

종합물류인증이 물류기업의 효율성에 미치는 영향

고대영(군산대) · 박이숙(전남대) · 소순후(원광대)

I. 서 론

정부는 2000년대 이후 국제물류시장의 주도권 확보를 위한 다양한 물류산업 육성 정책을 시행해오고 있다. 특히, 동북아 물류중심국가가 되기 위해서는 국내 물류기업 중에서 글로벌 네트워크를 구축하고 동북아 물류 시장을 선도할 수 있는 글로벌 물류전문기업이 육성되어야 한다. 하지만 종합물류서비스를 제공하는 기업이 소수에 불과하고, 물류시장의 규모 자체가 작아 물류전문기업들이 성장할 수 있는 기반조차 갖추어지지 못한 실정입니다.

이에 기업물류비 절감을 통해 제조업의 글로벌 경쟁력을 배양하고, 동시에 우리나라 물류기업이 동북아를 비롯한 국제물류시장에 진출하여 글로벌 부가가치를 획득할 수 있는 기반을 구축하기 위해 2006년부터 종합물류기업 인증제도를 도입하여 시행해오고 있다. 이러한 종합물류기업 인증제도는 기능별 물류위주의 국내물류기업 구조를 경쟁력 있는 물류전문기업 중심의 종합물류서비스로의 활성화를 유도하고, 국내 물류기업의 국제경쟁력 강화에 기여할 뿐만 아니라 화주기업의 물류비용 절감을 통해 국가산업 전반의 비용구조를 개선하고 보다 많은 부가가치를 창출할 수 있는 기반을 마련해 줄 것으로 기대되고 있다.

하지만 시행된지 올해로 9년을 맞는 종합물류기업인증제도는 물류기업의 체질 개선에 긍정적인 역할을 하고 있다는 평가도 있으나, 세제혜택 축소와 인증기준 완화 등의 문제로 인해 인증제도의 효과가 미흡하다는 지적이 많은 것도 사실이다(김용진 등, 2006; 홍미영, 2006; 송계의, 2010; 박호, 2010; 박홍균, 2011; 박찬석, 2011). 이러한 상황에 종합물류인증을 획득한 기업의 생산성 및 효율성이 인증 전보다 향상되거나 인증된 이후로 계속 증가한다면, 종합물류기업 인증제도의 긍정적인 면이 부각될 것이며 인증제도의 효용에 대한 인식도 좋아질 것이라 생각된다.

최근에 국내 종합물류인증기업의 운영효율성이나 종합물류인증이 물류기업의 기업가치에 미치는 영향에 대한 연구들을 통해 종합물류기업 인증제도의 효과를 분석하고자 하는 연구가 활발히 시도되고 있다(이정운과 오태형, 2012; 전호진과 김영민, 2012; 오승철과 안영호, 2013). 하지만 인증제가 시행된 2006년을 기준으로 인증이후 시점에 대해서만 효율성 및 생산성 변화 추세를 분석하거나 기업마다 인증시점이 다른데 이를 고려하지 않고 생산성 변화 추세를 분석할 뿐 인증시점을 고려하거나 인증 전과 인증 이후 시점을 비교한 연구나 종합물류인증기업의 생산성 변화에 영향을 미치는 결정요인을 규명한 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구는 2006년부터 시행된 국내 종합물류인증제도를 통해 인증을 획득한 종합물류기업이 인증을 획득함으로써 인증 전에 비해 어떠한 효과를 누리게 되었는지 생산성 및 효율성 측면에서 살펴보고자 한다. 즉, 종합물류인증제도에 의해 인증을 획득한 기업을 대상으로 각 기업의 인증시기가 다른 점을 고려하여 인증전 1년부터 인증 후 2년까지의 종합물류인증기업의 중요소생산성 변화 추이를 파악하고, 국내 종합물류인증기업의 중요소생산성 변화에 영향을 미치는 결정요인을 규명함으로써 종합물류인증기업의 경쟁력 제고를 위한 정

책적인 방향을 제시하고자 한다. 구체적으로 본 연구의 주요 목적은 다음과 같다.

첫째, 각 기업의 인증시기를 고려하여 종합물류인증기업의 생산성변화를 맘퀴스트 생산성 지수(Maimquist Productivity Index, 이하 MPI)로 추정하여 개별 의사결정단위(Decision Making Unit, 이하 DMU)의 생산성 변화를 기술적 효율성변화지수(Technical Efficiency Change Index, TECI), 기술적 변화지수(Technical Change Index, TCI), 순수한 효율성변화 지수(Pure Efficiency Change Index, PECI), 규모의 효율성변화지수(Scale Efficiency Change Index, SECI)로 분석하고자 한다. 즉, 종합물류인증으로 인한 생산성 변화 추이와 생산성 변화요인을 분석하고자 한다.

둘째, 횡단면 자료와 시계열 자료를 결합하여 분석하는 패널분석을 통해 종합물류인증기업의 총요소생산성 변화에 영향을 미치는 특성 변수가 무엇인지를 밝혀내어 향후 종합물류인증기업의 경쟁력 확보를 위한 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1. DEA

Charnes et al.(1978)은 다수의 투입 및 산출요소의 가중치를 고려하여 주어진 DMU(Decision Marking Unit, 의사결정 단위)의 상대적 효율성을 측정할 수 있는 DEA 모형을 제시하였다. DEA는 효율적인 DMU의 개별적인 관찰에 초점을 두어 개선 가능성에 대한 유용한 정보를 제공하기 때문에 각 DMU를 상대적으로 평가하여 효율성을 측정함과 동시에 개선안을 제시할 수 있다는 장점이 있다(김지혜 등, 2012). DEA 모형은 규모수익불변(Constant Returns to Scale: CRS)을 가정하는 CCR 모형과¹⁾ 규모수익가변(Variable Returns to Scale: VRS)을 가정하는 BCC 모형이²⁾ 대표적이며, 분석의 목적에 따라 투입지향(input oriented) 모형과 산출지향(output oriented) 모형으로 구분된다. 투입지향 모형은 생산된 산출량을 변화시키지 않고 투입량을 얼마만큼 비례적으로 감소시킬 수 있는지를 측정하는 반면에, 산출지향 모형은 주어진 투입요소를 사용하여 어느 정도까지 산출을 달성해야 하는지를 측정하는 것이다(소순후, 2011).

DEA를 이용하여 특정의 효율성을 추정하기 위한 투입지향의 CCR 모형은 식 (3)과 같다. 여기서 θ 는 기술적 효율성 값, x_i 는 투입요소, y_r 는 산출요소, ϵ 은 non-Archimedean 상수(0에 가까운 매우 작은 양의 상수), 그리고 s_i^- 와 s_r^+ 은 투입요소와 산출요소의 잔여변수(slack variable)를 나타낸다. 위 식에서 계산된 최적해는 0과 1 사이의 값을 갖게 되는데, $\theta^*=1$ 이면 DMU_k 는 효율적임을 의미하고, $\theta^*<1$ 이면 효율적이지 않음을 의미한다.

1) A. Charnes, W.W. Cooper and E. Rhodes(1978), pp.429-444.

2) R.D, Banker, A. Charnes and W.W. Cooper(1984), pp.1078-1092.

$$\text{Min } \theta - \epsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (3)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{ik} \quad (i=1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{rk} \quad (r=1, \dots, s)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j=1, \dots, k, \dots, n)$$

한편 식 (3)에 가중치(λ_j) 합을 1로 제한하는 조건, 즉 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 을 추가해 규모의 효과를 통제하면 순수한 기술적 효율성(Pure Technical Efficiency: PTE)을 추정할 수 있는 BCC 모형이 된다. 따라서 규모효율성(Scale Efficiency: SE)은 식 (4)에서와 같이 CCR(CRS) 모형에 의한 기술효율성을 BCC(VRS) 모형에 의한 순수기술효율성으로 나누어 구할 수가 있다.

$$SE = \frac{TE_{crs}}{TE_{vrs}} \quad (4)$$

결국 $TE_{crs} = TE_{vrs} \times SE$ 이 성립하므로 기술효율성은 순수기술효율성과 규모효율성으로 분해되는데, 이 두 값을 비교하여 비효율의 원인이 순수한 기술적 요인에 의한 것인지 아니면 규모적 요인에 의한 것인지를 판단할 수 있다. 이 때 $SE=1$ 이면 현재의 투입-산출 규모가 최적임을 의미하고, $SE < 1$ 이면 규모의 비효율이 존재함을 의미한다. 규모의 비효율성은 규모에 대한 수익 체증(Increasing Returns to Scale: IRS) 혹은 체감(Decreasing Returns to Scale: DRS)으로 인하여 발생하는데, 만일 $\sum_{j=1}^n \lambda_j < 1$ 이면 규모수익체증, $\sum_{j=1}^n \lambda_j > 1$ 이면 규모수익체감, 그리고 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 이면 규모수익불변을 나타낸다.

2.2. 맘퀴스트 생산성 지수(Malmquist Productivity Index, MPI)

DMU들의 상대적 효율성을 측정하기 위해 DEA 모형을 사용하는데, 절대적 수치로 나타나지 않는 부분에 대한 보완의 필요성이 있다. 이때 이용하는 방법이 맘퀴스트 생산성지수이며, 맘퀴스트 생산성지수는 기간별 생산성 변화를 분석할 수 있고 생산성 변화를 생산기술 변화와 기술효율성 변화로 세분하여 생산성 변화 원인을 파악할 수 있다. 즉, 횡단면자료와 시계열자료를 통합한 패널자료(panel data)를 사용하여 조직이나 사업의 총요소생산성의 변화(TFP change)를 측정한다.

맘퀴스트 생산성지수는 거리함수를 이용하며 Caves et al(1982)은 t 기의 생산기술과 $(t+1)$ 기의 생산기술에 대해서 식 (5)과 같이 정의하였다.

$$M^t = \frac{D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^t(x^t, y^t)}, M^{t+1} = \frac{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (5)$$

여기서, $D_I^t(x^t, y^t)$ 와 $D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 는 t 기와 $(t+1)$ 기의 투입기준 기술적 효율성을 의미한다. 즉, $D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ 는 $(t+1)$ 기의 산출 y^{t+1} 를 t 기의 기술을 이용하여 $(t+1)$ 기의 투입 x^{t+1} 과 동일한 비율을 유지하면서 줄일 수 있는 최대한의 크기를 의미한다. $D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})$, $D_I^{t+1}(x^t, y^t)$ 는 t 기와 $(t+1)$ 기 사이의 기술변화를 측정하는 데 이용된다.

Fare et al.(1994)은 맘퀴스트 생산성지수를 그대로 사용하는 경우에 평가기간 간의 자의성을 피하기 위해 두 맘퀴스트 생산성지수의 기하평균으로부터 t 기와 $(t+1)$ 기의 생산성 변화를 나타내는 투입지향 맘퀴스트 생산성지수를 식(6)와 같이 다시 정의하였다.

$$M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (6)$$

여기서, $M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) > 1$ 이면 t 기에 비해서 $(t+1)$ 기에 생산성이 증가하였다는 것을 의미하고, $M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = 1$ 이면 변화가 없음을 의미한다. $M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)$ 는 다음과 같이 TECI와 TCI로 분해할 수 있다. -

$$M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \text{TECI} \times \text{TCI}$$

$$\begin{aligned} \text{TECI} &= \frac{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^t(x^t, y^t)} \\ \text{TCI} &= \left[\frac{D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_I^t(x^t, y^t)}{D_I^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 TECI³⁾는 두 기간의 기술적 효율성 변화를 평가하는 척도이다. 그리고 TCI⁴⁾는 두 기간 사이의 생산기술변화, 즉 효율적인 변경에 의한 이동이 생산성 변화에 어떻게 기여하는가를 평가하는 척도이다.

Fare et al.(1994)은 식 (7)에서 TECI는 다시 PECI⁵⁾와 SECI⁶⁾로 분해하여 식 (8)로 전환하였다.

$$\begin{aligned} M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) &= \frac{V_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{V_I^t(x^t, y^t)} \\ &\times \left[\frac{V_I^t(x^t, y^t)}{D_I^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{V_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right] \\ &\times \left[\frac{D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_I^t(x^t, y^t)}{D_I^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (8) \\ &= \text{PECI} \times \text{SECI} \times \text{TCI} \end{aligned}$$

-
- 3) 규모수익불변 기술수준에서의 기술 효율성변화지수를 나타냄. 이는 추격 잠재력을 의미하고, 학습 및 지식파급효과, 시장 경쟁력, 비용구조 및 설비 가동률 개선 등의 영향을 반영하는 지수이다.
 - 4) 규모수익불변 기술수준에 대한 두 시점 간의 생산가능곡선의 상대적 이동을 나타내는 기술변화지수이다. 이는 혁신 잠재력을 반영하는 것이며, 신제품 및 생산공정혁신, 새로운 경영기법, 외부충격 등 생산가능곡선을 이동시키는 요인으로부터 영향을 받는다.
 - 5) 규모수익가변 기술수준에서 효율성의 상대적 변화를 의미한다.
 - 6) 규모수익가변 기술수준에 대응하는 규모수익불변 기술수준에서의 최대 산출량의 비율을 의미한다.

따라서, 맘퀴스트 생산성지수는 식 (8)과 같이 PECE, SECE, TCE 등 세 가지 부분으로 분해하여 추정할 수 있다. 식 (8)에서 $V_I^t(x^t, y^t)$ 는 t 기의 규모수익가변(Variable Returns to Scale: VRS) 기술에서의 투입거리함수를 나타내고 $V_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})/V_I^t(x^t, y^t)$ 는 t 기에 대한 $(t+1)$ 기의 PECE를 평가하는 척도이다. $V_I^t(x^t, y^t)/D_I^t(x^t, y^t)$ 는 t 기에서의 규모수익불변(Constant Returns to Scale: CRS) 기술에 대한 규모수익가변 기술의 투입거리함수의 비율을 나타내고 이는 SECE를 의미한다(표희동과 김종천, 2010).

다시말해, 총요소생산성 변화는 기술적 효율성 변화(technical efficiency change)와 기술변화(technological change)로 구성되어 있으며, 기술적 효율성 변화는 기술적 순효율성 변화(pure technical efficiency change)와 규모효율성 변화(scale efficiency change)로 구분된다. 특히 패널 자료를 이용하는 경우에 맘퀴스트 생산성지수는 기관별 효율성 변화와 기술변화를 포함하는 생산성 변화를 측정할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

2.3. 선행연구의 고찰

기업의 효율성 및 생산성 변화 추이를 분석하기 위해 DEA와 Malmquist 생산성지수를 이용한 연구는 다수가 있다. Bi et al(2011)은 안후이성에 있는 중국 은행 17 지점의 생산성을 측정하였는데, 그 결과 2007/2008년 생산성은 감소하는 결과를 보였고, 2008/2009년 생산성은 효율성 증가로 인해 크게 상승한 것으로 나타났다. Sekhri(2011)는 인도은행을 대상으로 2004년부터 2009년까지 효율성 및 생산성 변화를 측정하였다. 인도은행의 평균생산성을 분석한 결과 외국은행이 가장 높았고, 민간은행, 공적은행 순인 것으로 나타났다.

모수원 등(2010)은 부산항과 광양항의 11개 터미널 야드의 주요 하역장비에 대하여 DEA-Malmquist 생산성지수 분석과 생산성에 대한 결정요소를 분석하였다. 그 결과 세 가지 투입물 배합 TC와 C/C, TC와 YT, YT와 C/C에 관계없이 생산성이 감소하는 결과를 보였는데 그 원인이 기술효율성에 있음을 제시하였다. 조문숙(2011)은 2001년부터 2009년까지 국내 물류기업의 생산성을 측정하고, 생산성 변화 요인을 분석하였으며, 그 결과, 물류산업의 생산성은 증가했지만 증가가 점차 둔화되는 추세를 보이고 있고, 생산성 증가는 기술진보 보다는 효율성 증가의 영향이 큰 것으로 나타났다.

주현태와 박형중(2011)은 2006년부터 2010년 까지 우리나라 38개 외감 창업투자회사들을 대상으로 상대적 효율성 및 생산성변화를 측정하였다. 그 결과, 창업투자회사들의 평균생산성변화는 1.115로 매년 11.5%씩 증가하였으며, 이러한 생산성변화의 주요원인은 규모효율성의 변화에 기인하는 것으로 나타났다.

이윤과 안영호(2011)는 한국의 주요 국가 산업단지의 운영 효율성을 분석하기 위해 DEA와 Malmquist 생산성지수를 활용하였다. 한국의 주요 국가 산업단지의 9년간의 총요소생산성의 변화는 전체적으로 18.1% 상승하면서 전체적인 증감 폭이 크지 않으나 개별 단지별로 큰 변화를 보인다는 결과를 제시하였다.

박광서 등(2012)은 DEA와 Malmquist 생산성지수를 활용하여 해외 주요 해운선사와 우리나라 주요 해운선사를 대상으로 최근 6년(2006년~2011년)간 자료를 기초로 정태적 효율성과 동태적 효율성을 비교분석 하였다. 분석 결과, 해외 주요 해운선사의 2008년 대비 2009년 생산성이 대폭 감소한 반면, 한국의 주요 해운선사는 2009년 대비 2010년 생산성이 대폭 감소한 것으로 나타나 생산성 하락에 시차가 있는 것으로 나타났다.

오승철과 안영호(2013)는 최근 5년(2006년~2010년)간 자료를 기초로 국내 종합물류인증 기업의 운영효율성을 DEA 모델과 Malmquist 생산성 지수를 이용하여 평가하였으며, 그 결과 종합물류인증기업의 생산성이 향상된 것으로 나타났다.

III. 분석자료

3.1. 조사대상 및 DMU 설정

정부의 종합물류기업인증제도에 의해 2006년 6월에 실시된 제1차 심사에서 총 10개 물류 기업(군)이 선정된 것을 시작으로, 2011년 말 현재 26개 기업군(제휴기업포함 49개 기업)에 이른다. 이 중 단독으로 인증을 획득한 기업은 10개에 불과하고 나머지 39개 기업은 제휴인증기업(군)에 해당된다.

본 연구에서는 종합물류인증기업의 생산효율성 변화를 분석하기 위해 2011년 말 기준으로 종합물류기업인증센터(cilc.koti.re.kr)에 등록되어 있는 단독 및 제휴 인증기업을 분석대상으로 하였다. 실증분석의 신뢰성을 높이기 위해 외부감사 공시 기업으로 한정하여 최종 선정된 42개 기업(DMU1~DMU42)은 <표 1>과 같다.

<표 251> 종합물류인증기업 현황(2011년 말)

인증유형	인증 기업
단 독 (10)	(주)한진, 현대로지스틱스(주), 씨제이대한통운(주), (주)동방, (주)범한판토스, (주)선광, 현대글로벌비스(주), 대한송유관공사, (주)동부익스프레스, 인터지스(주)
제 휴 (32)	CJ GLS(주), 한익스프레스, (주)극동티엘에스, 선진해운항공(주), (주)해우지엘에스, KCTC, 고려종합국제운송(주), 고려해운(주), (주)고려해운항공, 동원산업(주), (주)동영콜드프라자, 장금상선(주), 평택컨테이너터미널(주), 용마로지스(주), 세방(주), (주)세방익스프레스, (주)영진공사, (주)디티씨, 태영상선(주), 우련통운(주), 유성티엔에스, 천경해운(주), (주)천경, (주)동진, 천일정기화물자동차(주), 흥아해운(주), (주)국보, 은산해운항공(주), 은산컨테이너터미널(주), 한국파렛트폴(주), 한국컨테이너폴(주), 한국로지스폴(주)

3.2. 투입 및 산출변수 선정과 자료 수집

생산효율성 측정을 위한 변수는 기업의 경영활동과 관련된 모든 요소를 사용하는 것이 이상적이다. 그러나 현실적으로는 데이터 수집과 자유도 등의 문제로 인하여 전통적으로 사용하는 노동과 자본을 많이 활용한다. 따라서 본 연구에서는 투입변수로서 노동과 자본을 계량적으로 측정하기 위해 유형자산, 부채, 자본, 종업원 급여를 선정하였고, 산출변수로 기업의 생산 활동의 결과인 물적단위의 생산량을 사용하는 대신 화폐 단위로 측정한 매출액을

대용변수로 사용하였다. 다수의 산출물을 다룰 수 있는 DEA모형의 장점을 활용하려면 다수의 산출변수를 선정하는 것이 바람직하지만, 본 연구의 주요 목적이 생산효율성 변화의 추이 분석에 있기 때문에 하나의 대표적인 산출변수를 선정하였다.

이러한 투입 및 산출변수의 선정에 관한 합의된 방법이 제시되어 있지는 않지만, 기존 문헌에 의하면 DMU의 수(n), 투입변수의 수(m), 산출물의 수(s)의 관계가 $n \geq \max\{m \times s, 3(m+s)\}$ 의 조건을 갖추는 것이 바람직하다고 알려져 있으며⁷⁾, 본 연구는 이와 같은 권고기준을 충족하고 있다. 분석을 위한 자료의 수집은 금융감독원 전자공시시스템과 한국상장협회의 TS-2000 DB를 활용하여 획득하였다. 본 연구에 사용된 투입변수와 산출변수의 기술통계는 <표 2>와 같다.

<표 252> 투입변수 및 산출변수의 기술통계

(단위: 백만원)

구 분	투입변수				산출변수
	유형자산	부채	자본	종업원급여	매출액
평 균	128,272	162,001	138,045	9,213	329,724
표준편차	211,485	243,040	398,226	10,433	531,730
최대값	1,462,906	1,473,811	4,780,095	58,817	3,192,754
최소값	39	4,077	749	349	8,871

IV. 분석결과

4.1. Malmquist 생산성 변화 분석결과

본 연구는 시간의 흐름에 따른 종합물류인증기업의 생산성 변화를 분석하기 위해 2011년 말 현재 종합물류인증을 유지하고 있는 42개 기업을 대상으로 각 기업의 인증전 1년부터 인증 후 2년까지의 패널데이터를 이용하였으며, 두 기간 사이의 생산성 변화를 Malmquist 생산성 지수 기법으로 측정하였다. 투입요소의 비효율성을 측정하기 위하여 투입방향 모형을 이용하였다.

<표 3>은 42개 종합물류인증기업의 연평균 Malmquist 생산성지수(Malmquist Productivity Index: MPI), 기술적 효율성 변화지수(Technical Efficiency Change Index: TECI)와 기술 변화지수(Technical Change Index: TCI)를 나타낸 것이다.

Malmquist 생산성 지수는 2개 시점간의 생산성 변화를 나타내는데, 만일 “MPI>1”이면 시점 1과 2 사이에 종합물류인증기업의 생산성이 향상되었다는 것을 의미하고, “MPI=1”이면 시점 1과 2 사이에 종합물류인증기업의 생산성의 변화가 없었다는 것을 의미하며, “MPI<1”이면 시점 1과 2 사이에 종합물류인증기업의 생산성이 낮아졌다는 것을 의미한다.

<그림 1>은 연도별 종합물류인증기업의 생산성 변화 추이 그래프이다. 그래프를 살펴보

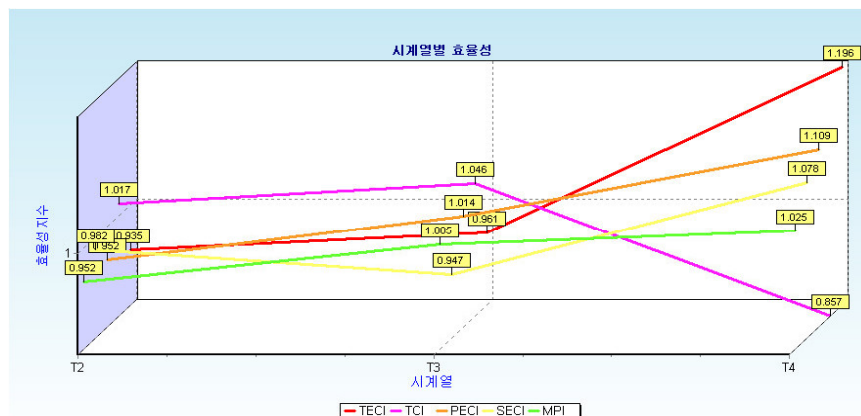
7) W.W. Cooper, L.M. Seiford and K. Tone(2007), p.116.

면, 먼저 총요소생산성의 경우 인증전년도와 인증연도 간($t-1$ 기 ~ t 기)에는 생산성 지수가 1보다 작아($MPI < 1$) 종합물류인증기업들의 생산성이 낮은 것으로 나타났지만, 종합물류기업으로 인증을 받은 이후 1년차(t 기 ~ $t+1$ 기)에는 생산성 지수가 0.5%로 증가하였고, 인증 후 1년차와 2년차($t+1$ 기 ~ $t+2$ 기)에는 2.5%가 증가하여 종합물류기업으로의 인증이 물류기업의 생산성에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다.

물류기업별로 보면, 분석기간($t-1$ 기 ~ $t+2$ 기)동안 생산성이 상승한 기업은 21개 이고, 21개 기업은 하락하였다. 4년간 평균 생산성이 상승한 기업은 DMU1(1.150), DMU2(1.056), DMU23(1.144), DMU13(1.084), DMU21(1.055) 등이고, 하락한 기업은 DMU7(0.974), DMU10(0.951), DMU14(0.928) 등이다(<표 4>).

<표 253> 기간별 종합물류인증기업의 총요소생산성 변화

DMUs	TECI ($A=B \times C$)	PTECI(B)	SECI(C)	TCI (D)	MPCI ($E=A \times D$)
$t-1$ 기 ~ t 기	0.935	0.952	0.982	1.017	0.952
t 기 ~ $t+1$ 기	0.961	1.014	0.947	1.046	1.005
$t+1$ 기 ~ $t+2$ 기	1.196	1.109	1.078	0.857	1.025
기하평균	1.024	1.023	1.001	0.970	0.993



<그림 85> 기간별 종합물류인증기업 총요소생산성 변화 추이

한편 Malmquist 생산성 지수는 기술적 효율성 변화(TECI)와 기술 변화(TCI)의 곱으로 정의되는데, 기술적 효율성 변화는 2개 시점 간에 어느 정도 효율성이 향상(또는 퇴화)되었는가를 나타내고, 기술 변화는 2개 시점 간에 효율적 프런티어가 어느 정도 변화하였는가를 표시한다. <표 3>을 보면, 기술적 효율성 변화지수가 증가하는 추세를 보이는 반면 기술 변화지수는 점차 감소하는 것으로 나타나 종합물류인증기업의 총요소생산성의 증가는 효율성 증가에 기인하는 것으로 나타났다. 특히 기술적 효율성 변화 중 기술적 순효율성 변화(연평균 2.3%)가 총요소생산성의 증가세에 주요하게 작용하고 있는 것으로 나타났다.

<표 4>에 제시된 기술적 효율성 변화(TECI)를 물류기업별로 살펴보면, 분석기간($t-1$ 기 ~ $t+2$ 기)동안 42개 기업 중 23개 기업이 향상되었는데 특히 DMU12의 경우 22.7%가 향상되었

으며, DMU18도 21.7%가 향상된 것으로 나타났다. 기술 변화(TCI)에 대한 추이를 살펴보면, 42개 기업 중 11개 기업만이 기술적 변화의 향상을 보이는 것으로 나타나 기술적 효율성 변화에 비해 상대적으로 낮은 결과를 보이고 있다.

<표 254> 종합물류인증기업의 총요소생산성 변화(t-1기 ~ t+2기 평균)

DMUs	TECI (A=B×C)			TCI (D)	MPCI (E=A×D)
		PTECI(B)	SECI(C)		
DMU1	1.041	1.000	1.041	1.104	1.150
DMU2	1.119	1.086	1.030	0.944	1.056
DMU3	0.998	1.000	0.998	1.007	1.005
DMU4	1.019	0.982	1.037	0.955	0.973
DMU5	0.895	0.998	0.897	0.973	0.871
DMU6	0.970	1.000	0.970	0.865	0.839
DMU7	1.000	1.000	1.000	0.974	0.974
DMU8	0.981	1.060	0.925	1.021	1.001
DMU9	1.000	1.000	1.000	1.125	1.125
DMU10	1.040	0.971	1.071	0.915	0.951
DMU11	1.148	1.128	1.017	0.968	1.111
DMU12	1.227	1.078	1.138	0.912	1.119
DMU13	1.131	1.110	1.019	0.958	1.084
DMU14	1.000	1.000	1.000	0.928	0.928
DMU15	1.026	1.038	0.989	1.054	1.082
DMU16	0.934	0.878	1.064	1.008	0.941
DMU17	1.000	1.000	1.000	0.927	0.927
DMU18	1.217	1.167	1.043	0.953	1.160
DMU19	0.980	1.048	0.935	0.999	0.978
DMU20	1.079	1.059	1.019	1.025	1.106
DMU21	1.079	1.141	0.946	0.978	1.055
DMU22	1.054	1.060	0.994	0.982	1.035
DMU23	1.085	1.000	1.085	1.055	1.144
DMU24	1.093	1.087	1.006	0.940	1.027
DMU25	1.022	1.022	1.000	0.912	0.932
DMU26	0.929	0.926	1.004	0.937	0.871
DMU27	1.179	1.030	1.144	0.900	1.061
DMU28	0.930	1.056	0.881	1.011	0.939
DMU29	0.805	1.000	0.805	1.008	0.811
DMU30	0.985	0.992	0.993	0.985	0.970
DMU31	0.823	0.846	0.973	0.921	0.758
DMU32	0.939	0.967	0.971	0.937	0.880
DMU33	1.119	1.092	1.025	0.965	1.080
DMU34	1.060	1.072	0.989	0.959	1.017
DMU35	1.163	1.158	1.004	1.168	1.358
DMU36	1.069	0.999	1.071	0.916	0.979
DMU37	0.895	0.942	0.949	0.850	0.761
DMU38	0.908	0.908	1.001	0.996	0.905
DMU39	1.125	1.143	0.984	0.939	1.056
DMU40	1.000	1.000	1.000	0.907	0.907
DMU41	0.999	1.003	0.996	0.966	0.966

DMU42	1.140	1.030	1.107	0.973	1.109
기하평균	1.024	1.023	1.001	0.970	0.993

4.2. 중요소생산성 변화의 결정요인 분석

4.2.1. 모형설정

종합물류인증기업의 중요소생산성 변화에 영향을 미치는 결정요인을 분석하기 위해 각 기업의 인증 전 1년부터 인증 후 2년 패널데이터를 이용하여 측정된 Malmquist 생산성변화지수를 종속변수로 하고, 각 인증기업의 중요소생산성 변화에 영향을 미칠 것으로 기대되는 요인들을 독립변수로 설정하여 회귀분석을 실시하고자 한다.

따라서 본 절에서는 종합물류인증기업의 중요소생산성 변화에 영향을 주는 결정요인을 추정하기 위하여 다음과 같이 모형을 설정하였다.

$$MPCI_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 CILC_{i,t} + \beta_2 CT_{i,t} + \beta_3 SIZE_{i,t} + \beta_4 DEBT_{i,t} + \beta_5 ROS_{i,t} + \text{검정} + \text{과검정}$$

여기에서,

MPCI(Malmquist Productivity Change Index) = 생산성변화지수

CILC(Certified Integrated Logistics Companies)

= 인증전후로서 인증 이후연도이면 1, 이전연도이면 0인 더미변수

CT(Certification Type) = 인증형태로서 단독인증이면 1, 제휴인증이면 0인 더미변수

SIZE = 기업규모로서 총자산에 자연로그를 취한 값

DEBT = 부채비율로서 부채를 총자산으로 나눈 값

ROS = 순이익을 매출액으로 나눈 값

본 연구는 기존 연구들에 기초하여 중요소생산성 변화에 영향을 미치는 요인들을 선정하였다. 우선 위 모형식에서 주된 관심변수는 인증관련 변수로서, 종합물류인증기업들의 중요소생산성 변화에 인증여부와 인증형태가 어떠한 영향을 미치는지 분석하고자 하였다. 또한 중요소생산성 변화에 영향을 미칠 것으로 예상되는 기업특성변수로서 기업규모(SIZE), 부채비율(DEBT), 매출액대비순이익률(ROS)을 선정하였다. 기업특성이 중요소생산성에 영향을 미칠 수 있으므로 이들 변수들의 영향을 통제하고도 인증전후와 인증형태가 중요소생산성에 추가적인 설명력을 지니는지 모형에 포함하였다.

4.2.2. 패널분석결과

실증분석에 사용된 자료는 횡단면자료이면서 시계열자료인 패널자료로 구성되어 있기 때문에 분석기법도 패널자료를 적용할 수 있는 추정기법을 사용하였다.

패널분석은 일반 다중회귀분석이 가지는 한계점인 기간의 특성을 보다 세부적으로 반영하지 못하는, 일정시점이나 전체 기간의 평균값에 의한 횡단면 자료에 의해서만 분석한다는 점을 해결하기 위한 방법론이다. 즉, 횡단면 자료는 특정 시점에서 여러 개체에 대한 조사이기 때

문에 변수들 간 정적(static) 관계만을 추정할 수 있지만 패널자료에서는 개인이 반복하여 관찰되기 때문에 동적(Dynamic)관계를 추정할 수 있다. 또한 패널자료는 횡단면 또는 시계열자료에 비해 더 많은 정보와 변수의 변동성(variability)을 제공한다. 결과적으로 효율적인 추정량(efficient estimator)을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이에 따라 선형회귀모형에서는 다중공선성(multi-collinearity) 문제를 완화시킬 수 있다.

패널분석에는 개별효과를 실증분석에 반영하는 과정에서 두 가지 분석기법을 활용할 수 있다. 즉 고정효과모형(fixed effect model)과 확률효과모형(random effect model)이 있다. 두 가지 모형 모두 $y_{it} = \alpha + \beta_{it} + u_i + e_{it}$ ⁸⁾로 고정효과모형에서는 오차항 u_i 를 추정해야 할 모수(parameter)로 간주하고, 확률효과모형에서는 u_i 를 확률변수(random variable)로 가정하는 차이가 있다.

본 연구에서는 고정효과모형을 사용할 것인지 또는 확률효과모형을 사용할 것인지를 여부를 결정하기 위하여 하우스만 검정(Hausman Test)을 실시하였다. 그 결과 고정효과모형 보다 확률효과모형을 사용하는 것이 적합한 것으로 나타났으며, <표 5>에 분석결과가 제시되어 있다. 한편 모형의 오차항에 대하여 Modified Wald test에 의한 이분산성(heteroskedasticity) 검정과 Wooldridge test에 의한 자기상관(autocorrelation) 검정을 수행하였는데, 이분산성이 존재하고 자기상관은 존재하지 않는 것으로 나타나 추정 시 이를 적용하였다.

확률효과모형에 의한 결과를 살펴보면, 종합물류기업 인증전후를 나타내는 CILC변수는 5% 수준에서 유의한 결과가 나왔다. 이러한 결과로 정부의 종합물류기업으로의 인증이 물류기업의 총요소생산성 변화에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 그러나 종합물류기업의 인증을 단독으로 획득했는지, 제휴를 통해 획득했는지를 나타내는 CT변수는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다. 이는 종합물류기업 인증을 어떤 형태로 획득하였는지 물류기업의 총요소생산성 변화에는 별다른 영향을 미치지 않았다는 것을 의미한다.

SIZE는 확률효과 모형에서 계수값이 0.01로써 양(+)의 부호를 보여 종합물류기업의 규모가 총요소생산성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으나 통계적인 유의성은 존재하지 않았다. DEBT와 ROS는 계수값이 각각 -0.08과 -0.32로써 음(-)의 관련성을 보였으나 두 변수 모두 통계적인 유의성은 없었다. 이러한 결과는 기업의 대표적인 특성을 나타내는 변수인 기업규모, 부채비율, 매출액대비순이익률이 종합물류기업의 총요소생산성에 미치는 영향보다는 종합물류기업의 인증이 총요소생산성 증가에 결정적인 영향을 미친다는 결과를 제시하고 있다.

8) α =상수항, β_{it} = 독립변수, u_i = 시간에 따라 변하지 않는 패널의 개체특성을 나타내는 오차항, e_{it} = 시간과 패널 개체에 따라 변하는 순수한 오차항

<표 255> 종합물류인증기업의 총요소생산성 변화의 결정요인 분석 결과

구분	Fixed Effect			Random Effect		
	Coef	std.Err.	t-value	Coef	std.Err.	z-value
상수	-2.61	2.15	-1.21	0.87	0.28	3.09***
CILC	0.03	0.05	0.62	0.08	0.04	2.07**
CT	0.03	0.08	0.30	-0.07	0.06	-1.21
SIZE	0.19	0.12	1.62	0.01	0.01	0.58
DEBT	0.07	0.36	0.18	-0.08	0.11	-0.72
ROS	0.25	0.46	0.55	-0.32	0.30	-1.08
Hausman Test	$\chi^2 = 8.74, p = 0.119$					

주: ***는 1% 수준의 유의성, **는 5%수준의 유의성을 표시

V. 결 론

최근 기업 물류환경의 급격한 변화로 인해 국제물류시장의 주도권을 확보하기 위한 글로벌 물류기업들의 경쟁이 치열하게 전개되고 있다. 그러나 국내 물류기업은 글로벌 물류기업에 비해서 여전히 그 규모와 해외 네트워크 수준이 영세하고, 단단계 거래구조와 자가 물류(제1자 물류) 및 자회사 물류(제2자 물류) 중심의 시장구조 등으로 인하여 물류효율성 역시 높지 않은 실정이다(박이숙과 소순후, 2013). 이에 정부는 기업물류비 절감을 통해 제조업의 글로벌 경쟁력을 배양하고, 동시에 우리나라 물류기업이 동북아를 비롯한 국제물류시장에 진출하여 글로벌 부가가치를 획득할 수 있는 기반을 구축하기 위해 국가물류기본계획(2001~2020)을 수립하였다. 이러한 정부 주도 물류정책 중 지난 2006년 최초로 도입된 ‘종합물류기업인증제도’는 「물류정책기본법」에 의거한 정부의 대표적인 물류전문기업 육성 정책이다(이정윤과 오태형, 2012).

종합물류기업 인증제도는 물류기업의 체질 개선에 긍정적인 역할을 하고 있다는 평가도 있으나, 세제혜택 축소와 인증기준 완화 등의 문제로 인해 인증제의 효과가 미흡하다는 지적이 많은 것도 사실이다. 또한 당초 취지와는 달리 과도한 인증기업 배출로 인한 변별력 약화로 부정적인 시각을 제시하고 있는 견해도 있다(홍미영, 2006; 최석범 등, 2006; 박찬석, 2011). 이에 본 연구는 2006년부터 시행된 국내 종합물류인증제도를 통해 인증을 획득한 종합물류기업이 인증을 획득함으로써 어떠한 효과를 누리게 되었는지 생산성 및 효율성 측면에서 살펴봄으로써 종합물류인증제도의 효용과 시사점을 제시하고자 하였다.

먼저 시간의 흐름에 따른 종합물류인증기업의 생산성 변화를 분석하기 위해 2011년말 현재 종합물류인증을 유지하고 있는 42개 기업을 대상으로 각 기업의 인증전 1년부터 인증 후 2년까지의 패널데이터를 이용하여 두 기간 사이의 생산성 변화를 Malmquist 생산성 지수 기법으로 측정하였다.

분석 결과, 분석대상기업들의 연평균 총요소생산성이 종합물류기업인증을 받기 전 보다 인증을 받은 후에 증가되는 추세를 보였다. 이는 특정 물류기업이 정부로부터 ‘종합물류기업 인증’을 받게 된 경우, 총요소생산성에 긍정적인 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 증가의 원인이 기술진보에 의한 것인지 효율성 증가에 기인하는 것인지를 살펴본 결과,

총요소생산성의 증가는 효율성 증가에 기인하는 것으로 나타났다.

둘째, 종합물류인증기업의 총요소생산성 변화에 영향을 미치는 결정요인을 규명하기 위해 종합물류인증기업의 총요소생산성 지수를 반응변수로 하고, CILC, CT, SIZE, DEBT, ROS 등 5개의 요인을 설명변수로 하는 모형을 설정하여 패널분석을 실시하였다.

분석결과, 인증전후를 나타내는 CILC변수만이 총요소생산성 변화에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났고, 인증형태(CT), 기업규모(SIZE), 부채비율(DEBT), ROS(매출액대비순이익율)은 유의미한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 종합물류기업으로의 인증이 물류기업의 총요소생산성 증가에 결정적인 영향을 미치는 중요한 변수임을 확인할 수 있었다.

이와 같이 본 연구는 최근 종합물류인증제도에 대한 회의적인 시각과 함께 인증제의 효과에 대한 의문이 학계와 물류산업 내에서 불거지고 있는 상황에서 종합물류인증을 획득한 기업을 대상으로 인증 전 후 총요소생산성 변화 추이를 파악하고 그 결과를 제시하고 있다. 종합물류인증을 획득한 기업들의 각각의 인증시기를 고려하여 인증전 1년부터 인증 후 2년까지의 종합물류인증기업의 연평균 총요소생산성 변화 추이를 파악한 결과는 ‘종합물류기업 인증’을 받기 전보다 받은 후에 생산성이 증가되는 경향을 보이고 있었다. 이러한 결과는 종합물류기업인증제도가 인증을 획득한 물류기업의 총요소생산성 변화에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 의미한다. 또한 총요소생산성 변화에 영향을 미치는 결정요인을 분석한 결과에서도 인증전후를 나타내는 CILC변수가 통계적으로 유의한 영향을 주는 것으로 나타남으로써 이러한 결과를 뒷받침해준다고 할 수 있다.

결론적으로 정부가 주도하는 물류기업 관련 인증제도가 해당 물류기업의 총요소생산성 변화에 긍정적인 영향을 미치기 때문에 인증을 획득한 기업은 이를 유지하기 위한 지속적인 노력이 필요할 것이며, 해당 인증을 바탕으로 경쟁력 향상을 위한 물류 비즈니스모델과 추가적인 수익창출 노력을 기울여야 할 것이다.

본 연구는 기존연구들이 종합물류인증을 받은 기업들의 인증시기를 고려하지 않고 생산성 변화 추세를 분석한 것과 달리 종합물류인증기업 각각의 인증시기를 고려하여 패널데이터를 구축하였고 이를 이용하여 생산성변화를 분석하였다. 또한 분석대상 기간 동안 종합물류인증기업들의 연평균 총요소생산성이 증가한 결과를 제시한 점에는 의의가 있다. 하지만 본 연구의 대상이 되는 42개 기업 모두 분석대상 기간동안 생산성이 증가한 결과를 보이지는 않고 있다는 점에 있어 연구 결과를 일반화하기에는 다소 어려운 측면이 있다. 또한 총요소생산성 변화에 영향을 미치는 결정요인의 분석을 위한 변수 선정에 있어서 종합물류인증기업의 특성을 반영할 수 있는 여러 변수들을 고려하지 못하고 인증전후나 인증형태, SIZE, DEBT, ROS와 같은 일반적인 기업특성변수만을 포함한 한계를 지니고 있다. 따라서 향후 연구에서는 종합물류인증기업의 총요소생산성에 영향 주는 다양한 변수를 고려하여 분석할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 김용진, 서상범, 하헌구(2006), “물류산업의 구조적 분석과 종합물류업 활성화 방안,” 한국항만경제학회지, 제22권 제1호, 61-86.
- 김지혜, 김해수, 임빛나, 윤장혁(2012), “DEA와 맘퀴스트 생산성 지수를 활용한 OECD 국가간 의료서비스 효율성 분석,” 한국경영과학회지, 제37권 제4호, 125-138.
- 모수원, 박홍균, 이민희(2010), “컨테이너 터미널의 생산성과 효율성 변화에 결정요소,” 해운물류연구, 제66권 제3호, 583-600.
- 박광서, 구종순, 황경연(2012), “한국과 해외 주요 해운선사의 효율성 및 생산성 비교 분석-DEA와 Malmquist 생산성지수 활용,” 해운물류연구, Vol. 75, 1-33.
- 박이숙, 소순후(2013), “SFA와 DEA를 이용한 종합물류인증기업의 효율성 비교분석,” 해운물류연구, 제29권 특집호, 937-954.
- 박찬석(2011), “종합물류기업 인증제도 현황과 개선방안,” 우정정보, 제85권, 39-69.
- 박호(2010), “종합물류기업인증제에 따른 제3자 물류기업의 경영효율성에 관한 비교 연구,” 부산대학교 석사학위논문.
- 박홍균(2011), “종합 물류기업의 경쟁력 분석,” 한국항만경제학회지, 제27권 제2호, 261-273.
- 송계의(2010), “종합물류기업인증제 도입에 따른 제3자물류의 성공요인,” 한국물류학회지, 제20권 제3호, 85-109.
- 소순후(2011), “비방사적 SBM 모형을 이용한 지역전략산업 기술개발투자의 효율성 분석,” 산업경제연구, 제24권 제2호, 1169-1188.
- 오승철, 안영호(2013), “DEA와 Malmquist 생산성지수를 이용한 종합물류인증기업의 상대적 효율성 분석,” 로지스틱스연구, 제21권 제2호, 93-112.
- 이윤, 안영호(2011), “DEA와 Malmquist 생산성지수를 이용한 한국의 주요 국가산업단지 운영 효율성 분석,” 한국지역개발학회지, 제23권 제5호, 95-118.
- 이정운과 오태형, 2012, “종합물류기업인증이 물류기업의 기업가치에 미치는 영향에 대한 연구-사건연구(event study) 방법론을 중심으로,” 로지스틱스 연구, 제20권 제2호, 93-106.
- 전호진, 김영민(2012), “종합물류기업 인증제도의 재무성과 분석,” 국제상학, 제27권 제3호, 145-165.
- 조문숙(2011), “DEA-Malmquist 생산성지수를 이용한 국내 물류산업의 생산성 변화 분석,” 인하대학교 석사학위논문.
- 주현태, 박형중(2011), “국내 창업투자회사의 상대적 효율성 및 생산성 분석-글로벌금융위기시기,” 기업경영연구, 제18권 제4호, 277-290.
- 최석범, 유재균, 홍미영(2006), “종합물류업자 인증제도의문제점과 해결방안,” 국제상학, 제21권 제2호 195-222.
- 표희동, 김종천(2010), “맘퀴스트 생산성지수를 이용한 수산물 가공식품 도매업의 생산성 분석에 관한 연구,” *Ocean and Polar Research*, Vol.32 No.4, 387-396.
- 홍미영(2006), “한국의 종합물류기업 인증제도의 문제점과 활성화 방안, 중앙대학교 석사학위논문.

- Banker, R. D., A. Charnes, and W. W. Cooper(1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Bi, G. B., J. J. Ding, Y. Luo, and L. Liang(2011), "A New Malmquist Productivity Index Based on Semi-Discretionary Variables with an Application to Commercial Banks of China," *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 10(4), 713 - 730.
- Caves, D. W., L. R. Christensen, and W. E. Diewert(1982), "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity," *Econometrica*, 50(6), 1393-1414.
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes(1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Cooper, W. W., L. M. Seiford, and K. Tone(2007), *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Springer Science+Business Media, LLC.
- Fare, R., S. Grosskopf, B. Lindgren, and P. Roos(1994), *Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Sekhri, V.(2011), "A DEA and Malmquist Index Approach to Measuring Productivity and Efficiency of Banks in India," *The IUP Journal of Bank Management*, 10(3), 51-65.