단위에게 실현 가능한 목표치를 제시하며 참조의 대상으로서 비효율의 정도와 개선방향을 제시한다. DEA 는 의사결정단위 사이에 효율성을 평가하는 간편한 방법으로서 다음의 몇 가지 장점을 가진다. 첫째, DEA 는 투입변수와 산출변수 사이에 관계에 대해서 엄격한 가정을 요구하지 않는다. 둘째, DEA 는 수집된 자료의 수정작업이 필요하지 않고 공공조직, 기업 전략의 결정 등 다양한 상황에 적용 가능하다 (이규석, 2016). DEA 는 Charnes, Cooper, and Rhodes (1978)에 의해 처음으로 고안된 이래로 그 활용이 지속적으로 확장되어 two-stage DEA, Network DEA, Bootstrapping DEA 등 다양한 모형이 존재하며 대부분의 모형은 CCR 및 BCC 모형을 변형한 논리에서 나타나고 있기 때문에 이 두 모형을 중심으로 설명한다.

3.1.2 DEA CCR과 BCC 모형

DEA 모형의 기본적인 모형이자 본 연구의 이론적 바탕이 될 CCR 모형과 BCC 모형을 정의하기에 앞서 기술적 효율성 (Technical Efficiency)의 개념부터 짚고 넘어가도록 하겠다. 기술적 효율성은 사전적 의미로 생산단위가 생산과정 중에 달성할 수 있는 기술 수준의 정도를 의미한다. 기술적 효율성은 투입지향모형 (Input-oriented Model)과 산출지향모형 (Output-oriented Model) 2 가지 다른 관점에서 측정될 수 있다. 일반적으로 산출지향모형의 기술적 효율성은 주어진 투입수준에서 산출수준의 최대화로 측정되는 반면에, 투입지향모형의 기술적 효율성은 주어진 산출수준에서 투입물의 최소화의 정도로 측정된다 (Farrell, 1957). 더불어 기술적 효율성은 산출/투입 수준의 비율로 정의된다. 기술적 효율성에서 정의하는 비율은 투입물과 산출물의 수가 하나씩인 경우 쉽게 계산이 가능하다. 하지만, 현실적으로 의사결정단위의 효율성을 측정하는데 투입물과 산출물의 수는 하나 이상인 경우가 많고 투입물과 산출물이 다수로 효율성이 측정되는 경우에는 각 투입 및 산출 요소에 일정량의 가중치가 붙어 계산의 복잡성을 증가시킨다. 따라서 다수의 산출물 및 투입물이 존재하는 상황에서는 가중산출/가중투입의 비율로 기술적 효율성이 계산되고, 이는 지수를 반영한 기술적 효율성으로 정의된다 (Cheng G., 2014). p 개의 투입요소와 q 개의 산출요소가 있다고 가정할 경우 가중투입과 가중산출을 다음의 식 (1), (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$v = v_1x_1 + v_2x_2 + \dots + v_px_p \quad (1)$$

$$u = u_1y_1 + u_2y_2 + \dots + u_qy_q \quad (2)$$

CCR 모형은 Charnes, Cooper, Rhodes (1978)가 제안한 DEA 모형의 효시로 의사결정단위들의 효율성은 투입변수의 가중합계에 대한 산출변수의 가중합 비율로 구해진다. 비율은 1 을 초과할 수 없고 역으로 0 미만의 값은 가질 수 없는 제약조건 하에서 각 의사결정단위의 효율성을 최대화시키고자 하는 분수계획모형이다. CCR 모형은 규모수익 (Returns to Scale)이 일정한 규모수익불변 (Constant Returns to Scale)을 가정한다. 규모수익불변은 모든 투입물의 단위증가에 따라 산출물도 비례적으로 증가하는 경우를 일컫는다 (박만희, 2008). 예를 들어 공장에서 근로자의 수와 기계설비의 수를 3 배로 늘릴 경우 그에 따른 생산물이 비례 증가하여 3 배로 산출될 경우를 규모수익불변이라고 간주할 수 있다. Charnes, Cooper, Rhodes 는 위 의사결정단위의 효율성을 구하기 위한 투입지향 CCR 모형 (Input-oriented CCR)의 산식과 제약조건을 식(3)과 같이 수리적으로 표현했다.

$$\max h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

Subject to: $\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, \dots, n, \quad (3)$

$$v_r, u_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

$u_r = r$ 번째 산출물에 대한 가중치, $y_{r0} = DMU_0$ 의 r 번째 산출물

$v_i = i$ 번째 투입물에 대한 가중치, $x_{i0} = DMU_0$ 의 i 번째 투입물

여기서, y_{rj} , x_{ij} 역시 모두 양수로 각각 DMU_j 의 r 번째 산출물과 i 번째 투입물을 의미한다. 식(3) 제약조건 $v_r, u_i \geq 0$ 부등식의 v_r, u_i 값은 향후 해당 문제의 결과에 따라 결정된다. 하지만 위 주어진 식은 목적함수가 비선형 (Nonlinear), 제약조건이 비볼록 (Nonconvex)인 특성을 갖는다.

실제 현실의 많은 문제들의 목적함수가 비선형 함수로 표현되는 경우가 많지만, 목적함수가 비선형일 경우에 문제의 해를 도출하는데 비교적 간단한 문제일지라도 최적해를 구하는 일이 복잡해진다. 아울러 선형 문제의 경우 최적해는 직선들의 교차점에서 해가 존재하기 때문에 최적해의 수가 아무리 많더라도 유한하다. 반면에 비선형 문제의 경우에는 최적해가 교점에 있지 않을 수도 있으며 이는 고려해야 하는 해가 무한할 수도 있다. 따라서 위 초기 분수계획 CCR 모형을 선형계획모형으로 다음의 식(4)와 같이 변환한다.

$$\max h_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

$$\text{Subject to: } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0; \quad j = 1, \dots, n, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$v_r, u_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

하지만 위 선형계획모형에서 DMU의 수가 충분히 많아지면 그에 따라 제약조건 식의 수도 같이 증가하게 된다. 이는 선형계획모형의 해를 도출하는데 어려움을 준다. 따라서 쌍대문제로 변형하여 제약조건 식의 수를 투입물의 수 (m)와 산출물의 수 (s)의 합으로 보다 경제적인 적용이 가능하다.

앞서 설명한 CCR 모형은 규모에 대한 수익불변 (CRS: Constant Returns to Scale)을 가정한 모형이다. 이는 모든 DMU들이 규모 면에서 최적인 경우에 적합하며, 투입물에 대한 산출물의 증가분이 비례적이어야

한다. 그러나 다수의 경우에 그렇지 못한 것이 현실이고 대상의 규모는 효율성 평가에 직접적인 영향을 끼치는 경우가 많다. 규모에 따라 규모의 경제나 비경제가 발생하는 것은 현실적으로 충분히 가정할 수 있는 부분이고 상이한 규모의 단위를 동일한 잣대로 비교하는 것은 공정하지 않을 수도 있다 (김건위, 2005). 이러한 현실적인 상황을 고려하여 Banker, Charnes, and Cooper (1984)는 규모수익가변 (VRS)을 가정한 BBC 모형을 제안하였다.

BCC 모형 또한 CCR 모형과 분수계획법부터 선형계획법까지 유사한 논리의 흐름으로 전개된다. BCC 모형과 CCR 모형의 두드러진 차이점은 선형계획법에서 부호제약을 받지 않는 규모지수를 도입하는 것이며, 주어진 규모지수는 규모에 대한 수익효과를 파악하는데 활용된다. 이를 분수계획법형태로 표현한 투입지향 BCC 모형 (Input-oriented BCC)은 식(5)와 같다.

$$\max h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

Subject to: $\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad (j = 1, \dots, n) \quad (5)$

$$v_r, u_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m$$

BCC 모형에서는 효율적 프론티어를 구성할 때 의사결정단위 사이에 선형결합을 가능하게 하도록 하는 볼록성 제약조건 ($\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$)을 추가한다. 해당 제약조건은 투영점 (Projection Point)과 평가 의사결정단위의 생산 규모를 동일한 수준으로 이르게 하며, 규모효율적인

점과 원점을 사이를 연결하는 직선을 허용하지 않는다 (Cheng G, 2014; 박만희, 2008). BCC 모형의 쌍대모형은 다음의 식(6)과 같다.

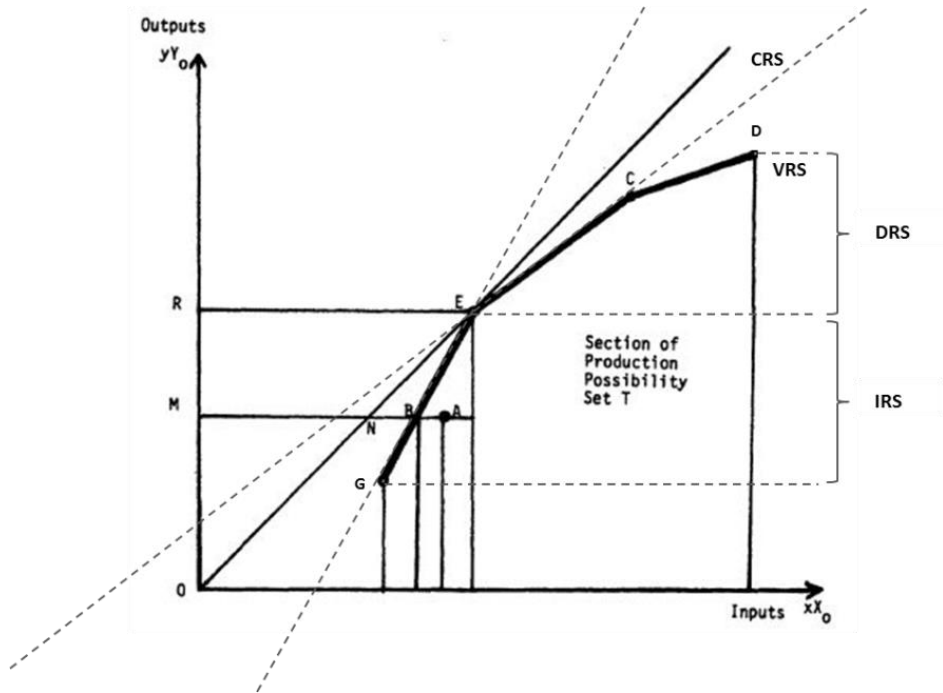
$$\begin{aligned} & \min \theta \\ & \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ik} \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq y_{rk} \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \end{aligned}$$

$$\lambda \geq 0; i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, s; j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

앞서 제시된 볼록성 제약조건은 규모수익불변을 가정한 CCR 모형에서는 고려되지 않는다. 이는 최적의 단위의 규모와는 상관없이 벤치마킹의 대상으로 고려할 것으로 풀이된다. 이러한 규모수익불변을 가정한 CCR 모형의 단점을 극복하고자 BCC 모형에서는 볼록성 제약조건을 추가해 규모수익가변 (Variable Returns to Scale) 상황을 고려하였다.

구체적으로 BCC 모형과 CCR 모형 사이에 차이점을 Banker, Charnes, and Cooper (1984)가 제시한 <그림 3-2>를 통해 살펴보도록 하겠다.

〈그림 3-2〉 Technical Efficiency and Scale Efficiency



〈그림 3-2〉에서 살펴볼 수 있듯이 규모수익불변과 규모수익가변 가정은 상이한 그래프를 그린다. 규모수익불변 (CRS) 직선의 경우 원점부터 규모효율적인 점을 연결한 무한한 직선을 나타내고, 규모수익가변 (VRS)의 경우에는 투입량에 따라 산출량의 비율이 달라지는 것을 볼 수 있다. 규모수익불변을 가정한 CCR 모형에서 점 A 의 기술적 효율성은 앞서 설명했던 사전적 정의에 따라 $\frac{MN}{MA}$ 으로 표현이 된다. 하지만 이는 모든 의사결정단위들이 최적의 규모로 운영되지 못하는 상황에서는 규모수익불변 모형은 기술적 효율성과 규모 효율성 (Scale Efficiency) 사이에 혼동이 발생할 수 있다. 규모수익가변 (VRS) 모형을 이용하면 규모 효율성을 제외한 순수 기술 효율성 (Pure Technical Efficiency)을 도출할 수 있다

(박만희, 2008). VRS 모형에서 기술적 효율성은 규모수익불변에서 정의한 바와 동일하며 이는 순수 기술적 효율성과 규모 효율성으로 구분할 수 있다. 위 그래프에서 규모수익불변 기술적 효율성은 $\frac{MN}{MA}$ 로 표현된다고 언급하였다. 이를 VRS 모형에서 차용하여 순수 기술적 효율성과 규모 효율성으로 구분하면 각각 $\frac{MB}{MA}$, $\frac{MN}{MB}$ 으로 나누어 이해할 수 있다. 순수 기술적 효율성과 규모 효율성의 곱은 다시 기술적 효율성으로 표현할 수 있고, 이를 공식화하면 $TE = PTE \times SE$ 와 같다. 즉, 구하는 값에 따라 3 가지 다른 식을 조합할 수 있다.

DEA 모형에서 규모수익 (Returns to Scale)은 CCR 모형과 BCC 모형의 그래프 개형을 결정한다. <그림 3-2>에서 CCR 모형은 CRS 를 가정하므로 언급한 바와 같이 원점과 규모효율적인 점을 연결한 직선 형태를 나타낸다. BCC 모형에서 VRS 를 가정하면 규모수익체증 (Increasing Returns to Scale)과 규모수익불변 (Constant Returns to Scale) 그리고 규모수익체감 (Decreasing Returns to Scale) 3 가지 구간으로 구분되어 <그림 3-2>에서 점 G 부터 점 D 까지의 프론티어를 그린다. <그림 3-2>의 VRS 모형에서 GE 직선은 IRS 구간에 속하고 점 E 만 CRS 구간에 속한다. 나머지 E 부터 D 까지의 볼록 곡선 (Convex Curve)은 투입물의 양이 증가할수록 산출물은 비례 증가에 미치지 못하는 DRS 구간에 속한다. 이처럼 규모에 대한 수익은 VRS 가정하에서 여러 형태로 나타난다.

요컨대, DEA 기본모형은 크게 CCR 모형과 규모 효과를 고려한 BCC 모형으로 나뉘고 각각 규모수익불변 (CRS)과 규모수익가변 (VRS)을 가정한다. 규모수익불변을 가정한 CCR 모형은 의사결정단위 (DMUs) 사이에 효율성을 비교할 때 투입대비 산출의 비율인 기술적 효율성을

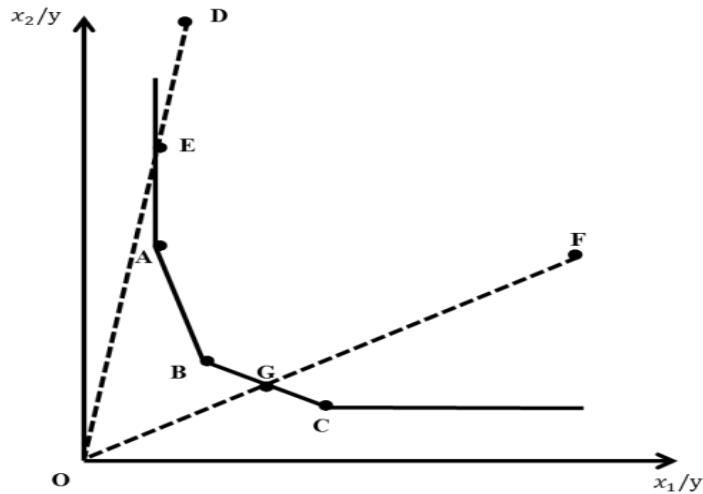
고려하고, 효율적인 의사결정단위와 비율상 수치가 동일할 경우 해당 의사결정단위는 효율적이라고 간주한다. 즉, 이는 모든 의사결정단위가 최적의 규모로 운영될 때 효과적인 방법이다. 하지만 규모수익불변 (CRS) 가정은 보통 성립하지 않는 경우가 많고 현실을 충분히 반영하지 못하기 때문에 효과적인 분석을 이끌지 못한다. 이러한 CRS 가정의 단점을 개선한 방법으로 Banker, Charnes, and Cooper (1984)는 규모수익가변 (VRS) 모형을 제시한다. 규모수익가변 모형에서 정의하는 기술적 효율성은 순수 기술적 효율성과 규모 효율성으로 구분할 수 있다. 따라서 CCR 모형과 BCC 모형에서 동일한 자료를 이용해 효율성을 분석할 경우 다른 값을 도출할 수 있고 이는 의사결정변수 사이에 규모의 효율성을 고려한 데서 비롯된 결과이다. 따라서 의사결정변수들간에 규모가 상이하고 최적규모로 운영되지 않을 때 규모수익가변을 가정한 BCC 모형은 반드시 고려되어야 한다.

3.1.3 DEA-SBM 모형

앞서 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis)의 기본적인 두 가지 모형에 대해서 살펴보았다. CCR, BCC 모형은 의사결정변수들간에 상대적 효율성 분석을 통해 Best Practice Units 과 그렇지 않은 집단을 구분한다. CCR 모형과 BCC 모형으로 나타난 가장 효율적인 집단의 효율성은 1 로 동일하게 측정되고, 비효율적으로 평가된 의사결정변수들은 효율적인 프론티어에 이르기 위해서 투입 및 산출변수의 비례적 개선이 필수적이다. 따라서 비효율적인 의사결정변수들이 투입 및 산출량을 개선해나가며

원점을 향해 방사적으로 이동한다. 이를 두고 방사적 모형 (Radial Model)이라 일컬으며 DEA 의 기본모형인 CCR, BCC 모형이 이에 속한다. 하지만 투입량 및 산출량으로 비교해보았을 때 방사형 모형 내 효율적으로 평가된 의사결정변수들이 모두 동일하게 1 의 효율성을 갖는 것은 효율성에 대해 충분한 정보를 제공하지 못한다는 것을 의미한다. <그림 3-3>을 통해 구체적인 논의를 진행하겠다.

<그림 3-3> 투입지향 DEA (Input-oriented DEA) 모형



위 <그림 3-3>은 2 개의 투입물 x_1 과 x_2 와 1 개의 산출물 y 을 가진 규모수익불변 투입지향모형 (CRS Input-oriented model)을 도식화한 그래프이다. <그림 3-3>을 통해 같은 효율적 프론티어에 놓여있는 점일지라도 투입 및 산출량 관점에서 살펴볼 때 차이가 있다는 것을 살펴볼 수 있다. CCR 과 BCC 모형에서 점 D 와 점 F 의 효율성은 각각 $\frac{OE}{OD}$, $\frac{OG}{OF}$ 로 구해진다. 여기서 비효율적인 의사결정변수 D 는 비례적인 개선을 통해

점 E 로 이동하여 효율적 프론티어에 위치하게 된다. CCR 모형과 BCC 모형에서 전제하고 있는 비례적 개선이다. 하지만 같은 효율적 프론티어에 위치한 점 A 와 비교하면 점 E 는 최적의 조합이 아니라는 것을 알 수 있다. 점 E 는 점 A 보다 동일한 효율적 프론티어에 위치하더라도 명백하게 투입량이 많다는 것을 알 수 있다. 점 E 와 점 A 사이에 존재하는 투입물의 과사용분을 비방사적 슬랙 (Non-radial Slacks)으로 정의하며, DEA-SBM (Data Envelopment Analysis Slack-based Measures)은 투입물의 과사용분, 즉 비방사적 슬랙들을 고려하여 상대적 효율성을 측정한다 (박종욱, 2015). <그림 3-3>에서 효율적 프론티어에 놓인 점 5 개 가운데 점 A, B, C 는 모두 비방사적 슬랙과 방사적 슬랙이 모두 0 이다. Koopmans (1951)의 효율성에 따르면 효율적 프론티어 상에 위치하고 위 점 A, B, C 와 같이 비방사적 슬랙 및 방사적 슬랙이 모두 0 일 때 기술적으로 효율적이다 (유금록, 2009). 따라서 기존의 DEA 모형이 가지고 있던 효율성 왜곡현상을 DEA-SBM 모형을 사용함으로써 어느 정도 극복할 수 있다. DEA-SBM 모형을 산식으로 나타내면 다음의 식(7)과 같다.

$$(DEA-SBM) \theta^{t*} = \min \frac{\left(\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{x_m^t - s_m^-}{x_m^t} \right)}{\left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{y_n^t + s_n^+}{y_n^t} \right)} \quad (7)$$

$$\text{s.t. } X_m^t = \sum_{j=1}^J X_m^j \lambda_j + s_m^-, \quad (m = 1, 2, \dots, M), \quad Y_n^t = \sum_{j=1}^J Y_n^j \lambda_j - s_n^+, \quad (n = 1, 2, \dots, N), \quad \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1$$

$$\text{and } \lambda_j \geq 0, (j = 1, 2, \dots, J), \quad S_m^- \geq 0, (m = 1, 2, \dots, M) \quad S_n^+ \geq 0, (n = 1, 2, \dots, N)$$

위 식(7) DEA-SBM 모형 θ^{t*} 의 최대값은 CCR, BBC 모형에서와 마찬가지로 0 과 1 사이의 효율성 점수를 가지며 1 에 가까울수록 효율적으로 평가된다. 하지만 DEA-SBM 모형에서의 효율성 점수 1 과 CCR, BBC 모형에서의 효율성 점수 1 은 다소 상이하다. DEA-SBM

모형에서 효율적 프론티어에 놓인 효율성 1 을 갖는 집단은 비방사적 슬랙 (Non-radial Slacks)과 방사적 슬랙 (Radial Slacks)이 모두 0 인 집단인 반면에, CCR, BCC 모형에서 효율성 1 을 갖는 집단은 비방사형 슬랙은 고려하지 않고 방사형 슬랙만 0 을 갖는다. 따라서 DMU_j 의 DEA-SBM 효율성이 1 인 경우는 CCR, BCC 모형에서 역시 DMU_j 는 효율성 점수 1 을 갖는다. 하지만 반대의 경우는 성립하지 않는다. 이는 DEA-SBM 모형에서 의사결정단위간에 효율성을 평가할 때 추가로 비방사적 슬랙을 반영하는 데서 기인하며, DEA-SBM 모형은 기본적인 선형모형보다 효율성 평가에 있어 상대적으로 더 보수적인 입장을 취하고 있다. 아울러 위 같은 DEA-SBM 모형의 장점 하에 투입량 및 산출량의 증가와 감소분을 구체적으로 알 수 있어 기존의 모형보다 효과적 접근이 가능하다.

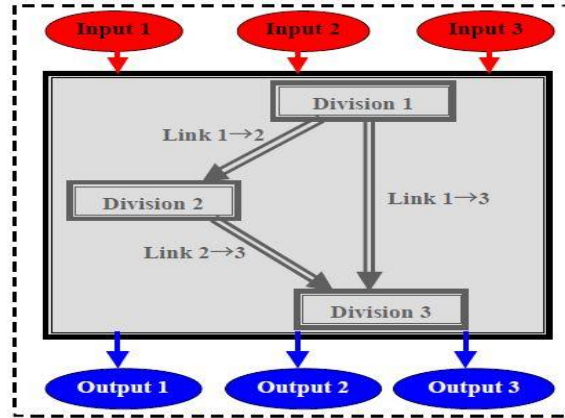
3.1.4 Network DEA 모형

앞서 3.1.2 절과 3.1.3 절에서 살펴본 모형은 다수의 투입변수와 산출변수를 고려한 단일단계(Single Stage)로 구성된 DEA 모형이었다. 이 방법은 투입변수와 산출변수를 고려하여 의사결정단위들 사이에 상대적 효율성을 도출해내고 조직간 효율성을 비교할 때 효과적인 방법이다. 그러나 의사결정단위들이 투입과 산출의 단순한 관계가 아닌 여러 차원의 활동들을 동시에 관여하는 경우가 발생한다. 결과적으로 상황에 따라 각각의 활동들에 대한 성과를 일괄적으로 측정해야 할 필요성이 생긴다.

Rolf Färe and Shawna Grosskopf (1996)은 “Black Box” inputs and final output models 의 개념을 언급하면서 중간 생산을 포함한 네트워크가

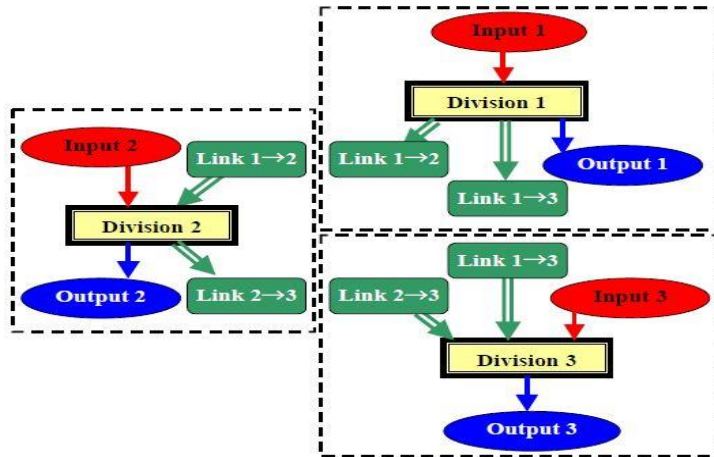
투입물을 다양한 노드 (nodes)에 최적으로 분배될 수 있도록 효율성 문제를 부분적으로 해결할 수 있음을 제시하였다. 여기서 Black Box 란 다음의 <그림 3-4>에서처럼 여러 차원들 (Divisions)을 다수의 투입 및 산출물을 활용한 하나의 묶음으로 통합한 것을 의미한다. 그러나 이러한 접근방법은 Black Box 내부의 연결 활동 (Linking Activities)에 대한 정보를 제공하지 못하고, 구체적인 차원들의 비효율성이 조직 전체에 미치는 영향을 평가할 수 없는 단점을 가진다 (Kaoru Tone and Miki Tsutsui, 2009). 결론적으로 내부 연결 활동들과 연결활동을 관장하는 각 하위 요소들에 대한 정보는 모든 생산과정을 네트워크 형태로 바라볼 수 있게 하고 이는 의사결정변수들이 최적의 조합을 찾는 데 도움이 된다. 이러한 배경하에서 다단계 차원에 대한 효율성을 포함한 네트워크 자료포락분석 (Network DEA) 모형이 Rolf Färe and Shawna Grosskopf (1991, 2000)에 의해 소개되었다.

〈그림 3-4〉 Black Box 모형 [출처: Kaoru Tone and Miki Tsutsui, 2009]



네트워크 DEA 모형은 전통적인 DEA 기법과 마찬가지로 투입 및 산출 지향 모형으로 구분된다. 네트워크 DEA 모형이 도입된 이래로 여러 산업을 대상으로 투입지향 및 산출지향 네트워크 DEA 연구를 수행하였다 (Prieto and Zofio, 2006; Herbert F. Lewis and Thomas R. Sexton, 2004). 하지만 3.1.3 절에서도 살펴보았듯이 투입변수와 산출변수의 감소나 증가가 비례적이지 않을 때를 반영하는 즉, 다시 말해 비방사적 변동을 감안하는 효율성을 측정하기 위해서는 SBM (Slacks-based Measure)이 적합하다. Kaoru Tone and Miki Tsutsui (2009)는 VRS 가정하에서 전력회사의 예시를 통해 투입지향 SBM Black Box 모형과 Separation 모형의 비교분석을 실시하였다. 여기서 Separation 모형은 위 〈그림 3-4〉에서 내부의 차원들의 효율성을 평가하기 위해서 고안된 모형으로 〈그림 3-5〉와 같다.

〈그림 3-5〉 Separation 모형 [출처: Kaoru Tone and Miki Tsutsui, 2009]



Black Box 와 Separation 모형의 효율성 사이에 두드러진 상관관계는 발견되지 않았고, 이는 내부 연결 활동들이 Black Box 모형에서 관심에 대상은 아니었기 때문에 자연스러운 결과이다. 전반적으로 Black Box 모형의 효율성 점수가 Separation 모형보다는 높게 나왔는데, 이는 고려하는 투입 변수의 수가 두 모형간에 차이가 있기 때문이다. 종합적으로 볼 때 Separation 모형이 변별력 성과에 있어서 Black Box 모형보다 월등함을 밝혔다. Sebastián Lozano and Ester Gutiérrez (2014)는 SBM-NDEA 접근법을 항공산업의 효율성 평가에 적용하였다. 해당 연구에서는 생산 프로세스 (PP)와 판매 프로세스 (SP)에 대해 Non-oriented SBM 효율성 점수를 획득하여 전통적인 단일 프로세스 모형 (Single-Process Model)의 점수와 비교하였다. 평가 대상 DMU 들은 PP, SP 모두 효율적인 그룹과 한쪽 프로세스만 효율적인 그룹 그리고 양쪽 (PP, SP) 모두 효율적이지 않은

집단으로 구분할 수 있었고, 비효율적인 집단에게는 잠재적으로 개선방향을 제시하는 투입 및 산출변수의 슬랙 (Slacks) 역시 제공되었다. 아울러 효율성을 높이기 위하여 중간 생산물에 있어서도 일부 변화를 요구하였다. 방법론적인 관점에서 살펴볼 때 네트워크 DEA 접근방법은 전통적인 단일 프로세스 모형과 비교해서 전체 시스템에 대한 보다 실현 가능한 추정을 가능하게 하고, 동시에 전체 시스템만이 아닌 각각의 다른 프로세스들의 효율성 점수도 고려하는 이유에서 높은 변별력을 갖는다. 언급한 두 연구 이외에도 다양한 산업을 대상으로 SBM-NDEA 를 적용한 연구가 계속되고 있다 (은행: Avkiran, 2009; 공항: Yu, 2010). 나아가 J.A. Sharp, W. Meng and W. Liu (2007) 는 외부성(Externalities)을 고려하여 오염물질 (Pollutants), 불만족 주문 (Undesirable orders) 등과 같은 Negative Inputs and Outputs 있는 시스템에서 MSBM (Modified Slacks-based Measure) 모형의 적용 가능성을 다루었다. 네트워크가 도입된 배경과 선행연구를 바탕으로 네트워크 DEA 방법은 중간 생산물을 가정하는 상황에서 전통적인 DEA 기법보다 효과적이며 보다 심도 있는 개선책을 제시한다.

다음 식(8)은 투입 및 산출 슬랙 (Slacks)을 모두 다루는 Non-oriented 네트워크 DEA 의 효율성을 구하는 계산식이다 (Kaoru Tone and Miki Tsutsui, 2009). Kaoru Tone and Miki Tsutsui (2009)가 제시한 Non-oriented 네트워크 DEA 차원의 효율성, Input-oriented 그리고 Output-oriented 차원의 효율성은 각각 식 (9), 식 (10), 식 (11)과 같이 구해진다.

$$\rho_o^* = \min \frac{\sum_{k=1}^K w^k \left[1 - \frac{1}{m_k} \left\{ \sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_{io}^{k-}}{x_{io}^k} \right\} \right]}{\sum_{k=1}^K w^k \left[1 + \frac{1}{r_k} \left\{ \sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_{ro}^{k+}}{y_{ro}^k} \right\} \right]} \quad (8)$$

With $\sum_{k=1}^K w^k = 1, w^k \geq 0 (\forall k)$

s.t. $x_o^k = X^k \lambda^k + s_o^{k-}$ ($k = 1, \dots, K$)

$y_o^k = Y^k \lambda^k - s_o^{k+}$ ($k = 1, \dots, K$)

$e \lambda^k = 1$ ($k = 1, \dots, K$), $\lambda^k \geq 0, s_o^{k-} \geq 0, s_o^{k+} \geq 0, (\forall k)$

where $X^k = (x_1^k, \dots, x_n^k) \in R^{m_k \times n}$, $Y^k = (y_1^k, \dots, y_n^k) \in R^{r_k \times n}$

and fixed linking constraints or free linking constraints added

(a) Fixed link: $z_o^{(k,h)} = Z^{(k,h)} \lambda^k$ ($\forall (k, h)$), $z_o^{(k,h)} = Z^{(k,h)} \lambda^k$ ($\forall (k, h)$)

(b) Free link: $Z^{(k,h)} \lambda^k = z_o^{(k,h)}$ ($\forall (k, h)$), where $Z^{(k,h)} = (z_1^{(k,h)}, \dots, z_n^{(k,h)}) \in R^{t(k,h) \times n}$

n : # of DMUs, K : # of divisions, m_k : # of inputs to division k , r_k : # of outputs from division k (#: \rightarrow)

i. Non-oriented divisional efficiency

$$\rho_k = \frac{\left[1 - \frac{1}{m_k} \left\{ \sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_{io}^{k-}}{x_{io}^k} \right\} \right]}{\left[1 + \frac{1}{r_k} \left\{ \sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_{ro}^{k+}}{y_{ro}^k} \right\} \right]} \quad (k=1 \dots K) \quad (9)$$

ii. Input-oriented divisional efficiency

$$\theta_k = 1 - \frac{1}{m_k} \left\{ \sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_{io}^{k-}}{x_{io}^k} \right\} \quad (k=1 \dots K) \quad (10)$$

iii. Output-oriented divisional efficiency

$$\tau_k = \frac{1}{\left[1 + \frac{1}{r_k} \left\{ \sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_{ro}^{k+}}{y_{ro}^k} \right\} \right]} \quad (k = 1, \dots, K) \quad (11)$$

식(8)의 ρ_o^* 는 DMU_o 의 무방향 종합 효율성 (non-oriented overall efficiency)을 나타내며, 종합 효율성 점수는 각 차원의 효율성점수의 가중합계를 평균한 것이다. 일반적으로 투입과 산출의 수가 차원마다 다르고 DEA 점수는 투입과 산출의 수에 영향을 받는다. 그러므로 차원간 효율성 점수를 비교할 때는 신중을 기해야 할 것이다.

3.2 평가대상 선정 및 자료 수집

자료포락분석 (Data Envelopment Analysis)은 평가대상이 되는 의사결정단위 (Decision Making Units) 사이에 상대적 효율성 분석을 위한 방법론으로 샘플을 결정하는 것이 연구의 출발점이다. 아울러 평가대상들의 효율성은 데이터 집합에 기반해 산출된다. 데이터 집합은 전통적인 DEA 의 경우 투입 및 산출 변수로 구성되며, 본 연구에서 활용할 네트워크 DEA 에서는 중개 변수(Intermediate Variables)를 포함한 3 단계 데이터 집합이 분석에 활용된다. 일반적으로 각각의 단계에 속하는 변수들은 복수로 구성되며 DMU 와의 관계 속에서 가장 합리적인 개수가 정해진다. DMU 와 투입 및 산출 변수의 수 사이에 합리적인 개수를 도출하는 규칙은 다음의 3 가지 연구가 대표적이다.

Banker et al. (1984)는 연구의 변별력을 높이기 위해서 의사결정단위의 개수가 투입 및 산출요소를 합한 숫자의 3 배 이상이 되어야 한다고 주장하였다. Boussofiane et al. (1991)는 의사결정단위의 수가 투입 및 산출 변수의 곱보다 2 배 이상이 되어야 가장 합리적임을 강조하였다.

Fitzsimmons (1994)의 경우는 DEA 연구를 위한 DMU의 수는 투입 변수와 산출 변수의 합이 2 배가 적절함을 언급하였다. 위 세 가지 다른 연구의 규칙을 본 연구에 대입하여 볼 때 Banker et al. (1984)의 기준이 요구하는 의사결정변수의 수가 최소 18 개로 비교적 보수적인 접근을 취하고 있어 해당 방법을 기준으로 선택하였다.

본 연구의 취지는 국내 운송서비스 산업에 속한 기업들의 네트워크 서비스 효율성을 평가하고 전통적인 DEA 와 비교분석을 통해 개선책을 제시하는데 있다. 따라서 9 차 표준산업분류와 한국표준협회가 제공하는 한국서비스품질지수를 참고하여 운송서비스 산업에 속한 21 개의 의사결정단위를 선정하였다. 본 연구의 분석을 위한 의사결정단위들을 요약하면 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> 효율성 분석을 위한 의사결정단위

산업 분류	기업명	DMU #	Cluster #
택배	씨제이대한통운(주)	DMU 1	Cluster 1
	현대로지스틱스(주)	DMU 2	Cluster 1
지하철	서울메트로	DMU 3	Cluster 2
	서울특별시 도시철도공사	DMU 4	Cluster 2
	한국철도공사	DMU 5	Cluster 2
	부산교통공사	DMU 6	Cluster 2
	대구도시철도공사	DMU 7	Cluster 2
	광주광역시도시철도공사	DMU 8	Cluster 2
고속버스	동양고속	DMU 9	Cluster 3
	중앙고속	DMU 10	Cluster 3
	금호고속	DMU 11	Cluster 3
렌터카	에이제이렌터카(주)	DMU 12	Cluster 4

여행사	(주)하나투어	DMU 13	Cluster 5
	(주)모두투어네트워크	DMU 14	Cluster 5
	롯데관광(주)	DMU 15	Cluster 5
	(주)레드캡투어	DMU 16	Cluster 5
항공사	(주)대한항공	DMU 17	Cluster 6
	아시아나항공(주)	DMU 18	Cluster 6
저비용항공사	(주)진에어	DMU 19	Cluster 7
	에어부산(주)	DMU 20	Cluster 7
	(주)제주항공	DMU 21	Cluster 7

〈표 3-1〉은 국내 운송 서비스 산업에 속한 21 개의 기업을 정리한 표이다. 운송서비스 산업에 속한 7 개의 다른 산업군 (택배, 지하철, 고속버스, 렌터카, 여행사, 항공사, 저비용항공사)과 그에 따른 하부 항목으로 21 개의 기업이 의사결정단위로 결정되었다. 위 산업분류는 9 차 표준산업분류와 한국표준협회에서 운수서비스로 구분되는 산업을 참고하였고, 서비스 품질 평가 자료를 확보할 수 있는 의사결정단위를 우선적으로 고려하였다.

투입 및 산출 변수는 운송 서비스 산업을 대상으로 진행한 선행연구에서 제공된 요소들 가운데 가장 빈도가 높은 순으로 결정하였다. 투입변수는 제 2 장의 〈표 2-2〉를 참고하여 종업원수 (Employees), 고정자산 (Fixed Asset), 운영비용 (Operating Expense)으로 선정하였고, 산출변수는 매출액과 당기순이익으로 결정하였다. 일반적으로 기업의 성과를 평가할 때 재무성과가 가장 많이 활용된다. 본 연구에서는 운송 서비스 산업을 아우르지 못하고 특정 산업의 특성을 나타내는 활주로 수 (Sarkis, 2000), 게이트 수 (Sarkis, 2000; Massoud and Bijan, 2003) 등의

비재무적인 성과는 제외하였다. Wen-Cheng LIN (2005)은 재무자료를 활용한 DEA 기법을 적용하여 타이완 내 해운산업간 상대적 효율성을 분석하였다. 해당 연구의 문헌조사에서는 항공, 운송, 철도산업에서의 기업의 위험성 예측, 성과평가 등 재무비율 (Financial Ratio)을 활용한 선행연구의 결과들을 요약함으로써 재무지표를 활용한 자료포락분석 적용의 타당성을 제공하였다. 이외에도 조직간의 효율성을 평가하기 위해 재무지표를 활용한 시도는 지속적으로 이루어지고 있다.

본 연구는 기본적인 DEA 모형에서 응용된 네트워크 DEA 모형을 활용한다. 네트워크 DEA 모형은 투입 및 산출변수 이외에도 효율성 분석을 위해 중간산출물이 필요하다. 앞서 제 2 장에서는 문헌연구로써 운송 서비스 산업에서의 서비스 품질 요소를 조사한 바 있다. 조사된 서비스 품질 요소들은 본 연구에서 의사결정단위들의 상대적 서비스 효율성을 평가하고 분석하는데 효과적으로 적용될 수 있다. 조사된 운송 산업에서 서비스 품질 요소들은 2 가지 기준으로 선정한다. 첫째, 다수의 연구에서 가장 빈번하게 다루어진 요소들은 중요도가 높다는 가정하에 빈도수가 높은 요소들을 우선적으로 고려하겠다. 둘째, 조사된 자료는 효율성 분석을 위해서 정량적 자료로 표현되어야 한다. 따라서 수치로 표현된 자료를 얻기 용이한 서비스 품질의 차원들을 고려하도록 하겠다. <표 3-2>는 서비스 품질을 결정하는 주요한 요소들의 빈도를 파악한 표이다.

〈표 3-2〉 운송 서비스 산업에서 서비스 품질 결정 요인

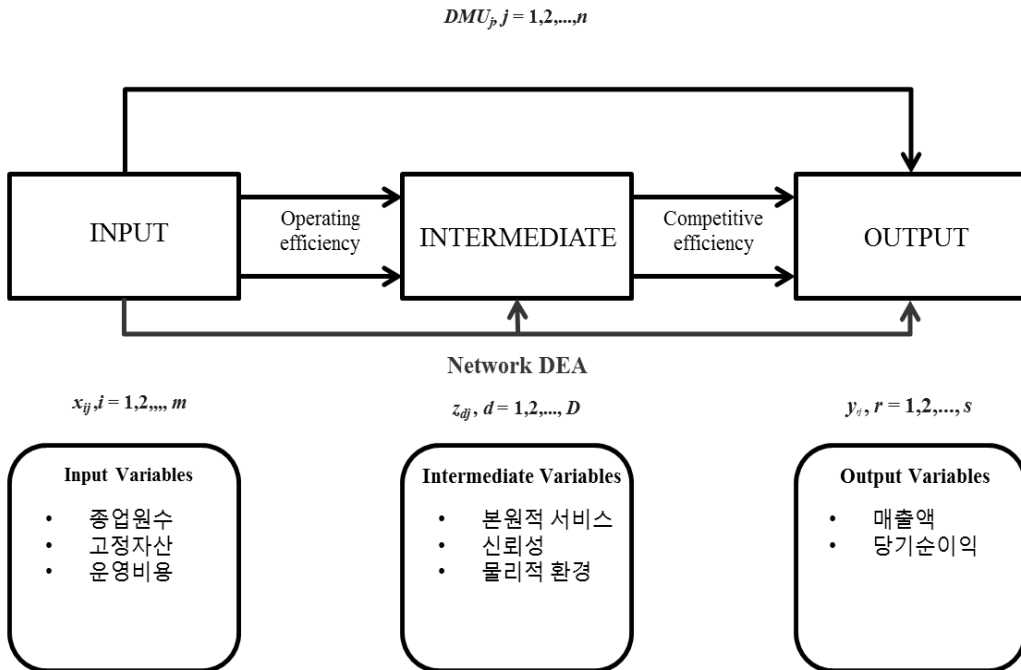
Intermediate Data	업종 /분야	본원적 서비스	예상외 부가 서비스	신뢰성	친절성	적극 지원성	접근 용이성	물리적 환경
Daugherty, Stank, and Ellinger (1998)	물류 서비스	✓		✓	✓	✓		
David A. Hensher, Peter Stopher and Philip Bullock (2001)	버스 운송	✓		✓		✓	✓	✓
John T. Mentzer, et al. (2001)	물류 서비스	✓		✓	✓			✓
Y.-H. Chang, C.-H. Yeh (2002)	항공 서비스	✓	✓	✓	✓			✓
Angel Mill (2003)	여행 서비스	✓		✓	✓			✓
Laura Caro et al. (2007)	운송 서비스	✓		✓				✓
Laura Caro et al. (2007)	여행 서비스	✓		✓	✓			✓
Laura Eboli and Gabriella Mazzulla (2007)	버스 운송	✓		✓		✓	✓	✓
Markus Felleson et al. (2008)	운송 서비스	✓			✓			✓
Doddy Hendra Wijaya (2009)	버스 운송	✓		✓	✓	✓		✓
Krishna K. Govender (2014)	대중 교통	✓		✓	✓	✓		✓
김웅진, 김종섭 (2013)	운송 서비스			✓	✓	✓		✓
합계		11	1	11	9	6	2	11

서비스 품질 요소는 <표 3-2>와 같이 총 7 가지 기준으로 조사되었다. 7 가지 기준은 한국표준협회가 제공하는 한국 서비스 품질 지수의 개발근거에 바탕을 둔다. 즉, Parasuraman, Zeithaml, and Berry (1988)의 SERVQUAL 모델과 Croinin and Taylor (1994)의 SERVPERP 의 성과 차원을 보완하여 서비스 품질 향상을 꾀하는 서로 다른 7 가지 차원을 본 연구의 요소선정기준으로 적용하였다. 총 12 개의 문헌조사를 통해 상위 3 가지 서비스 품질 결정요소 (본원적 서비스, 신뢰성, 물리적 환경)를 선정하였다. 여기서 본원적 서비스 (Primary Needs Fulfillment)란 한국표준협회의 정의에 따라 고객의 기본적인 욕구가 서비스를 통해 충족되는가를 평가한 요소이고, 신뢰성 (Reliability)은 문자 그대로 서비스 제공자에게 느끼는 신뢰감을 일컫는다. 여기서 신뢰감이란 서비스 제공자의 진실성과 정직성 그리고 서비스를 제공하기 위한 배경 지식과 기술의 보유를 말한다. 매체 유형성 (Media Tangibles)으로도 불리는 물리적 환경 (Physical Evidence)은 서비스 평가를 위한 외형적 단서를 말한다.

3.3 연구 모형

3.2 절에서는 본 연구의 평가대상인 의사결정단위와 DEA 기법에 적용될 변수들에 대해서 정의하였다. 위 3.2 절의 최종 평가대상과 변수선정을 반영한 네트워크 구조는 <그림 3-6>과 같다.

〈그림 3-6〉 국내 운송 서비스 기업의 네트워크 DEA 모형



〈그림 3-6〉은 본 연구에서 새로 조직된 네트워크 구조로 투입물, 산출물, 중간산출물로 구성되어 있다. 앞서 정의한 변수들은 네트워크 DEA에 적용되어 분석의 도구로 사용될 것이다. 본 연구의 네트워크 DEA 모형은 1 단계 네트워크의 산출물이 2 단계 네트워크의 투입물로 재투입되는 원리로 효율성을 평가한다. 따라서 1 단계 네트워크에서 투입변수는 종업원수, 고정자산, 운영비용이 될 것이며, 산출변수에는 본원적 서비스, 신뢰성, 물리적 환경이 위치한다. 2 단계 네트워크에서는 1 단계 네트워크에서 산출변수로 사용되었던 서비스 품질 점수가 투입물로 활용되고, 산출물은 매출액과 당기순이익으로 부분 효율성이 계산될 것이다.

네트워크 DEA는 투입변수와 산출변수 사이에 중개변수 (Intermediate

Variables)가 위치해 연결네트워크 구조를 형성한다. 즉, 선행연구 조사를 통해 살펴본 효과적 기업 운영을 위한 평가요인들이 높은 서비스 성과를 달성할 기초 투입요소로 적용되고, 이어서 수집된 서비스 품질 자료는 기업의 이익극대화를 위해 다시 투입된다. 네트워크 자료포락분석 모델은 기본적으로 전체 네트워크의 효율성을 달성 하기 위해 1 단계 네트워크의 효율성과 2 단계 네트워크 효율성을 연결하는 중간 변수의 최적량을 내부적으로 결정하며, 이는 전체 모형 최적화를 위한 중간생산물의 최적량은 내부적으로 결정됨을 의미한다 (최강화, 2016).

결국 <그림 3-6>처럼 투입물과 중간산출물이 1 단계 프로세스로 중간산출물에서 산출로 향하는 프로세스를 2 단계로 구분할 수 있고, 서비스 품질 요소들이 중개변수로 두 차원을 연결시켜주면서 각각의 차원에 대한 부분 효율성을 계산할 수 있다는 장점이 있다. 최강화 (2016)는 두 단계를 각각 운영 효율성 (Operating Efficiency)과 경쟁 효율성 (Competitive Efficiency)으로 문헌연구를 통해 명명하였다. 구체적인 변수는 다르게 정의했지만 해당연구 역시 서비스품질을 고려한 네트워크 DEA 구조를 다루고 있으며 네트워크 DEA 모형을 구성하는 변수 구조가 유사하기 때문에 본 연구에서도 동일한 명칭을 사용하도록 하겠다.

제 4 장 결과

4.1 효율성 분석 결과

본 연구는 운송 서비스 산업에 속한 기업들의 상대적 효율성을 분석하는 것뿐만 아니라 연도별 효율성의 변화추이와 변동성을 살펴보기 위해 2012 년도부터 2015 년도까지의 자료를 수집하였다. 투입변수 및 산출변수의 재무자료는 금융감독원 전자공시시스템 (dart.fss.or.kr)에서 해당년도 개별재무상태표를 참고하였고, 재무상태표에서 구할 수 없었던 연도별 종업원수 자료는 국내 최대의 기업정보제공 서비스인 Kisline 에 공시된 수치자료를 발췌하였다. 운송 서비스 산업 가운데 지하철 클러스터 (Cluster 2)에 속한 기업들의 경우 연도별 종업원수에 관한 일부 정보는 Kisline 에서 얻을 수 없어 공공데이터의 제공 및 이용활성화에 관한 법률에 따라 연도별 종업원수와 관련된 공공데이터를 요청하였다. 중개변수 (Intermediate Variables)로 선정된 본원적 서비스, 신뢰성, 물리적 환경에 대한 수치자료는 모두 한국표준협회에서 공시하는 9 가지 이종산업에 대한 평가자료를 기준으로 효율성 분석의 중간산출물로 추가하였다. 그러나 (주)레드캡투어, (주)진에어, 에어부산(주), (주)제주항공의 2012 년도 서비스 효율성 평가데이터는 제공되지 않아 Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis (2007) 도서의 Chapter 17 “Preparing Your Data for DEA”를 참고하였다. Chapter 17 의

저자 Joe Sarkis 는 “missing data”를 처리하는 방법은 여전히 제한적임을 강조하면서, missing data 로부터 오는 차이를 다수의 연구자들은 다소 주관적인 방법으로 접근함을 언급하였다. Sarkis 는 프로젝트 관리에서 한 프로젝트의 완료 시점을 추정하기 위해 사용되는 비관적 추정치 (Pessimistic), 최빈치 (Most Likely), 낙관치 (Optimistic) 즉 3 점 추정치 (Three-point Estimating)의 개념을 “best estimate”를 계산하기 위한 방법으로 제시하였다. 베타분포 (beta distribution)의 기대값은 다음의 식(12)와 같이 정의된다.

$$V_e = \frac{V_o + 4V_m + V_p}{6} \quad (12)$$

where V_e : estimated value; V_o : optimistic value; V_m : most like value; V_p : pessimistic value

위의 식 (12)를 참고하여 (주)레드캡투어, (주)진에어, 에어부산(주), (주)제주항공에 대한 2012 년도 missing data 를 수집하였다. 아울러 네트워크 DEA 분석을 위해서는 음수 데이터를 가진 DMU 는 제거되거나 해당값을 양수로 변경해야 한다 (Kaoru Tone and Miki Tsutsui, 2009). 따라서 본 연구는 음수데이터 (Negative Data)를 양수로 변환할 수 있는 다양한 방법 (Bowlin, 1998; Sarkis, 2007; Cheng et al. 2003) 가운데 Cheng et al. (2013)이 제시한 방법을 선정하여 분석을 진행하였다. 이는 본 연구에서 분석의 도구로 활용한 MaxDEA Ultra 6.16 에서 제시한 기본적인 방법 (Default Method)으로 Variant Radial Measure (VRM) 또는 Non-radial (SBM) 종류의 분석에서 음수값을 다룰 때 적용하고 있다. 다음 <표 4-1>은 선정된 21 개 의사결정단위의 4 개년도 (2012-2015) 기초통계량값을 요약한 자료이다. 이어서 <표 4-2>에 제시된 자료는 본 연구에서 효율성 평가를 위한 기초자료로서 변수간 상관관계를 정리하였다. IBM SPSS

Version 22 를 이용하여 전통적 자료포락분석을 위한 투입물과 산출물 사이에 높은 상관관계가 있는 것으로 조사되었다. 이는 두 변수간에 통계적으로 유의미한 상관관계가 있는 것으로 판단할 수 있으며 효율성 분석의 도구로 활용될 수 있음을 보여주었다 (엄경아 외, 2009; Sebastian Lozano et al. 2014; 최강화, 2016).

〈표 4-1〉 Network DEA 분석을 위한 기초통계단위

	Input Data			Intermediate Data			Output Data	
	종업원수 (단위: 명)	고정자산 (단위: 백만원)	운영비용 (단위: 백만원)	본원적 서비스	신뢰성	물리적 환경	매출액 (단위: 백만원)	당기순이익 (단위: 백만원)
Mean	4,473	3,154,013.39	1,507,248.16	74.33	74.37	74.08	1,500,649.74	- 124,038.42
S.D	6,797	5,201,673.49	2,702,722.72	2.99	2.94	2.98	2,776,187.25	585,906.11
Max	28,779	20,175,377.27	11,984,099.55	81.10	81.10	79.50	12,261,681.00	577,640.00
Min	71	5,662.62	13,652.56	65.70	65.90	65.70	13,907.00	- 4,467,213.0

〈표 4-2〉 투입변수, 서비스 품질, 산출변수들 간의 상관관계 (2012년도 - 2015년도)

	종업원수	고정자산	운영비용	본원적 서비스	신뢰성	물리적 환경	매출액	당기순이익
종업원수	1	.945**	.771**	-.196	-.212	-.188	.756**	-.576**
고정자산	.945**	1	.854**	-.040	-.042	-.019	.842**	-.477**
운영비용	.771**	.854**	1	.297**	.191	.169	.999**	-.232*
본원적 서비스	-.196	-.040	.297**	1	.898**	.845**	.306**	.335**
신뢰성	-.212	-.042	.191	.898**	1	.920**	.197	.272*
물리적 환경	-.188	-.019	.169	.845**	.920**	1	.176	.276*
매출액	.756**	.842**	.999**	.306**	.197	.176	1	-.211
당기순이익	-.576**	-.477**	-.232*	.335**	.272*	.276*	-.211	1

** . 상관이 0.01 수준에서 유의합니다(양쪽).

* . 상관이 0.05 수준에서 유의합니다(양쪽).

본 연구의 취지는 운송 서비스 산업에 종사하는 기업간 서비스 품질을 고려하여 상대적 효율성을 평가하고 개선방향을 제시하는 것이다. 그러나 네트워크 DEA로 도출된 효율성만을 비교의 기준으로 삼는 것은 자칫 제한적인 가이드라인을 제시함으로써 단편적인 평가가 될 수 있다. 그러므로 보다 폭넓은 평가를 위해서 전통적인 DEA 점수와의 비교 또한 필요하다. 본 연구의 경우 전통적인 DEA는 투입대비 산출의 결과로 기업이 제공하는 서비스 품질의 정도를 가늠할 수 없고, 재무적 성과만을 보여주는 반면, 네트워크 DEA는 서비스 요소를 전통적인 DEA 평가에 추가시킴으로써 서비스 품질을 반영한 효율성을 파악하게 됨으로써 기존의 전통적인 DEA의 한계점을 보완한다. Sebastián Lozano and Ester Gutiérrez (2016)은 전통적인 단일 프로세스 DEA는 내부의 흐름은 무시한 채 모든 시스템 프로세스를 합한 총합적 분석을 나타내며, 동일한 투입물과 산출물을 고려한 단일 프로세스와 네트워크 DEA를 비교하는 것은 판별력을 증가시키고, 두 접근법을 상호 비교함으로써 차이를 보다 명백하게 확인할 수 있다고 언급하였다. 따라서 전통적인 DEA 점수와 네트워크 DEA 점수의 비교는 서비스 지수를 적용함으로써 발생하는 긍정적, 부정적 효과를 파악할 수 있고, 다방면에 걸친 정책적 가이드라인을 제공할 수 있다. 나아가 서비스 품질을 반영한 산업별 네트워크효과에 대해서 다루고 주어진 기간 동안의 기업별 네트워크 효율성 점수의 추세와 변동성을 파악하겠다.

DEA 효율성 분석을 위해서는 연구자의 의도에 따라 세부방법론을 선택하고 이를 통해 결과값을 구현한다. 본 연구에서는 투입요소의 수준이

주어졌을 때 달성해야 할 목표치를 제시하는 산출지향 (Output-oriented) 모형을 기본가정으로 제시하였다. 아울러 네트워크 DEA-SBM (Slacks-based Measure)을 이용하여 기존 DEA모형의 단점이었던 효율성 왜곡현상을 해결하고 보다 구체적인 효율성 점수를 얻고자 하였다. 본 연구는 서비스 품질을 고려한 2단계 네트워크 모형으로 구성되며 종합 효율성 (Overall Efficiency)은 운영 효율성 (Operating Efficiency)과 경쟁 효율성 (Competitive Efficiency)으로 나뉜다. 각 효율성에 배정된 가중치는 50%로 종합 효율성에 영향을 미치는 것으로 간주하였다. 마지막으로 네트워크 모형으로 효율성을 구할 때 식(8)과 같이 free link 혹은 fixed link의 제약조건을 감안한다. 차원들 사이에 연결 (Links)에 대한 가정은 기본 separation 모형이 반영하지 않는 부분으로 네트워크 모형과 separation 모형 사이에 차이의 원인이 되고, 이 차이를 “연결효과 (Linking Effects)”라 부른다. 단순 separation 모형은 의사결정단위 내에 연결효과가 실제로 존재하는 경우에 제한된 결과를 보여준다 (Kaoru Tone and Miki Tsutsui, 2009). 일반적으로 fixed link를 가정한 네트워크 모형이 free link를 가정한 모형보다 효율성 점수가 높거나 같은 수준인데, 둘 사이의 격차는 준최적 연결효과 (Suboptimal Link Effects)에서 오며 준최적효과는 투영연결값 (Projected Link Value)과 관찰값 (Observed Value)사이에 비율을 반영한 결과이다. 본 연구에서는 free link가정을 선택함으로써 연결활동이 자유롭게 결정되도록 하였다. 전통적 VRS-DEA 결과값과 Network DEA-SBM 효율성 점수를 정리하면 다음 <표 4-3>, <표 4-4>, <표 4-5>, <표 4-6>과 같다.

〈표 4-3〉 2012 VRS-DEA 결과값과 Network DEA-SBM 효율성 점수 분석

2012							
DMU	Cluster	Output-oriented BCC Score	Network DEA-SBM Score (Overall Efficiency)	Operating Efficiency	Competitive Efficiency	Output-oriented BCC Ranking	Overall Efficiency Ranking
DMU 1	1	1	1	1	1	1	1
DMU 2	1	0.9699	0.9773	0.9928	0.9844	12	13
DMU 3	2	0.8087	0.7019	0.854	0.8219	17	16
DMU 4	2	0.6688	0.571	0.6859	0.8325	19	21
DMU 5	2	0.8501	0.615	0.9362	0.6569	16	20
DMU 6	2	0.6742	0.63	0.7111	0.8858	18	18
DMU 7	2	0.4583	0.63	0.6909	0.9118	20	18
DMU 8	2	0.4271	0.6548	0.6816	0.9606	21	17
DMU 9	3	0.9515	0.7661	0.7733	0.9907	13	15
DMU 10	3	0.9149	0.9438	0.9538	0.9895	15	14
DMU 11	3	1	1	1	1	1	1
DMU 12	4	1	1	1	1	1	1
DMU 13	5	1	1	1	1	1	1
DMU 14	5	1	1	1	1	1	1
DMU 15	5	1	1	1	1	1	1
DMU 16	5	1	1	1	1	1	1
DMU 17	6	1	1	1	1	1	1
DMU 18	6	1	1	1	1	1	1
DMU 19	7	1	1	1	1	1	1
DMU 20	7	1	1	1	1	1	1
DMU 21	7	0.9256	0.9828	1	0.9828	14	12

〈표 4-4〉 2013 VRS-DEA 결과값과 Network DEA-SBM 효율성 점수 분석

2013							
DMU	Cluster	Output-oriented BCC Score	Network DEA-SBM Score (Overall Efficiency)	Operating Efficiency	Competitive Efficiency	Output-oriented BCC Ranking	Overall Efficiency Ranking
DMU 1	1	0.9715	0.9117	0.9905	0.9205	10	12
DMU 2	1	1	1	1	1	1	1
DMU 3	2	0.8342	0.6276	0.7489	0.838	17	17
DMU 4	2	0.6018	0.5751	0.714	0.8055	18	21
DMU 5	2	0.8836	0.6111	0.9262	0.6598	16	20
DMU 6	2	0.4556	0.6176	0.7092	0.8708	20	19
DMU 7	2	0.4616	0.6291	0.6966	0.9031	19	16
DMU 8	2	0.4297	0.6546	0.6829	0.9586	21	15
DMU 9	3	0.9459	0.7988	0.804	0.9936	14	14
DMU 10	3	0.8918	0.9452	0.9564	0.9882	15	11
DMU 11	3	0.9982	0.9502	0.9628	0.9869	6	9
DMU 12	4	1	1	1	1	1	1
DMU 13	5	1	1	1	1	1	1
DMU 14	5	0.9938	0.9837	0.9839	0.9998	8	7
DMU 15	5	1	1	1	1	1	1
DMU 16	5	0.9918	0.948	0.9485	0.9995	9	10
DMU 17	6	0.9685	0.6223	0.9997	0.6225	11	18
DMU 18	6	0.9618	0.865	1	0.865	13	13
DMU 19	7	1	1	1	1	1	1
DMU 20	7	0.9682	0.9819	0.9878	0.9941	12	8
DMU 21	7	0.9975	0.9938	0.9943	0.9996	7	6

〈표 4-5〉 2014 VRS-DEA 결과값과 Network DEA-SBM 효율성 점수 분석

2014							
DMU	Cluster	Output-oriented BCC Score	Network DEA-SBM Score (Overall Efficiency)	Operating Efficiency	Competitive Efficiency	Output-oriented BCC Ranking	Overall Efficiency Ranking
DMU 1	1	1	1	1	1	1	1
DMU 2	1	1	1	1	1	1	1
DMU 3	2	0.7965	0.6512	0.7925	0.8216	17	17
DMU 4	2	0.6306	0.5916	0.7312	0.8091	18	21
DMU 5	2	0.9413	0.6389	0.9449	0.6762	15	18
DMU 6	2	0.4673	0.6353	0.7361	0.863	19	19
DMU 7	2	0.4536	0.6315	0.696	0.9074	20	20
DMU 8	2	0.4295	0.6548	0.6832	0.9584	21	16
DMU 9	3	0.9977	0.8044	0.8076	0.9961	10	14
DMU 10	3	0.9171	0.9762	0.9865	0.9895	16	12
DMU 11	3	1	1	1	1	1	1
DMU 12	4	1	1	1	1	1	1
DMU 13	5	0.9759	0.9817	0.9874	0.9943	13	11
DMU 14	5	0.9839	0.9978	1	0.9978	12	10
DMU 15	5	1	1	1	1	1	1
DMU 16	5	1	1	1	1	1	1
DMU 17	6	0.9901	0.762	0.9889	0.7705	11	15
DMU 18	6	0.9719	0.8783	1	0.8783	14	13
DMU 19	7	1	1	1	1	1	1
DMU 20	7	1	1	1	1	1	1
DMU 21	7	1	1	1	1	1	1

〈표 4-6〉 2015 VRS-DEA 결과값과 Network DEA-SBM 효율성 점수 분석

2015							
DMU	Cluster	Output-oriented BCC Score	Network DEA-SBM Score (Overall Efficiency)	Operating Efficiency	Competitive Efficiency	Output-oriented BCC Ranking	Overall Efficiency Ranking
DMU 1	1	1	1	1	1	1	1
DMU 2	1	0.9834	0.9286	0.9911	0.937	10	13
DMU 3	2	0.8405	0.6587	0.7961	0.8275	17	17
DMU 4	2	0.6589	0.6008	0.7437	0.8078	18	21
DMU 5	2	1	1	1	1	1	1
DMU 6	2	0.4463	0.6481	0.7538	0.8598	19	19
DMU 7	2	0.4277	0.6142	0.6814	0.9013	21	20
DMU 8	2	0.4287	0.6563	0.6847	0.9585	20	18
DMU 9	3	0.9545	0.811	0.8169	0.9927	14	16
DMU 10	3	0.8945	0.9872	1	0.9872	16	9
DMU 11	3	0.9865	0.9685	0.9757	0.9926	9	10
DMU 12	4	0.9935	0.9469	0.9486	0.9982	8	11
DMU 13	5	0.9698	0.9331	0.941	0.9916	13	12
DMU 14	5	0.9765	0.9918	1	0.9918	12	8
DMU 15	5	1	1	1	1	1	1
DMU 16	5	0.9773	0.8917	0.8944	0.9969	11	14
DMU 17	6	1	1	1	1	1	1
DMU 18	6	0.9528	0.8385	1	0.8385	15	15
DMU 19	7	1	1	1	1	1	1
DMU 20	7	1	1	1	1	1	1
DMU 21	7	1	1	1	1	1	1

위 제시된 표는 전통적인 Variable Returns to Scale (VRS) 가정하에 산출된 효율성과 네트워크 DEA-SBM 모형으로 도출된 운영 효율성과 경쟁 효율성을 나타낸다. 더불어 각각의 의사결정단위들은 전통적 DEA 효율성과 네트워크 DEA 의 종합 효율성으로 매긴 등수값을 보여주고 있다. 각각의 수치들은 기업들이 얼마나 효율적으로 운영되고 있는가를 상대적으로 보여준다. 2012 년도 의사결정단위 가운데 11 개의 평가대상이 전통적 DEA 효율성과 네트워크 효율성을 동시에 달성하고 있고, 2013 년도에 5 곳으로 크게 감소하고 2014 년도에는 9 곳 2015 년도에는 7 곳이 21 개 DMU 가운데 효율성이 높은 집단으로 평가됐다.

4 개년도에 걸쳐 음영이 들어간 DMU 들은 전통적인 DEA 효율성보다 네트워크 DEA 효율성이 상대적으로 높게 평가된 집단이며, 대조적으로 음영이 들어가지 않은 집단은 네트워크 DEA 효율성 점수가 전통적 DEA 값 이하로 평가된 그룹이다. 순위자료를 살펴보아도 같은 양상을 살펴볼 수 있다. 네트워크 DEA-SBM 모형을 통해서 산출된 효율성 값이 전통적 DEA 점수보다 높은 경우 종합 효율성 (Overall Efficiency)의 등수가 VRS 가정하에 계산된 순위값 이상인 것을 파악할 수 있다. 이러한 일관된 결과가 나오는 것은 일차적으로 자료포락분석의 상대적 평가방식에 기인한다고 볼 수 있다.

구체적으로 DMU 7 (Cluster 2), DMU 8 (Cluster 2), DMU 10 (Cluster 3)은 2012 부터 2015 년까지의 4 개년 동안 전통적 DEA 점수와 비교하여 네트워크 DEA 의 점수가 높은 의사결정단위들이다. 서비스 품질을 고려한 네트워크의 효과를 본 의사결정단위들이며 투입대비 산출의 재무적 성과만을 고려할 때보다 서비스 품질의 반영을 통해 보다 더 효율적으로

운영되고 있는 것으로 볼 수 있다. 여기서 네트워크 효과란 기존의 전통적인 DEA 점수보다 중간산출물을 고려할 때 효율성 점수가 상승한 효과를 일컫는다. 반면에, DMU 1 (Cluster 1), DMU 3 (Cluster 2), DMU 4 (Cluster 2), DMU 5 (Cluster 2), DMU 9 (Cluster 3), DMU 11 (Cluster 3), DMU 12 (Cluster 4), DMU 16 (Cluster 5), DMU 17 (Cluster 6), DMU 18 (Cluster 6) 등의 총 9 개 의사결정단위는 2012-2015 에 걸쳐 서비스 품질을 감안할 때 오히려 평가점수가 낮아지는 집단이다. 위 9 개 의사결정단위들은 재무 성과와 비교해서 서비스 품질을 효율적으로 관리하지 못하는 것으로 조사되었다. 두 상반된 그룹에 속한 절대적인 DMU 의 숫자로 일반화할 때 서비스 품질을 참작한 결과가 되레 대체적으로 낮은 양상을 보여준다. 이는 운송 산업에서 서비스의 중요성이 날이 갈수록 강조되고 있지만, 현실적으로는 서비스 품질을 효율적으로 관리하고 있지 못하다는 의미로 받아들일 수 있다. 이외에도 <표 4-3>부터 <표 4-6>를 통해 의사결정단위별 다양한 주요 경영 시사점들을 도출해낼 수 있다.

예컨대, 최강화 (2016)는 항공 서비스 품질을 고려한 2 단계 네트워크 분석을 수행하였다. 각 단계의 효율성을 운영 효율성과 경쟁 효율성으로 구분하고, 전통적 VRS DEA 점수와 VRS Network DEA 값을 비교하였다. 각 분석방법에 의거해 산출된 점수들은 상대적으로 전통적 VRS DEA 가 높은 편이었다. 물론 반대의 경우도 일부 의사결정단위에서 존재하지만 대체적으로는 전통적 VRS DEA 점수가 높다. 본 연구에서 또한 동일한 양상이 조사되었다. 산출된 4 개년도의 자료를 살펴보면 선행연구와 마찬가지로 21 개 의사결정단위 중에 2012 년도, 2013 년도, 2015 년도 총 3 개년도에서 5 곳, 2014 년도에서만 6 곳이 네트워크 효과를 보는 것으로

조사되었다. 하지만 전통적 DEA 효율성 값과 네트워크 DEA 효율성 점수가 동일한 의사결정단위의 경우 네트워크 효과가 없는 것으로 판단하였지만, 보다 구체적인 비교를 위해서는 초효율성 모형(Super-Efficiency Model)을 이용한 추가적인 분석이 필요할 것이다.

한편, 매년 차이가 있지만 대체적으로 클러스터 2 의 네트워크 DEA 값이 전통적 DEA 효율성 보다 높은 결과를 보이며 이외에도 클러스터 1, 3, 5, 7 이 1 회 이상 네트워크 효율성이 더 높은 결과값을 나타내었다. 이는 서비스 품질을 고려한 네트워크 효과를 보고 있는 것으로 간주할 수 있다. 4 년동안 기업 효율성 평가에서 모든 값이 1 을 나타낸 두 의사결정단위 (DMU 15, DMU 19)가 2012 년도부터 2015 년도 4 개년동안 재무 성과나 서비스 품질 면에서 가장 효율적으로 기업을 운영하고 있음을 보여주었다. 이상 4.1 절의 내용은 객관적인 분석자료를 통해 살펴본 결과이다. 4.1 절에서 다루지 못했던 4 개년도 (2012-2015)에 대한 구체적인 이해와 이를 바탕으로 한 개선방안의 모색은 4.2 에서 다시 검토하도록 하겠다.

4.2 효율적 운영을 위한 가이드라인

네트워크 DEA 는 종합 효율성 (Overall Efficiency)을 산출하며 운영 효율성 (Overall Efficiency)과 경쟁 효율성 (Competitive Efficiency)의 곱으로 표현할 수 있다. 고로 운영 효율성과 경쟁 효율성 두 단계를 연결시켜주는 중간 변수의 가중치가 동일하다면, 전체 효율성은 산술평균이 아닌 각 단계를 곱한 것으로 나타내어질 수 있다 (Kao and Hwang, 2008; 최강화, 2016).

위의 종합 효율성 계산의 원리는 추가적인 분석을 가능케 한다. 기업의 네트워크 효율성이 1 에 미치지 못할 때 주된 원인은 어디에 있는가를 확인할 수 있다. 예를 들어, 2012 년도의 DMU 5 를 살펴보면 운영 효율성과 경쟁 효율성은 각각 0.9362 와 0.6569 로 계산된다. 종합 효율성 (0.615) 점수로 보건대 상대적으로 효율적이지 못한 그룹에 속하며 비효율성의 원인은 운영 효율성보다는 경쟁 효율성에 있다. DMU 5 의 비효율성을 형성하는 구조 (낮은 경쟁효율성)는 비단 2012 년도뿐만 아니라 2014 년까지 3 년간 비슷한 모습을 띈다. 그러므로 DMU 5 는 경쟁 효율성을 개선하기 위한 방안을 강구해야 한다.

아울러 DMU 5 는 클러스터 2 에 속하는 다른 의사결정단위와 비효율성 구조면에서 다른 형태를 갖는다. 클러스터 2 에 속한 다수의 의사결정단위들은 전반적으로 운영 효율성에 비효율성의 원인이 있다. 같은 산업에 종사하는 기업들과 비효율성을 구성하는 원인이 다른 것이다. 이는 결과적으로 전통적인 DEA 와 네트워크 DEA 효율성 점수 사이에 큰 괴리를

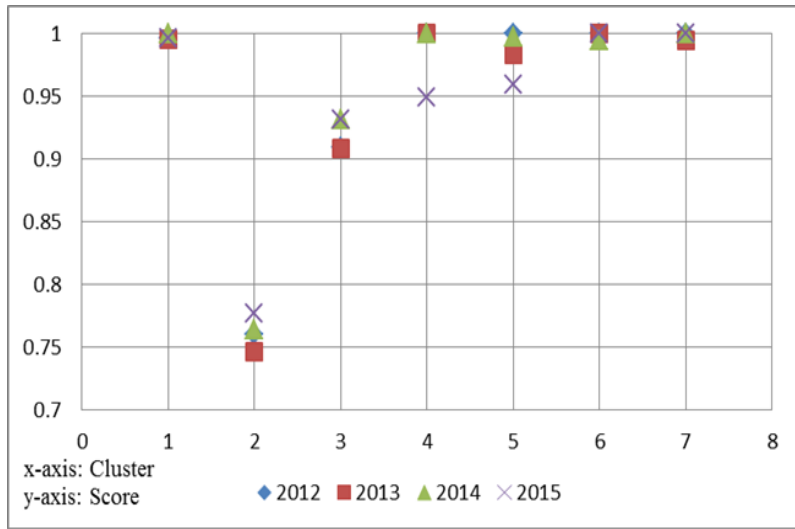
벗어낸다. 따라서 전통적인 DEA 방법으로 효율성을 평가할 때와 네트워크 DEA 모형으로 평가할 때 사이에 DMU 5 의 클러스터 2 내 상대적 입지가 달라진다. DMU 5 는 효율성을 평가하는 방법 (Traditional DEA vs. Network DEA-SBM)에서 오는 차이를 이해하고 전략적 개선방안을 마련해야 할 것이다.

한편, 의사결정단위 차원을 넘어서 본 연구는 산업분류를 통해 클러스터간 비교분석이 가능하다. 연구의 시작점에서 본 연구는 의사결정단위간 비교차원에서 더 나아가 운송 서비스 산업을 구성하는 하부 구성원간에 연도별로 비교할 것을 언급하였다. 본 연구에서 살펴본 운송 서비스 산업에 속한 하부 단위들은 택배 (Cluster 1), 지하철 (Cluster 2), 고속버스 (Cluster 3), 렌터카 (Cluster 4), 여행사 (Cluster 5), 항공사 (Cluster 6), 저비용항공사 (Cluster 7)로 총 7 개의 산업이다. 각각의 클러스터들은 <표 3-1>과 같이 의사결정단위를 포함하며 <표 4-7>의 평균 운영 효율성과 경쟁 효율성 수준을 갖는다. 이어서 <그림 4-1>과 <그림 4-2>는 <표 4-7>의 수치자료를 이용하여 클러스터별 운영 효율성과 경쟁 효율성을 연도별로 구분하여 나타낸 그래프이다.

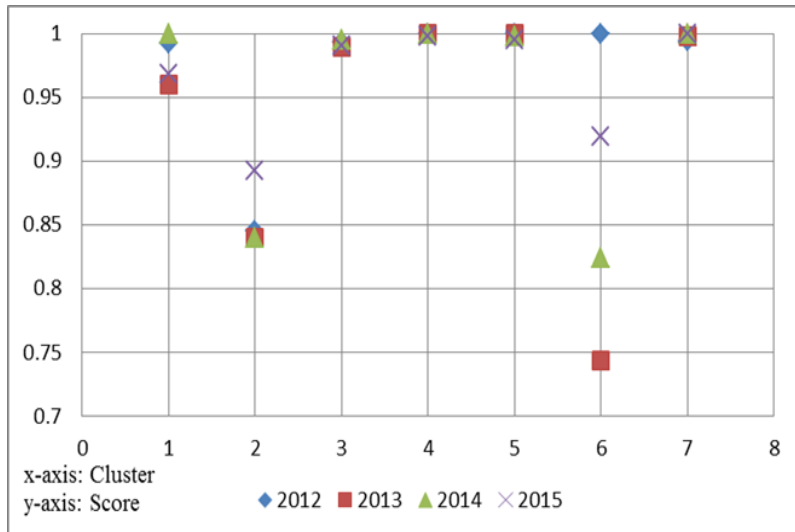
<표 4-7> 클러스터별 평균 운영 효율성 및 경쟁 효율성

TYPE	2012		2013		2014		2015	
	OE	CE	OE	CE	OE	CE	OE	CE
Mean	0.9181	0.9532	0.9098	0.9241	0.9216	0.9363	0.9156	0.9563
1	0.9964	0.9922	0.9953	0.9603	1	1	0.9955	0.9685
2	0.7599	0.8449	0.7463	0.8393	0.7640	0.839	0.7766	0.8925
3	0.9090	0.9934	0.9077	0.9896	0.9314	0.9952	0.9309	0.9908
4	1	1	1	1	1	1	0.9486	0.9982
5	1	1	0.9831	0.9998	0.9968	0.998	0.9588	0.995
6	1	1	0.9998	0.7437	0.9944	0.8244	1	0.9192
7	1	0.9943	0.994	0.9979	1	1	1	1

〈그림 4-1〉 클러스터별 운영 효율성 (Operating Efficiency)



〈그림 4-2〉 클러스터별 경쟁 효율성 (Competitive Efficiency)



〈표 4-7〉, 〈그림 4-1〉 그리고 〈그림 4-2〉로 미루어 보건대 2012 년도부터 2015 년도에 걸쳐 전반적인 경쟁 효율성 (CE) 수준이 운영

효율성 (OE)보다 높다. 물론 경쟁 효율성 또한 네트워크 효율성에 부정적인 영향을 미치지만 평균적으로 주요한 원인은 운영 효율성에 있는 것으로 나타났다. 결론적으로 각 클러스터마다 비효율성의 원인은 다소 다른 양상을 띠고 있지만, 운송 서비스 산업에서 네트워크 비효율성은 보통 운영 비효율성에서 기인하는 것을 검토할 수 있었다.

더불어 운송 서비스 산업 전반에서 네트워크 비효율성의 원인은 주로 클러스터 2 (지하철)에 있다. 물론 2013 년도 클러스터 6 처럼 현저하게 낮은 효율성을 보이기도 하지만 대체적으로는 클러스터 2 가 상대적으로 가장 낮은 효율성을 보인다. 그렇지만 클러스터 2 의 경우는 4 년 (2012-2015)에 걸쳐 서비스 품질을 고려할 때 네트워크 효과를 경험하는 그룹에 속한다. 클러스터 2 를 제외한 다른 집단에서는 연도별로 네트워크 효과를 보는 경우도 존재하지만 주어진 기간 (4 년)을 총체적으로 감안할 때 일반적인 현상이라고는 판단하기 어렵다. 즉, 클러스터 2 만이 네트워크 효과를 보는 그룹으로 구분될 수 있다. 이로써 운송 산업 내 하부산업간 서비스 품질을 고려한 네트워크 효과는 다르게 나타남을 보여주었다.

특히 클러스터 2 의 경우에는 네트워크 효율성을 구성하는데 있어 운영 효율성의 수준이 경쟁 효율성보다 저조하다. 이는 앞서 DMU 5 와 DMU 5 이외에 클러스터 2 에 속한 DMUs 의 비교평가를 통해 확인한 결과이다. 더불어 클러스터 3 역시 운영 효율성 점수가 경쟁 효율성 값보다 낮다. 이는 의사결정단위들이 투입대비 충분한 수준의 서비스 품질을 제공하지 못하고 있는 근거이기도 하다. 따라서 클러스터 2 와 3 은 효율성을 개선하기 위해서 운영 효율성에 대한 개선책을 마련해야 할 것이다.

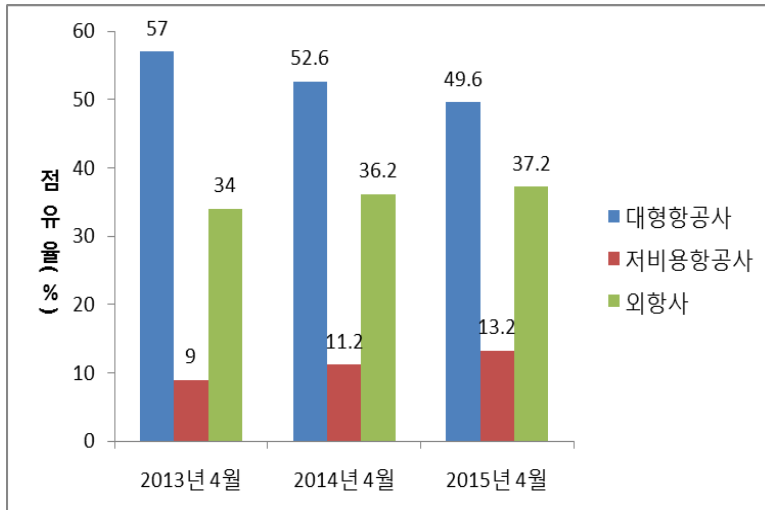
반면에 클러스터 1 과 6 의 경우 경쟁 효율성의 점수가 운영 효율성의

계산된 수치보다 낮다. 클러스터 1 은 두 효율성 점수간에 차이가 미미한 편이지만, 클러스터 6 의 경우에는 연도별 효율성 점수의 변동이 크다. 2013 년도에 들어 클러스터 6 의 경쟁 효율성이 곤두박질친 데에는 DMU 18 (아시아나 항공)의 경쟁 효율성 (0.865)이 타산업과 비교해 낮은 이유도 있지만, DMU 17 (대한항공)의 저조한 성과 (0.6225)가 근본적인 원인이다. 실제로 2013 년도 대한항공은 엔화 약세와 양국 대립이 심화됨에 따른 일본 이용객 감소와 저비용항공사와의 치열해진 경쟁으로 176 억원의 영업손실을 기록했다. 한일간 대립의 심화와 엔저의 영향으로 일본노선은 15.4% (71 만 1000 명) 감소했고, 설상가상으로 국내 저비용항공사들과의 치열한 경쟁 속에 근거리 여행지 (동남아, 중국, 일본 등) 노선의 이용객이 지속적으로 감소하였다. 2012 년대비 2013 년 대한항공의 국제선 승객과 국내선 승객은 각각 2.0%와 8.2% 줄었다 (김세형, 2014; 진상훈, 2014). 적자 운영을 타개하기 위해 대한항공은 이듬해 2014 년 A380 2 대와 A330 3 대 등 총 7 대의 항공기를 도입할 계획을 세웠고, 본 연구의 분석에 따르면 운영 실적은 점차 개선되는 모습을 보였다.

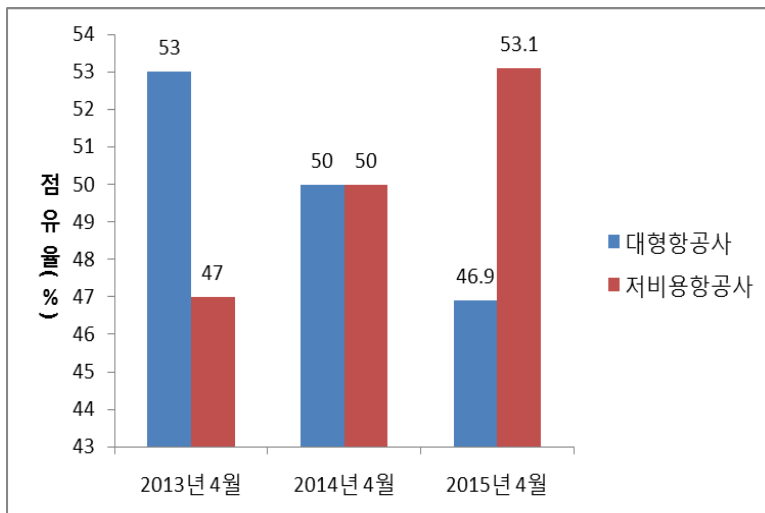
또한 클러스터 4 와 7 은 대상기간 (2012-2015) 동안 운영 및 경쟁 효율성에서 비교적 높은 성과를 달성하였다. 2015 년도 클러스터 4 의 운영 효율성을 제외하고는 두 산업 (렌터카, 저비용항공사) 모두 별다른 변동이 눈에 띄지 않았으며 상대적으로 안정적인 모습이였다. 클러스터 7 (저비용항공사)은 꾸준히 성장세를 이어가면서 안정적인 모습을 보여주었다. 국토교통부 공식 블로그 (2015)에 따르면 저비용항공사 (LCC, Low Cost Carrier)의 국제여행 분담률은 2011 년 4 월 기준으로 3.3%에서 2015 년 4 월기준 13.2%까지 성장하였고, 국내여객 점유율은 47% (2013.4)에서

53.1%까지 지속적인 성장을 이루었다. 다음 <그림 4-3>, <그림 4-4>는 2013 년도부터 2015 년도까지의 국내외 여객점유율 추이를 나타낸 그래프이다 (출처: 국토교통부).

<그림 4-3> 국제여객 점유율 (%) 추이



<그림 4-4> 국내여객 점유율 (%) 추이



이처럼 본 연구에서 수행한 네트워크 DEA 분석은 서비스 품질을 고려한 현실을 구체적으로 반영하고 있으며, 비효율적인 의사결정단위들의 운영정책을 개선할 수 있는 지침을 제공하고 있다. 게다가 4 개년도에 걸친 클러스터 사이에 효율성 점수를 검토함으로써 전반적인 운송 산업 내 경향성을 관찰할 수 있었다.

4.3 DEA Window 분석

DEA 모형은 기간별로 (연, 반기, 분기 등) 주어진 데이터를 이용해 상대적 효율성을 평가하는 방법으로 정태적이며 횡단면적 (Cross-sectional) 분석방법이다. 따라서 동태적인 효율성의 변화를 평가하기에는 어려움이 따른다. DEA-Window 모형은 기존의 모형과 달리 동태적이며 패널 분석 기법을 기반으로 장기적인 시계열 관점에서 효율성의 안정성을 관찰할 수 있다는 장점이 있다 (김명중, 2015). 이뿐만 아니라 앞서 투입요소 및 산출요소의 수와 효과적인 효율성 분석 방법을 위한 적당한 DMU 의 수의 관계에 대해서 언급했다. DEA Window 분석은 다년도 패널 데이터를 기반으로 단일기간의 의사결정단위의 수가 충분하지 못할 때 적용 가능한 장점이 있다.

DEA-Window 분석을 위해서는 기본적으로 주어진 기간단위를 묶는 윈도우 폭 (Width)에 대한 정의가 선행되어야 한다. 윈도우 폭을 설정할 때는 기간단위대비 너무 좁거나 넓어서는 안 된다. 윈도우의 폭이 좁게 되면 기존의 기간별 DEA 분석과 의미상 차별성을 만들어내기 어렵고,

윈도우 폭이 넓으면 주어진 기간 동안 효율성의 추세를 파악하기 어렵다 (강인규 외, 2014). 적당한 수준의 윈도우 수는 식(13)에서 제시한 수식을 이용할 수 있다. 윈도우 폭 (W)이 정해지면 기간의 길이에 따라 윈도우의 수와 비교대상 전체 의사결정단위의 수가 결정되고 이동평균법처럼 순차적인 분석이 진행된다 (박춘광 외, 2007).

$$W = \begin{cases} \frac{p+1}{2}, & p \text{는 홀수} \\ \frac{q+1}{2} \pm \frac{1}{2}, & q \text{는 짝수} \end{cases} \quad (13)$$

본 연구의 대상기간은 2012년부터 2015년도까지 총 4년으로 식(13)의 2 번째 식을 참고하여 윈도우 폭 (W)을 결정한다. 식 (13)에 q=4 로 설정하여 계산을 하면 2.5 ± 0.5 로 2.5 에 가장 가까운 정수를 의미한다. 윈도우 폭이 좁으면 기존의 DEA 모형과 그 의미상 차별성을 만들어내기 어렵기 때문에 본 연구에서는 가장 가까운 정수 2 와 3 가운데 윈도우 폭 (W)으로 3 을 선택하였다. 윈도우 길이는 3 년이고 윈도우 수는 의사결정단위 당 2 개로 구성된 DEA Window 모형은 <표 4-8>로 요약할 수 있다.

〈표 4-8〉 DEA Window 분석

	2012	2013	2014	2015	Window 평균	전체평균	표준편차	LDP
DMU 1	1	0.9117	1		0.9706	0.9706	0.0416	0.0883
		0.9117	1	1	0.9706			
DMU 2	0.9773	1	1		0.9924	0.9843	0.0263	0.0714
		1	1	0.9286	0.9762			
DMU 3	0.7019	0.6276	0.6512		0.6602	0.6530	0.0249	0.0743
		0.6276	0.6512	0.6587	0.6458			
DMU 4	0.571	0.5751	0.5916		0.5792	0.5842	0.0110	0.0298
		0.5751	0.5916	0.6008	0.5892			
DMU 5	0.615	0.6111	0.6389		0.6217	0.6858	0.1410	0.3889
		0.6111	0.6389	1	0.7500			
DMU 6	0.63	0.6176	0.6353		0.6276	0.6307	0.0107	0.0305
		0.6176	0.6353	0.6481	0.6337			
DMU 7	0.63	0.6291	0.6315		0.6302	0.6276	0.0061	0.0173
		0.6291	0.6315	0.6142	0.6249			
DMU 8	0.6548	0.6546	0.6548		0.6547	0.6550	0.0006	0.0017
		0.6546	0.6548	0.6563	0.6552			
DMU 9	0.7661	0.7988	0.8044		0.7898	0.7973	0.0145	0.0449
		0.7988	0.8044	0.811	0.8047			
DMU 10	0.9438	0.9452	0.9762		0.9551	0.9623	0.0180	0.0434
		0.9452	0.9762	0.9872	0.9695			
DMU 11	1	0.9502	1		0.9834	0.9782	0.0227	0.0498
		0.9502	1	0.9685	0.9729			
DMU 12	1	1	1		1.0000	0.9912	0.0198	0.0531
		1	1	0.9469	0.9823			
DMU 13	1	1	0.9817		0.9939	0.9828	0.0237	0.0669
		1	0.9817	0.9331	0.9716			
DMU 14	1	0.9837	0.9978		0.9938	0.9925	0.0067	0.0163
		0.9837	0.9978	0.9918	0.9911			
DMU 15	1	1	1		1.0000	1.0000	0.0000	0.0000
		1	1	1	1.0000			
DMU 16	1	0.948	1		0.9827	0.9646	0.0401	0.1083
		0.948	1	0.8917	0.9466			
DMU 17	1	0.6223	0.762		0.7948	0.7948	0.1559	0.3777
		0.6223	0.762	1	0.7948			
DMU 18	1	0.865	0.8783		0.9144	0.8875	0.0520	0.1615
		0.865	0.8783	0.8385	0.8606			
DMU 19	1	1	1		1.0000	1.0000	0.0000	0.0000
		1	1	1	1.0000			

DMU 20	1	0.9819	1		0.9940	0.9940	0.0085	0.0181
		0.9819	1	1	0.9940			
DMU 21	0.9828	0.9938	1		0.9922	0.9951	0.0061	0.0172
		0.9938	1	1	0.9979			

〈표 4-8〉은 앞서 네트워크 DEA 모형으로 분석한 효율성 점수를 활용해 DEA Window 모형으로 정리하였다. 표에서 제시된 Window 평균은 각 윈도우에 속한 효율성 점수들의 평균을 구한 것으로 DMU 당 2 개씩의 Window 평균이 제시되고 있다. Window 평균값은 주어진 기간 동안 (4 년)의 추세를 살펴보기 위한 자료로 활용된다. 본 연구에서 시간의 흐름에 따라 효율성이 감소한 DMU 는 총 9 군데이며, 증가한 의사결정단위는 7 곳으로 큰 차이는 없다. 구체적인 수치로 비교하면 효율성이 감소한 그룹의 평균 하락값은 0.0199 이고 효율성이 상승한 그룹의 평균 상승값은 0.0257 이다. 결과적으로 Window 평균 분석을 통해 산출된 총 하락값은 약 0.1791 이고 효율성이 상승한 DMU 들의 총 상승값은 0.1799 이다. 절대적인 수치로 비교할 때 기간 (2012-2015)내 조사된 기업들의 전반적인 효율성은 정체된 상태로 볼 수 있다. 하지만 계산된 수치가 의미 있는 정도의 증감인지 또는 일부 기업들의 영향으로 인한 왜곡된 평가는 아닌지 등은 좀 더 면밀하게 살펴보아야 할 것이다.

끝으로 DEA Window 모형에서는 표준편차와 LDP (Largest difference between across the entire period)로 효율성 변화의 폭을 측정한다. 두 수치값은 이론적으로 음수의 값을 가질 수 없으며 절 대적으로 값이 작을수록 효율성이 안정적임을 보여준다. DMU 5 와 DMU 17 은 표준편차 값과 LDP 의 값으로 볼 때 가장 효율성의 변동이 큰 의사결정단위로 보여진다. 반면에 DMU 15 와 DMU 19 는 표준편차와 LDP 가 모두 0 으로

기간 내 효율성이 동일했음을 의미한다. 효율성의 변동은 기업 내적/외적 환경의 변화나 새로운 전략의 도입 등 다양한 이유에서 발생한다. 결론적으로 이러한 변동들은 해당기업의 성과에 긍정적인 영향을 미치는 것인지 혹은 부정적인 영향을 미치는 것인지는 사후분석을 통해 알아보아야 할 것이다 (강인규 외, 2014).

제 5 장 결론

운송 산업은 국가 기간산업을 지탱하는 핵심산업으로 그 중요성이 강조되어왔다. 따라서 운송 서비스 수준을 향상시키고 보다 높은 고객만족도를 달성하기 위한 시도는 국내외로 지속되고 있다. 하지만 여전히 운송 산업에 속한 기업들의 성과를 평가할 때 금전적 성과를 최우선 순위로 간주하고 기업들은 재무적 성과를 개선시키기 위한 방안만 내놓고 있는 실정이다. 이러한 전통적인 평가방식은 시대의 흐름을 충분히 반영하지 못한다. 서비스 품질은 서비스 산업에 속한 기업들의 흥망성쇠와도 직결되며 나아가 제조업의 서비스화 흐름 속에서 제조업의 성과에도 직접적인 영향을 미치고 있다. 이에 서비스 품질을 고려하지 못한 기존의 연구가 제공할 수 있는 가이드라인은 매우 제한적이며, 서비스 품질을 아우르는 기업의 성과측정 방식이 보다 현실적인 방안으로써 필요한 시점이다.

본 연구는 2012 년부터 2015 년까지의 4 년간 국내 운송 산업에 종사하는 21 개 기업들을 대상으로 네트워크 DEA-SBM 모형을 활용한 상대적 효율성을 분석하였다. 네트워크 DEA 기법은 전통적인 DEA 의 투입요소와 산출요소로 이루어진 단일단계 (Single Stage) 효율성 분석에서 나아가 중간산출물을 고려하는 다단계 (Multiple Stage) 분석모형이다. 전통적 DEA 모형이 투입 및 산출변수의 증감을 통한 일차원적 평가방식이었다면, 네트워크 DEA 모형은 중간산출물을 고려한 합리적인 수준의 대안을 찾는 방식으로 다차원화된 것이다.

본 연구의 네트워크 분석모형은 투입변수로 종업원수, 고정자산, 운영비용, 중개변수로 본원적 서비스, 신뢰성, 물리적 환경, 산출변수로 매출액과 당기순이익을 선정하여 의사결정변수의 효율성 분석을 시행하였다. 서비스 품질을 중간산출물로 반영한 운송 산업 내 기업들간 효율성을 상대적으로 평가하고 효율적으로 평가되지 못한 그룹에게는 향상된 서비스 수준의 달성을 위한 제언도 제공하였다. 네트워크 DEA 모형의 종합 효율성 (Overall Efficiency)을 운영 효율성 (Operating Efficiency)과 경쟁 효율성 (Competitive Efficiency)으로 나누어 비효율적으로 평가된 집단의 비효율성은 어느 차원에 원인이 있는지 역시 살펴보았다. 아울러 운송 산업에 속한 특정 산업들간 서비스 품질을 고려한 효율성의 비교분석을 실시하였고 이를 통해 효과적으로 서비스 품질을 관리하는 산업과 그렇지 않은 산업을 구분할 수 있었다.

흥미로운 점은 전통적인 DEA 관점에서 특히 비효율적으로 평가된 그룹이 서비스 품질을 감안한 평가에서는 되레 개선된 효율성을 보여주었고 반대의 경우도 있었다. 이는 재무 성과는 효과적으로 관리되고 있지 않지만, 고객에게 전달하는 서비스 품질은 적절한 수준으로 관리하고 있는 기업과 역으로 재무성과는 높은 수준을 달성하고 있지만 서비스 품질과 경영 성과를 조화롭게 운영하고 있지 못하는 기업이 운송 서비스 산업 내 동시에 존재한다는 의미이다. 따라서 각각의 그룹에 속한 기업들은 스스로의 약점을 파악하고 부족한 점을 개선하는 방향으로 전략적 운영방안을 마련해야 할 것이다. 위 같은 사실을 바탕으로 운송 산업 내 네트워크 효과와 산업의 특수성 그리고 비효율성의 원인 등 주어진 기간 동안의 일반적인 경향성까지 살필 수 있었다.

마지막으로 2012 년도에서 2015 년도까지의 4 개년도 의사결정변수별 네트워크 효율성의 변동성과 추이를 DEA Window 모형을 통해 살펴보았다. Window 평균의 기간내 변화를 통해 해당기업이 시간의 흐름에 따라 효율적으로 변하고 있는지 혹은 비효율적으로 악화되고 있는지를 알 수 있었다. 더불어 산술적 수치계산을 통해 운송 서비스 산업에 속한 기업의 효율성은 평균적으로 정체된 상태임을 이해할 수 있었다. 대상기간 내 변동성과 안정성은 표준편차와 LDP (Largest difference between scores across the entire period)를 이용해 파악할 수 있었고, 대체적으로 안정된 가운데 일부 기업들 (DMU 5, DMU17)의 변동은 상대적으로 심한 편이었다. 하지만 효율성의 정체가 일부 기업의 효과로 인한 왜곡된 결과는 아닌지, 변동의 안정성이 실제로 의미 있는 결과인지는 보다 면밀히 살펴보아야 할 것이다.

한편, 본 연구는 향후 연구에서 추가적으로 다루어야 할 몇 가지 한계점을 갖는다. 첫째, 비 효율적인 DMU 가 효율적으로 운영되기 위해서 개선해야 할 변수별 구체적인 수치에 대한 정보가 제공되지 않았다. 이는 평가대상 기업들에게 제공할 수 있는 정보가 일부로 한정된다는 의미로 해석될 수 있다. 보다 심도 있는 개선방향을 제시하기 위해서는 구체적인 수치정보가 보완돼야 할 것이다. 둘째, 대체적으로 효율성이 1 인 DMU 들이 많이 등장한 편인데 해당 DMU 들을 모두 동일하게 효율성이 높은 집단으로 간주함으로써 효율성이 1 인 집단 내 상대적 구분이 어려웠다. 이는 DEA 초효율성 모형 (Super-Efficiency Model)으로 상세하게 이해가 가능하며 향후 연구에서는 초효율성 모형을 적용한 시도가 필요하다. 셋째, 클러스터 4 (렌터카)의 경우 데이터 수집의 문제로

에이제이렌터카(주)만이 의사결정단위로 선정되었다. 산업의 일반적인 효율성 평가를 위해서는 단일 기업을 선정하는 것보다 의사결정 단위의 수를 증가시키는 편이 효과적일 것이다. 마지막으로, 본 연구는 2012 년도부터 2015 년도까지의 4 개년도를 조사하였다. 총 기간수가 네 기간이고 세 기간을 한 Window 로 묶어 DEA Window 분석을 진행하였다. 따라서 DEA Window 분석에서 나타나는 의사결정단위당 윈도우의 수는 2 개로 추세를 분석하기에는 부족하다. 이를 보완하여 장기간의 데이터를 수집하는 것이 보다 명백한 추이를 살펴볼 수 있을 것이다.

운송 산업은 대표적인 서비스 산업으로서 여전히 서비스 수준의 향상이 요구된다. 본 연구는 운송 산업에서 서비스 품질을 고려한 다차원적인 연구로 기존의 연구와 차별성을 갖는다. 향상된 서비스 수준을 달성하기 위한 가이드라인을 제시하는 연구로 첨단을 걷고 있고, 앞으로 본 연구의 분석방법과 한계점을 보완한 추가적인 연구가 진행될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 강인규, 심광식, 김재운. (2013). “DEA 모형을 이용한 온실가스, 에너지 목표관리제 지정기업의 효율성 평가”, 한국기업경영학회, 21(1), pp. 1-25
- 고범석. (2013). “DEA모형을 이용한 국내 및 외국계 물류기업의 운영형태별 효율성분석에 관한 연구” 석사학위 논문, 인천대학교 동북아물류대학원
- 국우각. (2013). “업종별 물류기업의 효율성과 생산성에 관한 실증연구: DEA와 Malmquist를 이용하여”, 한국물류학회지, 23(1), pp. 29-49
- 국도교통부. (2015). “2015년 4월 항공실적 호조세 지속”, <http://korealand.tistory.com/5090>
- 김건위, 최호진. (2005). “DEA기법 적용상의 유의점에 관한 연구: 지방행정분야를 중심으로”, 지방행정연구, 19(3), pp. 213-244.
- 김명종. (2015). “DEA 및 DEA-WINDOW 모형을 이용한 소매 대리점의 정태적/동태적 효율성 평가”, 회계정보연구, 33(4), pp. 249-276
- 김성화. (2013). “DEA 모형을 활용한 인증종합물류기업의 효율성 분석에 관한 연구”, 무역연구, 9(1), pp. 101-131
- 김웅진, 김종섭. (2013). “정기화물운송서비스품질이 고객만족에 미치는 영향에 관한 연구 -D社 사례를 중심으로”, 물류학회지, 23(5), pp. 213-238
- 김윤희. (2010). “DEA-Malmquist 생산성 지수를 이용한 국내공항의

- 효율성 분석”, 석사학위 논문, 인하대학교 물류전문대학원
- 김종기, 강다연. (2008). “국내 해운물류 기업의 경영 효율성 분석”, *Enture Journal of Information Technology*, 7(2), pp. 141-150
- 김종섭. (2014). “정기화물운송 서비스 품질이 고객만족에 미치는 영향에 관한 연구: D社 사례를 중심으로”, 석사학위 논문, 협성대학교 대학원
유통경영 전공
- 김지훈. (2015). “서비스 지수를 반영한 국내공항의 효율성 분석: Network DEA를 이용하여”, 석사학위 논문, 인하대학교 물류전문대학원
- 김지혜. (2014). “물류기업의 효율성 및 생산성 분석”, 석사학위 논문, 경기대학교 일반대학원
- 김창범. (2009). “운송관련 서비스 산업의 정태적, 동태적 효율성 분석”, *산업경제연구*, 22(4), pp. 1715-1728
- 김천곤, 김숙경, 하헌구. (2010). “물류산업 효율성 분석 및 경쟁력 강화 방안”, 산업연구원 연구보고서, 578
- 남동휘. (2013). “글로벌물류기업의 상대적 효율성 분석”, 석사학위 논문, 순천대학교 경영행정대학원
- 박만희. (2008). 효율성과 생산성 분석, 한국학술정보(주)
- 박명섭, 안영효. (2003). “DEA-AR를 이용한 우리나라 도로화물운송업체의 효율성 분석”, *한국SCM학회지*, 3(2), pp. 61-68

박종욱. (2015). “공공성과를 반영한 도시철도 운영기관의 효율성 분석 - DEA-SBM 모형을 중심으로”, 석사학위 논문, 전남대학교 경영학과 생산관리 전공

박차미, 김태승. (2014). “DEA-SBM을 이용한 국내 물류산업의 효율성 분석”, 로지스틱스 연구, 22(4), PP. 27-46

박춘광, 김병철. (2007). “DEA window 및 Malmquist productivity index를 통한 국내 관광여행사의 동태적 분석”, 산업경제연구, 20(6), pp. 2559-2580

박홍균. (2010). “글로벌물류기업의 효율성 분석”, 한국항만경제학회지, 26(2), pp. 19-35

엄경아, 김연성, 김미영. (2009). “DEA모형을 이용한 서비스 조직의 효율성평가에 관한 연구: 대학 교육 서비스 조직을 중심으로”, 한국품질경영학회 추계학술발표논문집, 2009(0), pp. 147-161

오승철, 안영효. (2013). “DEA와 Malmquist 생산성지수를 이용한 종합물류인증기업의 상대적 효율성 분석”, 로지스틱스 연구, 21(2), pp. 93-112.

유금록. (2009). “지방공기업의 효율성 평가: 서울시 시설관리공단에 대한 비방사적 자료포락분석모형의 적용”, 정책분석평가학회보, 19(3), pp. 73-98

이규석. (2010). “글로벌 자동차 제조기업의 공급망 복잡성 관리 효율성 비교”, 석사학위 논문, 서울대학교 대학원 생산관리전공

이선민, 박정민. (2013). “Network DEA를 이용한 컨테이너터미널의 효율성

- 분석”, 산업경제연구, 26(5), PP. 2117-2141
- 이형석. (2006). “DEA 모형을 이용한 우리나라 해운업체의 정태적·동태적 효율성 분석”, 대한경영학회지, 19(4), pp. 1197-1217
- 장명희. (2010). “DEA를 이용한 국내 화물자동차 운송업의 상대적 효율성분석”, 한국콘텐츠학회논문지, 10(12), pp. 328-341
- 조문숙. (2011). “DEA-Malmquist 생산성 지수를 이용한 국내 물류산업의 생산성 변화 분석”, 석사학위 논문, 인하대학교 물류전문대학원
- 조선비즈. (2014). “대한항공, 5년만에 적자, 日 노선 수익 감소에 날개 꺾여”, 2014.01.28
- 최강화. (2016). “항공서비스품질을 고려한 미국 항공사 간의 효율성 분석: 네트워크 DEA를 활용하여”, 한국항공경영학회지, 14(4), pp. 57-71
- 최종열, 박제헌. (2011). “DEA 모형을 이용한 국내 화물자동차운송업체의 상대적 효율성 분석”, 한국콘텐츠학회논문지, 11(1), pp. 317-328
- 하헌구, 최아영. (2007). “우리나라 물류산업의 효율성 분석: DEA-ANP의 적용”, 대한교통학회지, 25(3), pp. 55-63
- A. Boussofiane, R.G. Dyson and E. Thanassoulis. (1991). “Applied data envelopment analysis”, *European Journal of Operations Research*, 52, pp. 1-15
- A. Charnes and W.W. Cooper and E. Rhodes. (1978). “Measuring the

efficiency of decision making units”, *European Journal of Operations Research*, 2, pp. 429–444

Changhee Kim and Soo Wook Kim. (2015). “A Mathematical Approach to Supply Chain Complexity Management Efficiency Evaluation for Supply Chain”, *Mathematical problems in Engineering*, 2015, 8

Changhee Kim, Soo Wook Kim and Hee Jay Kang. (2016). “Driving Sustainable Competitive Advantage in the Mobile Industry: Evidence from U.S Wireless Carriers”, *sustainability*, 2016, 8, 659

Cheng–Min Feng and Rong–Tsu Wang. (2000). “Performance evaluation for airlines including the consideration of financial ratios”, *Journal of Air Transport Management*, 6(3), pp. 133–142

Chiang Kao, Shih–Nan Hwang. (2008). “Efficiency decomposition in two–stage data envelopment analysis: An application to non–life insurance companies in Taiwan”, *European Journal of Operational Research*, 185(1), pp. 418–429

Daugherty, Stank, and Ellinger. (1998). “Leveraging logistics/distribution capabilities: The effect of logistics service on market share”, *Journal of Business Logistics*, 19(2), pp. 35–51

David A. Hensher, Peter Stopher, and Philip Bullock. (2003). “Service quality – – developing a service quality index in the provision of commercial bus contracts”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(6),

pp. 499 – 517

Doddy Hendra Wijaya. (2009). “STUDY OF SERVICE QUALITY IN THE PUBLIC BUS TRANSPORT: CUSTOMER COMPLAINT HANDLING AND SERVICE STANDARDS DESIGN CASE STUDY: TRANSJAKARTA BUSWAY AND VÄRMLANDSTRAFIK AB BUS”, *Master’s Thesis*, Universitas Gadjah Mada

Herbert F. Lewis, Thomas R. Sexton. (2004). “Network DEA: e(cien)cy analysis of organizations with complex internal structure”, *Computers & Operations Research*, 31 (2004), pp. 1365–1410

JA Sharp, W Meng and W Liu. (2007). “A Modified slacks–based measure model for data envelopment analysis with ‘natural’ negative outputs and inputs”, *The Journal of the Operational Research Society*, 58(12), pp. 1672–1677

John T. Mentzer, Daniel J. Flint, G. Tomas M. Hult. (2001). “Logistics Service Quality as a Segment–Customized Process”, *Journal of Marketing*, 65(4), pp. 82–104

J. Joseph Cronin, Jr. and Steven A Taylor. (1994). “SERVPERF Versus SERVQUAL: Reconciling Performance–Based and Perceptions–Minus–Expectations Measurement of Service Quality”, *Journal of Marketing*, 58, pp. 125–131

Joe Sarkis. (2007). Chapter 17 “Preparing Your Data for DEA”, *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*, Springer US, pp 305–320

Joseph Sarkis. (2000). “An analysis of the operational efficiency of major airports in the United States”, *Journal of Operations Management*, 18(3), pp. 335–351

Joe Zhu. (2011). “Airlines Performance via Two-Stage Network DEA approach”, *Journal of CENTRUM Cathedra*, 4(2), pp. 260–269

Kaoru Tone and Miki Tsutsui. (2008). “Network DEA: A slacks-based measure approach”, *GRIPS Policy Information Center* 07–08, Japan

Krishna K. Govender. (2014). “Public transport service quality in South Africa: a case study of bus and mini bus services in Johannesburg”, *African Journal of Business Management*, 8(10), pp. 371–326

Ling-Feng Hsieh and Li-Hung Lin. (2010). “A performance evaluation model for international tourist hotels in Taiwan—An application of the relational network DEA”, *International Journal of Hospitality Management*, 29, pp. 14–24

Laura Martínez Caro and Jose Antonio Martínez García. (2007). “Measuring perceived service quality in urgent transport service”, *Journal of Retailing and Consumer Services*, 14(1), pp. 60–72

Laura Martínez Caro and Jose Antonio Martínez García. (2008). “Developing a multidimensional and hierarchical service quality model for the travel agency industry”, *Tourism Management*, 29(4), pp. 706–720

Laura Eboli and Gabriella Mazzulla. (2007). “Service Quality Attributes Affecting Customer Satisfaction for Bus Transit”, *Journal of Public Transportation*, 10 (3), pp. 21–34

Markus Fellesson, Margareta Friman. (2008). “Perceived Satisfaction With Public Transport Service In Nine European Cities”, *JOURNAL OF THE TRANSPORTATION RESEARCH FORUM*, 47(3)

Massoud Bazargan, Bijan Vasigh. (2003). “Size versus efficiency: a case study of US commercial airports”, *Journal of Air Transport Management*, 9(2003), pp. 187–193

Matthew G. Karlaftis. (2004). “A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems”, *European Journal of Operational Research*, 152(2), pp. 354–364

Ming–Miin Yu. (2008). “Assessing the technical efficiency, service effectiveness, and technical effectiveness of the world’s railways through NDEA analysis”, *Transportation Research Part A*, 42, pp. 1283–1294

Ming–Miin Yu and Erwin T.J. Lin. (2008). “Efficiency and effectiveness in railway performance using a multi–activity network DEA model”, *omega*,

36(6), pp. 1005 – 1017

M.J. Farrell. (1957). “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), pp. 253–290

R. D. Banker and A. Charnes and W. W. Cooper. (1984). “Some Model for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, 30(9), pp. 1078–1092

Rolf Färe, Shawna Grosskopf and Gerald Whittaker. (2007). Chapter 12 “NETWORK DEA”, *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*, Springer US, pp 209–240

Sebastian Lozano and Ester Gutierrez. (2014). “A slacks–based network DEA efficiency analysis of European airlines”, *Transportation Planning and Technology*, 37(7), pp. 623–637

Shivi Agarwal. (2016). “EVALUATION OF EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF PUBLIC TRANSPORT SECTOR OF INDIA USING DEA APPROACH”, *Data Envelopment Analysis and its Applications, Proceedings of the 13th International Conference of DEA*, Germany, pp. 73–84

Srinivas Talluri , Shawnee K. Vickery & Cornelia L. Droge. (2003). “Transmuting performance on manufacturing dimensions into business performance: An exploratory analysis of efficiency using DEA”, *International Journal of Production Research*, 41(10), pp. 2107–2123

Tim Coelli and Sergio Perelman. (2000). “Technical efficiency of European railways: a distance function approach”, *Applied Economics*, 32(15), pp. 1967–1976

Wen-Cheng LIN, Chin-Feng LIU, and Ching-Wu CHU. (2005). “PERFORMANCE EFFICIENCY EVALUATION OF THE TAIWAN’S SHIPPING INDUSTRY: AN APPLICATION OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS”, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, pp. 467 – 476

Yu-Hern Chang, Chung-Hsing Yeh. (2002). “A survey analysis of service quality for domestic airlines”, *European Journal of Operational Research*, 139(1), pp. 166–177

Abstract

Measuring the network efficiency of transport service companies in Korea

: Focusing on service quality

Seongwon Park

Operations Management

The Graduate School of Business

Seoul National University

This study evaluated the relative efficiency of domestic transport service companies in seven different industry sectors in South Korea, focusing on transport service quality. The transport service industry in South Korea has expanded along with the country's manufacturing industry. With this rapid growth, customers' expectations of service quality and their interest in both quantitative and qualitative improvements have also steadily increased. However, even though service companies have found huge opportunities to differentiate themselves to customers via service quality, there is still a lack of research on overall service quality in the transport service industry.

Efficiency assessments of companies in the transport industry that exclude service quality have their limitations when results-based guidelines are presented.

To this end, this paper conducted a network efficiency analysis of decision making units (DMUs) at domestic transport companies between 2012 and 2015, focusing on service quality, and tried to establish guidelines for improving network efficiency between companies or industries. To measure network efficiency, this study used the number of employees, fixed assets, and operating expenses as input variables, and sales amounts and net incomes as output variables. Compared with the conventional Data Envelopment Analysis (DEA) model, a network DEA approach allows for more realistic analysis of results by considering internal flows. To do this, intermediate variables must be defined in advance. This study selected primary needs fulfillment, reliability, and physical evidence provided by the Korean Standards Association as intermediate variables and was conducted on 21 companies in the domestic transport industry.

Interestingly, the results show that some inefficient DMUs in terms of conventional DEA can become efficient when service quality elements are considered, and vice versa. In addition, the causes of inefficiency among DMUs are easily understood by separating overall efficiency into operating efficiency and competitive efficiency. Also, a DEA window analysis shows how the efficiency scores fluctuated from 2012 to 2015, making it possible to disentangle well-run businesses from poorly managed businesses within

this period. All things taken together, service quality elements play a crucial role in verifying operational inefficiencies in the transport service industry in South Korea more clearly, and by considering service quality, an enhanced operating strategy can be made.

Keywords : Transport Service, Network Efficiency, Service Quality, Data Envelopment Analysis, Network DEA-SBM

Student Number : 2015-20609