
국가 정보통신기술의 활용성과 평가: 자료포락분석과 맘퀴스트지수 분석을 중심으로

양창훈*

<목 차>

- I. 서 론
- II. 이론적 고찰
- III. 연구방법
- IV. 분석결과
- V. 결 론

국문초록 : 정보화 사회의 도래에 따른 정보통신기술의 발전과 활용이 국가 경제구조 및 성장에 급격한 영향을 미치고 있는 추세에 맞춰 본 연구는 자료포락분석과 맘퀴스트지수를 활용하여 국가별 정보통신기술의 활용성과를 상대적 효율성 및 생산성의 관점에서 접근하고자 하였다. 투입요소로 ICT환경과 ICT이용준비도 그리고 산출물로 ICT활용도를 이용하여 총 28개 국가를 대상으로 2008년부터 2011년 동안 정보통신기술 활용성과를 진단한 결과, 자료포락분석에서는 전체적인 ICT 효율성이 감소한 것으로 나타나 외형적 성장에 비해 실질적인 ICT 활용 부문은 부진한 것으로 판단되었고, 맘퀴스트지수 분석결과에서도 전체적인 ICT 생산성은 지난 3개년 구간동안 개선되지 않은 것으로 분석되었다. 이러한 분석결과를 종합적으로 고려해 볼 때, ICT 활용성과를 제고하기 위해서는 지금까지 추진해온 물리적 요소의 양적 투입에 의존하는 외형적 개발정책보다는 투입요소와 산출물을 합목적으로 연계시키고 ICT 활용 효율성을 증진시킬 수 있는 다각적인 운영 합리화 방안이 필요하다고 본다.

주제어 : 자료포락분석, 맘퀴스트지수, 상대적 효율성 및 생산성, 정보통신기술, 국가 ICT 활용성과

* 관동대학교 행정학과 조교수 (cy8064@gmail.com)

An Evaluation of Cross-National Information and Communication Technology Practices Using Data Envelopment Analysis and Malmquist Index

Chang Hoon Yang

Abstract : In this study, a comparison has been made among the countries regarding recent ICT practices being performed based on the measures of relative efficiency and productivity growth that use multiple inputs and outputs. Efficiency measures a country's ICT performance relative to a benchmark at a given point of time and productivity measures a country's performance over a period of time. An output-oriented Data Envelopment Analysis and Malmquist Index has been used for comparison among 28 countries over the period 2008-2011 by incorporating 9 variables. The empirical findings disclose gross inefficiencies in national ICT practices, which show that there is room for enhancing output gains through increased efficiency in their operations. In addition, 13 countries have performed better than others in total factor productivity mainly because of their improvement in the underlying technological progress in ICT. For those technically inefficient countries, however, technical inefficiency may hamper the growth of total factor productivity of ICT practices.

Key Words : Data Envelopment Analysis, Malmquist Index, Relative Efficiency, Productivity Growth, Information and Communication Technology, Cross-National ICT Practices

I. 서론

전 세계적으로 정보통신기술(Information and Communication Technology: ICT)은 국가 경쟁력을 제고하기 위한 중요 요소로 간주되어 왔으며, 특히 국가 경쟁우위 확보를 위한 정보통신 산업분야 및 관련 기술 개발을 위한 지원이 주요 정책적 관심사가 되어왔다. 미국은 2011년 「국가혁신전략」에서 ‘첨단IT생태계 (advanced IT ecosystem)’ 조성의 필요성을 강조하며 차세대 IT R&D 지원을 통한 미래 경제성장 및 경쟁력 제고 정책을 수행하고 있다. EU는 2010년 「유럽2020」의 ‘유럽 디지털 아젠다 (Digital Agenda for Europe)’와 7차 프레임워크 프로그램(2007-2013)을 통하여 IT 경쟁력 제고를 위한 지원 확대를 강화하고 있다(정보통신산업진흥원, 2011). 또한 우리나라의 경우, 정보통신시장의 국제환경에 능동적으로 대응하고 국내통신시장의 창출과 경쟁력 제고를 위하여 1995년 「국가정보화 기본법」을 제정하고, 1996년부터 정보화 비전 및 청사진을 담은 『국가정보화 기본계획』¹⁾을 5년마다 수립함으로써 경쟁체제 도입의 기반을 마련하고, 통신사업 구조조정을 위한 방안과 장기적 지원정책 수립을 위한 노력을 기울이고 있다.

최근에 들어서는 정보통신 산업이나 기술에 대한 양적 성장을 위한 일방적 지원보다는 축적된 ICT 활용을 통해 경제 전체의 생산성 향상을 도모할 수 있는 방향으로 정부의 주된 관심영역이 전환되고 있다. 박근혜 정부에서도 상상력과 창의성을 ICT에 접목하여 새로운 산업과 시장을 창출하고 기존산업을 강화함으로써 새로운 일자리를 창출하는 정책 패러다임을 제시하고 있으며, 특히 ICT 관련 3대 국정과제 (세계 최고의 인터넷 생태계 조성, 정보통신 최강국 건설, 통신비 부담 낮추기)를 통하여 창조경제 실현을 강조하고 있다(미래창조과학부, 2013). 이는 ICT 개발뿐만 아니라 효과적인 활용측면도 중요한 정책적 관심사가 된 것임을 의미한다. 이와 같이 ICT 개발과 활용이 복잡하게 상호 연계되는 상황 속에서 국가 정보통신정책에 대한 올바른 의사결정을 내리고 급속히 발전하는 정보통신 산업의 경쟁력을 제고하기 위해서는, ICT 제반 환경과 편익을 증진시킬 수 있는 준비체계 그리고 실제적인 활용성과에 대한 보다 심도 있는 이해를 요구하고 있다.

이러한 상황에서 ICT 활용성 평가 문제는 국가적으로 매우 중요한 의미를 지니고 있다. 일례로 세계경제포럼(World Economic Forum: WEF)이 2012년에 발표한 글로벌 정

1) 제1차 정보화촉진기본계획(1996-2000), 제2차 Cyber Korea 21(1998-2002), 제3차 e-Korea Vision 2006(2002-2006), 제4차 국가정보화기본계획(2008-2012), 제5차 국가정보화기본계획(2013-2017).

보기술 보고서(Global Information Technology Report: GITR)의 네트워크 준비지수(Networked Readiness Index: NRI)를 보면 우리나라는 142개 평가대상국가 중 12위를 기록하여 ICT 강국으로서의 위상에 비해 저조한 평가를 받고 있는 것으로 나타났으며²⁾, 특히 이는 싱가포르(2위), 대만(11위) 등 아시아 경쟁대상 국가들에 비해 상대적으로 낮은 수준이다(WEF, 2012). 물론 지속적인 정부 주도의 ICT분야에 대한 지원 결과 2002년 이후 우리나라의 순위는 어느 정도 상승되었다고 볼 수 있으나 총체적인 ICT 활용성과는 아직까지 정상적으로 발현되지 못하고 있는 것으로 평가되고 있다.³⁾ 이에 ICT를 통한 국가발전과 경쟁력 강화를 위해서는 지금까지의 양적 개발위주의 전략에서 벗어나 ICT의 효율적 활용과 이를 통한 생산성 향상이 이루어져야 한다는 인식이 확산되고 있다.

급변하는 ICT 시장의 국제환경하에서 선진 경쟁국들과 동등한 입장에서 새로운 시장을 창출하고 산업 경쟁력을 강화하기 위해서는 우선적으로 최적의 자원 활용과 효과적인 운용방안이 요구되며, 현재의 효율성과 생산성 수준을 파악하고 선진국에 대한 벤치마킹을 통해 운용방안을 개선하고 전체적인 활용성과를 효율적으로 달성할 필요가 있다.

국가 ICT 활용성은 공공부문이나 민간부문의 프로그램과 마찬가지로 한정된 자원 투입으로 최대의 산출을 추구하거나 또는 동일한 산출을 얻기 위해 자원 투입의 최소화를 추구하기 때문에 국가 ICT 운용의 효율성 및 생산성이 강조된다. 하지만 ICT에 대한 높은 관심과 수요에도 불구하고 아직까지 국가 경제발전 및 경쟁력 제고를 위한 ICT 활용

2) 네트워크 준비지수(NRI)는 국가 발전과 경쟁력에 영향을 미치는 ICT분야의 역량을 종합적으로 평가하는 지수로 2002년부터 세계경제포럼과 프랑스 INSEAD 경영대학원과 공동으로 세계 각국의 ICT 활용 정도를 측정하여 보고하고 있다. NRI는 각 국이 ICT를 효과적으로 사용하기 위해 얼마나 잘 준비되어 있는가를 환경, 준비도, 활용도 3부분으로 나누어 측정하는 광의의 평가지수이다. 환경 부문(environment)은 ICT분야에 친화적이고 보급 가능한 환경인가를 나타내는 지수로 시장 환경, 정치·규제 환경, 인프라 환경으로 측정하고, 준비도 부문(readiness)은 ICT를 활용할 수 있는 기반체계를 그리고 활용도 부문(usage)은 ICT의 실제적인 활용정도를 각각 개인, 기업, 정부 3부분으로 나누어 측정하고 있다. 우리나라는 조사가 시작된 2002년부터 2007년까지 20위권 내외(2002~2003년 20위(평가대상 75개국), 2003~2004년 14위(82개국), 2004~2005년 24위(104개국), 2005~2006년 14위(115개국), 2006~2007년 19위(122개국))에 머물다가 2007~2008년 9위(127개국)로 처음으로 10위 안에 진입한 이후 2008~2009년 11위(134개국)와 2009~2010년 15위(133개국)로 하락세를 보였으며 2010~2011년에 다시 10위(138개국)를 차지하였다. 하지만 2012년 12위(142개국)로 평가되어 다시 10위권 밖으로 밀려났다.

3) 2012년에 발표한 NRI에 따르면, 우리나라의 경우 ICT활용도 부문은 2위(정부 활용도 1위, 개인 활용도 2위, 기업활용도 12위)로 나타났지만, 환경과 준비도 부문은 각각 35위와 24위로 평가되었다. 특히 환경 부문에서는 정치·규제 환경 43위(의회 입법활동의 효과성 123위, 사법부 독립성 69위, 분쟁해결을 위한 법체계 효율성 84위, 규제개선을 위한 법체계 효율성 97위, 지적재산권 보호 46위 등) 그리고 준비도 부문에서는 이동 전화 요금율 84위, 광역 인터넷 서비스 요금율 68위, 교육체제 수준 55위 등으로 낮게 평가되었다.

성과에 대해 체계적이고 통일된 분석과 평가를 수행한 경험적 연구들이 미흡한 실정이다.

일반적으로 성과평가를 위한 방법론적 접근법으로는 회귀분석, 비용편익분석, 구조적 추정, 준무작위실험 등이 사용되어 왔다. 하지만 이러한 접근법은 관심 변수들 간의 가설적 영향관계를 설정하고 추정식을 가정해야 한다는 점, 투입된 자원 대비 창출된 편익을 화폐가치로 전환해야 한다는 점, 데이터 수준이 높고 대규모 표본이 요구된다는 점, 그리고 인과관계를 파악하기 위하여 가설적 상황을 설정한다는 점에서 평가 적용과 활용상의 한계를 지니고 있다. 이에 반해 자료포락분석과 맘퀴스트지수 분석은 가설 설정을 전제하지 않는 비모수 선형계획 평가모형으로 화폐가치로 측정되기 어려운 투입요소와 산출물을 포함하여 상대적 효율성과 생산성을 측정할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 투입요소와 산출물 간의 비율을 통해 비효율성 및 생산성 변화 정도를 제시해 주기 때문에 투입감소분과 산출증가분에 관한 정보를 제공받을 수 있다. 특히 비효율적 평가 대상에게 벤치마킹의 대상이 되는 준거집단을 제시해 줌으로써 비효율성 요인을 개선할 수 있는 구체적인 정보를 제공해 준다.⁴⁾

이와 같이 자료포락분석과 맘퀴스트지수 분석은 다른 방법론과는 달리 유사한 특성을 지닌 분석대상들의 상대적 효율성과 생산성 변화를 측정함으로써 성과평가를 위한 유용한 방법론적 틀로 받아들여지고 있으며, 과학기술 부문에서도 IT 벤처기업의 효율성 평가(홍태호 외, 2007), 컴퓨터 산업부문의 생산성 측정(Chen & Ali, 2004), 제약산업 분야에서의 R&D 효율성 변화 측정(Hashimoto, Haneda, 2008), 기초자치단체 정보화의 효율성 측정(김건위, 2005), 우리나라 R&D 생산성 및 효율성 분석(김영훈, 김선근, 2011), 테크노파크 사업의 운영성과 평가(김재근, 박형준, 2013) 등 공공 및 민간부문 그리고 기관이나 조직 및 사업 단위 간에 효율성 및 생산성을 평가하는 목적으로 광범위하게 적용되고 있다.

또한 본 연구를 위해 정보통신 관련 효율성 평가에 대한 선행연구 조사결과 총 6편의 논문이 검색되었다.⁵⁾ 이 중 대부분의 연구들은 ICT 관련 기업을 대상으로 한 효율성 분석 연구이고, 공공기관에 대한 ICT 효율성 연구는 거의 미미한 것으로 나타났다. 특히 국가별 ICT 활용의 상대적 효율성 및 생산성 변화를 비교하는 성과평가 연구는 전무하다고 할 수 있으며, 방법론 측면에서도 연구들 대부분이 ICT가 기관 효율성에 미치는 영향 평가에 중점이 되었다고 할 수 있다. 이에 본 연구는 ICT 활용성과 효율성과 생산

4) 자료포락분석 및 맘퀴스트지수 분석에 대한 방법론적 논의는 II. 이론적 고찰 참조.

5) 자료포락분석과 맘퀴스트지수 분석을 이용하여 정보통신 관련 효율성 및 생산성을 평가한 국내 연구들로는 하귀룡, 최석봉(2011); 장두영(2009); 김종기, 강다연(2008); 성낙일, 권태구(2007); 설현주 외(2005); 이청호 외(2005) 등이 있다.

성에 기반을 두어 진단하고, 각 국가 간의 상대적 효율성과 생산성을 비교·분석함으로써 향후 ICT 활용성과를 높이기 위한 정책적 방안을 제시하고자 한다.

국가별 ICT 활용성과를 평가하는데 있어서 ICT는 국가마다 환경적 요인, 이용 준비적 측면 및 활용성 등이 상이하기 때문에 동일한 기준을 적용하여 그 의미를 해석하는데에는 한계가 있다. 특히 ICT 활용성과를 총체적으로 향상시키기 위해서는 ICT 제반환경을 마련하고 운용할 수 있는 역량을 구축해야 하고 이에 대한 평가가 이루어져야 하지만, 아직까지 국가적인 관점에서 효율성과 생산성이 이러한 역량 구축에 어떠한 영향을 미치는지를 비교하고 평가한 연구가 미비한 상황이다. 따라서 국가별 ICT 활용성과의 효율성과 생산성을 하나의 수치적 지수로 종합화하기 힘든 투입요소와 산출물 간의 관계를 고찰하여 평가하게 되면 투입-산출요소별로 비효율 정도에 관한 정보를 얻을 수 있는데, 자료포락분석과 맘퀴스트지수 분석은 이러한 효율성 및 생산성 측정의 유용한 수단이 되고 있다.

본 연구의 목적은 ICT 활용이 정책적 차원에서 중요하게 부각되고 있는 점을 고려하여 자료포락분석과 맘퀴스트지수를 이용하여 2008년부터 2011년까지 국가별 ICT 활용성과를 상대적 효율성과 생산성 변화 측면에서 평가하는데 있다. 본 연구를 통해 정책적으로 ICT 활용성과를 제고하기 위한 방안을 모색할 수 있을 것이고, 학술적인 측면에서는 ICT 관련 효율성 및 생산성 분석연구의 이론적 틀을 마련하고 평가 방법론적 발전을 도모하는데 기여할 수 있을 것이다.

II. 이론적 고찰

1. 자료포락분석의 이론적 논의

자료포락분석(DEA)은 선형계획법에 기반을 두고 다수의 투입 및 산출 요소 자료를 이용하여 분석단위(또는 의사결정단위, Decision Making Units: DMUs)의 상대적 효율성을 측정하기 위한 비모수(non-parametric) 수리 모형이다(Farrell, 1957; Charnes et al., 1978; Banker et al., 1984). DEA의 기본적인 접근방법은 수집된 관측치를 포락하는 가장 효율적인 생산경계(best practice production frontier)를 추정하는 것으로, 관측치가 경계에 놓이게 될 경우 기술효율성(technical efficiency: TE)이 있는 것으로 그리고 이와

반대로 경계 아래에 놓이게 될 경우 비효율적인 것으로 간주한다.

DEA는 기존의 연구방법론과는 달리 비모수 접근방법을 사용함으로써 가설검증에 한계가 있다는 비판이 제기되기도 한다. 하지만 이는 검증을 위한 가설 설정이 필요하지 않다는 의미이므로, 기존 방법론이 가지는 함수에 관한 정규성, 선형성 등의 가정을 필요로 하지 않는다(김범석 외, 2011). 둘째, DEA는 상대적 효율성만을 고려함으로써 DMUs의 투입요소-산출물 조합이 절대적으로 효율적이라는 근거를 제시하지 못한다는 한계가 제기된다(주희진 외, 2011). 하지만 DMUs에 대한 객관적인 상대적 효율성 지수를 도출할 수 있고 비효율 정도에 관한 정보를 파악할 수 있으므로 효율성 제고를 위한 전략을 고려하는데 유용하다고 볼 수 있다(Lewin et al., 1982; Sherman, 1984; Banker & Morey, 1986; 유금록 2004; 이영찬, 서창갑, 2005; 윤홍주, 2008; 박상일, 김미정, 2010). 셋째, 상대적 효율성 지수는 투입요소와 산출물 선정 및 측정오차, 누락변수, 극단치에 민감하며, 이로 인해 결과에 편의(bias)가 있을 수 있다는 한계를 가진다(Sherman, 1984; Charnes et al., 1996; 유금록, 2004; 윤홍주, 2008; 박상일, 김미정, 2010; 주희진 외, 2011). 이러한 문제로 인해 DEA에서는 연구목적에 비추어 상대적 효율성을 설명할 수 있는 최소한의 투입요소와 산출물을 선정하는데 있어서 DMUs의 수를 함께 고려하고 있다. 일반적으로 소수의 DMUs를 대상으로 다수의 투입요소와 산출물이 고려될 경우 다중공선성(multicollinearity) 문제가 제기되거나 다수의 DMUs가 효율적으로 평가되는 비율이 상대적으로 높아지기 때문에, 일반적으로 DMUs의 수를 투입요소와 산출물 수의 2-3배 이상으로 설정할 것을 제안하고 있다(곽영진, 1993; 서영애, 나정기, 2006).

본 연구에서는 자료포락분석을 위해 다음과 같은 함수를 구성하였다. 먼저 1,...,N까지 N개의 의사결정단위는 각각 1,...,K까지 k개의 투입 요소를 가지고 1,...,M까지 m개의 산출물을 생산한다고 가정한다. 이 경우 Y는 (M*N) 산출행렬 그리고 X는 (K*N) 투입행렬로 정의되며, 개별 의사결정단위 i의 y_i 는 산출 요소의 열벡터(column vector), x_i 는 투입 요소의 열벡터가 된다. 그리고 규모수익불변(constant returns to scale: CRS)이라는 가정에 따라 CRS DEA모델(또는 CCR모형)은 다음과 같이 구체화 된다(Charnes et al., 1978):

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta, \\ & \text{Subject to } -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned}$$

여기에서 θ 는 DMU i 가 동일한 양의 산출물을 생산한다고 가정할 때 모든 투입요소에 적용된 비례적 감소를 나타내는 효율성 변수, 즉 스칼라(scalar)를 나타내며(기술효율성에 대한 추정은 0과 1사이의 효율성 점수로 표현됨: 기술효율성 $\theta = 1$ 이란 해당 DMUs가 경계에 놓이며 기술효율적이라는 것을 의미하며, $0 < \theta < 1$ 이면 해당 DMUs가 다른 DMUs에 비해 경계 아래에 놓이며 비효율적임을 나타냄), λ 는 상수의 $(N * 1)$ 벡터로서 해당 DMUs가 효율적일 경우에 놓이게 될 최적 위치를 투사하는 가중치를 나타낸다. 이처럼 CRS모형은 생산된 산출물의 변화 없이 얼마나 많은 투입요소가 비례적으로 최소화 되었는가를 측정함으로써 규모에 대한 수익불변을 가정한다.

이러한 논리에서 사용된 투입요소의 변화 없이 얼마나 많은 산출물이 비례적으로 극대화되었는가를 측정하기 위해서는 다음과 같은 함수식을 도출할 수 있다:

$$\begin{aligned} &Max_{\phi, \lambda} \phi, \\ &Subject\ to\ -\phi y_i + Y\lambda \geq 0, \\ &x_i - X\lambda \geq 0, \\ &\lambda \geq 0, \end{aligned}$$

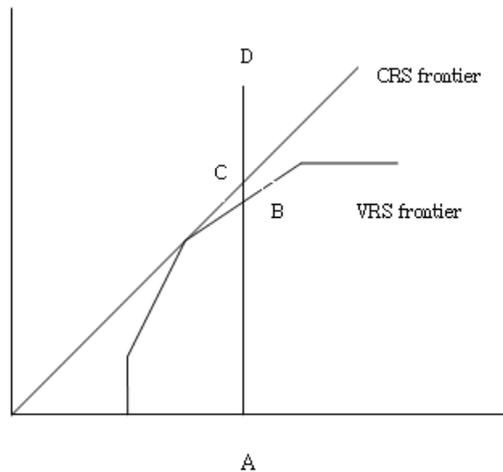
여기서 ϕ 는 해당 DMUs의 상대적 효율성을 의미하며, $\phi - 1$ 은 DMU i 가 동일한 양의 투입요소를 사용한다고 가정할 때 모든 산출물에 적용된 비례적 증가를 나타낸다. 그리고 $1/\phi$ 은 해당 DMUs의 기술효율성 값(0과 1사이)을 나타낸다. 따라서 기술효율성 $\phi = 1$ 이란 해당 DMUs가 경계에 놓이며 기술효율적이라는 것을 의미한다.

하지만 모든 DMUs가 최적규모(optimal scale)로 운용되는 것은 아니므로 CRS모형에 볼록성 제약조건(convexity constraint, $\sum \lambda = 1$)이 추가된 규모에 대한 수익가변(variable returns to scale: VRS)이 대안적인 접근방법으로 제시된다. VRS DEA모델(또는 BCC모형)에서 비효율적 DMUs의 상대적 기술효율성은 유사한 규모를 가진 다른 DMUs를 고려하여 평가된다(Banker et al., 1984).

이처럼 DEA의 각 모형은 DMUs의 최적 해를 구하는 특성에 따라 일정한 수준의 산출물을 생산하기 위하여 투입요소를 최소화하는 투입요소 중심(input-oriented)모형과 일정한 수준의 투입요소 사용을 유지하면서 산출물의 수준을 극대화하는 산출물 중심(output-oriented)모형으로 적용될 수 있다. 본 연구에서는 현재의 투입요소를 유지하면서 산출물을 비례적으로 어느 정도까지 극대화시킬 수 있는가를 나타내는 산출물 중심

의 CRS 및 VRS모형을 사용하여 국가 ICT 활용성과의 상대적인 효율성을 평가하고자 한다.

<그림 1>은 산출물 중심의 DEA모델에서 단일 투입요소와 단일 산출물을 갖는 DMUs의 기술효율성을 도식화하고 있다. CRS모형에서 경계(frontier)는 직선형태 그리고 VRS모형에서는 곡선형태로 나타나는데, 여기서 포락하는 선에 위치하는 DMUs는 투입요소를 사용하여 산출물을 생산하는 기술적 관계에 있어서 효율적이라고 보는 것이다. 산출물 중심의 효율성 측정에서 특정 DMUs의 투입요소-산출물 조합이 D점으로 표시될 때, 기술효율성은 CRS모형에서 AC/AD가 되며, VRS모형에서는 AB/AD가 된다. 또한 규모효율성(scale efficiency: SE)은 해당 DMUs가 얼마나 규모의 경제에 접근했는지를 나타내는 것으로 CRS기술효율성의 VRS기술효율성에 대한 비(ratio)로 측정, 즉 AC/AB로 표시된다. 규모효율성 SE=1이면 규모수익불변으로 규모의 수익성이 일정하다는 것을 의미하고(CRS TE = VRS TE), SE<1라는 것은 규모수익성이 증가 또는 감소하여 규모의 비효율이 존재한다고 평가할 수 있다. 따라서 CRS TE = VRS TE * SE라는 식으로 나타낼 수 있다.



<그림 1> DEA 생산경계 (산출요소 중심)

2. 맘퀴스트지수의 이론적 논의

맘퀴스트지수(또는 총요소생산성, total factor productivity: TFP, Malmquist, 1953; Caves et al., 1982; Fare et al., 1994)는 거리함수(distance function), 즉 효율성에 기반하

여 DMUs의 생산성 성장변화를 시계열로 측정하는 비모수 수리모형이다. 여기서 거리함수는 DEA모형에서와 같이 투입요소 중심과 산출물 중심으로 구분되는데, 투입요소 거리함수는 일정한 수준의 산출물을 기준으로 투입요소를 최소화시킬 수 있는 정도를 나타내며, 산출물 거리함수는 일정한 수준의 투입요소를 기준으로 산출물의 수준을 극대화시킬 수 있는 정도를 나타낸다. 본 연구에서는 산출물 거리함수에 기반하여 국가 ICT 활용성과의 생산성 성장변화를 맘퀴스트지수를 이용하여 측정하고자 한다.

맘퀴스트지수는 t기간(기준시점)부터 t+1기간(비교시점)까지 생산성 변화를 측정하여 생산성 성장(productivity growth)을 평가한다. 규모수익불변을 가정하는 CRS맘퀴스트지수는 기술효율성 변화(technical efficiency change: TEC)와 기술변화(technological change: TC)로 구분될 수 있으며(Fare et al., 1994; Coelli, 1996), 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$\text{맘퀴스트지수(총요소생산성, TFP)} = \text{기술효율성 변화 지수(CRS TEC)} * \text{기술변화 지수(TC),}^{6)}$$

여기서 $TFP > 1$ 이란 t기간부터 t+1기간까지 생산성 증가, $TFP < 1$ 은 생산성 감소 그리고 $TFP = 1$ 이면 t기간과 t+1기간의 생산성이 동일하다는 것을 의미한다. CRS기술효율성 변화 지수(TEC)는 t기간부터 t+1기간까지 산출물 중심의 기술효율성 측정 비(ratio)로 산출되며, $TEC > 1$ 이란 해당 DMUs의 투입요소-산출물 조합이 가장 효율적인 경계에 가까워 졌음을 그리고 $TEC < 1$ 이란 경계로부터 멀어졌음을 나타낸다. 기술변화 지수(TC)는 t기간부터 t+1기간까지 기술 경계(technology frontier) 변동의 기하평균(geometric mean)을 측정한 것으로, $TC > 1$ 은 효율성이 가장 높은 DMUs의 생산성이 기술변화에 따

$$6) M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \times \left[\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}},$$

여기서 거리함수식 $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 은 t+1기간의 투입요소-산출물 조합이 t+1기간 기술 경계에 포락할 수 있도록 t+1기간 산출물에 적용된 최대비례변화(maximum proportional change), $D_o^t(x^t, y^t)$ 은 t기간 투입요소-산출물 조합이 t기간 기술 경계에 포락할 수 있도록 t기간 산출물에 적용된 최대비례변화, $D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ 은 t+1기간의 투입요소-산출물 조합이 t기간 기술 경계에 포락할 수 있도록 t+1기간 산출물에 적용된 최대비례변화, $D_o^{t+1}(x^t, y^t)$ 은 t기간의 투입요소-산출물 조합이 t+1기간 기술 경계에 포락할 수 있도록 t기간 산출물에 적용된 최대비례변화를 나타낸다.

라 향상된 것을 나타내며, $TC < 1$ 은 생산성의 저하 그리고 $TC = 1$ 이란 기술 경계의 변동이 없음을 의미한다. 또한 규모수익가변을 가정하는 VRS 맘퀴스트지수는 기술효율성 변화와 규모효율성 변화(scale efficiency change: SEC)로 구분되어 $CRS\ TEC = VRS\ TEC * SEC$ 로 나타낼 수 있다(Fare et al., 1994). 여기서 $SEC > 1$ 이란 t기간부터 t+1기간까지 규모효율성의 개선 그리고 $SEC < 1$ 은 규모효율성 저하를 의미한다.

본 연구에서는 맘퀴스트지수를 활용하여 국가별 ICT 활용성과의 기술효율성이 어떤 방향으로 변화했는지를 이해하기 위해 중요소생산성을 기반으로 생산성 성장변화를 측정하고자 한다. 여기서 기술효율성 변화 지수는 투입요소(ICT환경 및 이용준비도)의 효율적 사용과 같이 최적가용기술(best available techniques)의 사용정도를 의미하고, 기술 변화 지수는 효율성이 가장 높은 국가들에 의해서 수행되거나 관리되는 높은 수준의 정보통신 서비스나 준비역량, 제반 환경 및 제도개선, 기술혁신을 통한 정보통신의 발전과 같은 기술적 향상과 변화에 따른 편익정도를 나타낸다. 따라서 기술효율성이나 기술의 변화를 통해 본 연구는 국가들마다 상이한 정책 방향과 적용 범위 및 한계를 제시할 수 있을 것이라 본다.

3. 정보통신 관련 자료포락분석 및 맘퀴스트지수 선행연구

정보통신 분야의 효율성 평가에 대한 관심이 높아지면서 투입요소-산출물 조합을 통해서 연구대상의 상대적 효율성 및 생산성 성장변화를 측정하고자 하는 연구경향이 나타나고 있다. 정보통신 분야에 DEA 및 맘퀴스트지수를 적용한 연구를 살펴보면, 하귀룡, 최석봉(2011)은 국내 ICT 중소기업의 경영효율성을 측정하기 위하여 투입요소로 연구개발비, 종업원 수, 고정자산을 사용하였고, 산출물로는 매출액을 이용하였다. 2006년부터 2009년까지 29개 상장기업의 상대적 효율성을 측정한 결과, 국내 ICT 중소기업의 기술혁신 효율성은 낮아지는 추세를 보이고 있으며, 이는 경제위기에 따른 투자위축 및 매출감소 그리고 연구개발 및 인력투입 측면에 있어서의 비효율적 운영에 기인하고 있음을 제시하였다. 또한 규모의 비효율성으로 인해 경영 효율성이 상이하게 나타나는 경우, 규모의 증대를 통한 효율성 향상과 연구개발 투자 및 고용 확대를 통해 효율성이 제고되어야 함을 제안하였다. 김중기, 강다연(2008)도 국내 정보통신기업의 경영효율성을 분석하기 위해 2007년도 29개 기업을 분석대상으로 선정하였으며, 투입요소로는 자산, 자본, 직원 수 그리고 산출물로는 당기순이익, 경상이익, 영업이익, 매출액을 분석에 이용하였다. 분석 결과, 기업들의 규모

경제성 변화에 따라서 경영효율성에 미치는 영향력에 차이가 있음을 보여주었다. 이청호 외(2005)는 국내 정보기술관련 30개 기업을 대상으로 1996-1998년 그리고 2000-2002년의 경영효율성을 평가하여 외환위기에 따른 효율성 변화를 시장과 수익측면으로 나누어 분석하였다. 연구에 사용된 투입요소로 자산, 종업원 수, 운영비 그리고 산출물로는 매출액과 순이익을 선정하였다. 결과적으로 외환위기 이후 기업들의 수익성과 시장성 효율이 열악한 상태에 있음을 확인할 수 있었으며, 대기업과 중소기업의 효율성 격차가 심화된 것으로 나타났다. 특히 대기업과의 효율성 격차를 해소하기 위해서는 중소기업의 수익성 향상이 요구되며, 이를 위해서는 중소기업 간 합병과 같은 성장전략을 모색하여 규모를 확대하는 것이 효율성 개선에 도움이 될 것임을 제안하였다. 성낙일, 권태구(2007)는 미국 38개 지역통신사업자를 연구대상으로 기술적, 배분적 및 비용 효율성을 측정하고, 유인규제 및 경쟁이 효율성에 미치는 영향을 회귀분석 하였다. 투입요소로는 노동 투입량(종업원 수), 자본 투입량, 중간재 투입량을 이용하였고, 산출물로는 총 전화서비스 가입회선 수, 총 통화량을 이용하였다. 1991년부터 2000년까지의 분석 결과, 유인규제는 기술적 효율성 향상 그리고 경쟁은 배분적 효율성 향상에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 비용 효율성 측면에서 유인규제와 경쟁은 설명력을 갖지 못한 것으로 확인되었다. 따라서 경제적 효율성 달성을 위해서는 유인규제와 경쟁이 상호 활용되어야 함을 제안하고 있다. 또한 기업규모의 증대에 따라 경제적 효율성도 향상될 수 있으며, 기술수준과 생산요소의 품질이 기업 간 효율성 격차를 초래할 수 있음을 시사하였다. 장두영(2009)은 맘퀴스트지수를 활용하여 ICT 관련 업종의 총요소생산성 변화를 분석하였다. 분석대상 업종을 ICT 생산업종(28개), ICT 고이용업종(103개), ICT 저이용업종(111개) 등 3개의 유형으로 분류하고, 투입요소로 (유형)고정자산, 종업원 수, 매출원가, 경상 관리비(또는 영업비용), 연구개발비를 사용하였고, 산출물로 시가총액과 매출액(또는 영업수익)을 이용하였다. 1990년부터 2005년까지 그리고 5년 단위 기간별로 총요소생산성의 변동과 결정요인을 분석한 결과, 총요소생산성의 증가세는 전반적으로 미약하게 나타났으며, 이 중 기술효율성 변화보다는 기술변화가 총요소생산성 변동의 주요 원인을 제시하였다. 따라서 이 연구에서는 기술효율성이 기술변화의 보완 또는 상승요인으로 작용할 수 있도록 제고되고, 이를 통한 기술혁신의 파급효과가 진작되어야만 ICT가 성장동력의 역할을 할 수 있을 것임을 제안하였다. 설현주 외(2005)는 공공기관의 ICT 투자와 효율성 간의 관계를 평가하기 위하여 서울특별시 및 인천, 대구, 광주, 대전광역시 등 41개의 구청을 분석대상으로 설정하고, 투입요소로 정보화 인력과 정보화 예산 그리고 산출물로는 민원처리건수(인·허가, 증명발급, 각종신고, 기타민원)를 사용하였다. 분석 결과, ICT 인프라 수준과 정보통신기술 활용 수준에

따라 각 구청은 정보화마인드 형성군, 정보화군, 비 정보화군, 정보화기반 구축군으로 분류되었다. 또한 분산분석과 회귀분석을 통해 각 그룹 간 효율성 차이에 대한 추가검증 결과, 각 구청의 민원처리 서비스의 효율성은 직·간접적으로 ICT 투자 수준에 따라 결정되며, 특히 인프라 수준이 효율성과 관련 있음을 제시하였다. 따라서 ICT에 대한 투자규모 결정은 업무처리의 효율성 차원에서 접근이 이루어져야하며, 투자된 ICT를 효율적으로 활용하는 기술효율성에 대한 고려가 전제되어야 함을 제안하였다.

이상의 선행연구들을 종합해 보면, 정보통신 분야의 효율성 분석에 대한 연구는 평가 대상의 관점에서 기업 간 효율성 분석에 대한 연구가 다수이기는 하지만, 공공기관의 효율성 분석에 대한 연구도 나타나고 있다. 또한 평가 부문도 경영효율성에 대한 연구가 대부분이지만 이는 기술혁신, 시장성 및 수익성, 기술적·배분적·비용 효율성 등으로 평가 부문이 다양해지고 있으며, 생산성 변동이나 공공 서비스 측면에서의 평가도 이루어지고 있다. 하지만 국가간 ICT 활용성과의 효율성 및 생산성 연구는 전무한 실정이다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구 범위

본 연구는 국가 간 상대적 효율성과 생산성 변화를 측정하여 ICT 활용성과를 개선하기 위한 정책적 방안을 모색하는데 목적이 있다. 그러므로 본 연구의 분석 자료는 국가별 ICT 관련 지수이며, 세계경제포럼(WEF)에서 제공하는 글로벌 정보기술 보고서(GITR)의 네트워크 준비지수(NRI)를 이용하였다. GITR에서 제공하는 국가별 NRI는 2011년 기준 138개국을 대상으로 조사하였지만, 본 연구에서는 우리나라와 경제 수준이 비슷한 선진국(1인당 국민소득(GDP) 2만불 이상) 중 주요 관심국인 미국, 영국, 독일, 프랑스, 이탈리아, 캐나다 등 서유럽 23개국과 경쟁 대상국인 아시아 4개국(일본, 홍콩, 싱가포르, 대만)을 포함하여 총 28개 국가를 DMUs로 설정하여 효율성과 생산성 분석을 실시하였다. 본 연구에서 국가별 경제 수준을 기준으로 표본의 범위를 한정한 이유는 DEA분석에서 투입요소-산출물 관계에 영향을 줄 수 있는 외생변수를 통제하기 위해선 분석대상의 특성이 상대적으로 유사해야 한다는 조건이 전제하기 때문이다. 국가별 경제 수준이 상이할 경우, ICT 활용을 위한 투입 가능한 자원과 기대성과 창출여건에 차이가 발생할 수 있다.

본 연구는 각 DMUs의 효율성과 생산성을 시간의 흐름에 따라 일정한 시점에서 반복 관찰하기 위해서 2008~2009년, 2009~2010년, 2010~2011년까지의 종단 데이터(panel data)를 활용하였으며, DEA 데이터 구성 및 효율성-생산성 분석을 위해 DEAP(Coelli, 1996)와 Win4DEAP(Desliettes, 2012) 프로그램을 활용하였다.

3.2 변수 선정

DEA 및 맘퀴스트지수 분석에서 상대적 효율성과 생산성을 측정하기 위해서는 연구의 목적이나 분석대상의 특성을 기반으로 보편적으로 적용 가능한 설득력 있는 최소 투입요소와 산출물을 선정하는 것이 중요하다. 하지만 국가별 ICT 활용성과의 효율성 및 생산성에 관한 연구는 전무한 실정이며, DEA 관련 선행연구에서도 투입요소 및 산출물에 대한 정의 및 그 분석결과도 상이하게 제시되고 있다. 따라서 본 연구에서는 국가 ICT 활용의 특성을 잘 반영할 수 있는 투입요소와 산출물을 NRI 자료(2008~2009년, 2009~2010년, 2010~2011년)를 기초로 하여 선정하였다. NRI 자료는 국가별 ICT환경, ICT이용준비도, ICT활용도의 3개 지표로 구성되어 있다. 각 지표는 다시 3개의 하위 지표로 분류되며, 각 하위 지표 구성 요소들을 측정하여 국가별 NRI 점수를 산출하게 된다. 각 변수들은 WEF의 전문가 설문조사(Executive Opinion Survey) 및 International Telecommunication Union(국제전기통신연합), World Bank(세계은행), UN 산하 기구 등에서 제시하는 통계자료를 기반으로 측정되었다. 각 지표는 3개 하위 지표 평균값으로 측정되며, NRI 점수에서 3개의 지표는 모두 동일한 가중치를 갖는다.⁷⁾

본 연구에서 선정한 산출물(3개)과 투입요소 변수(6개)에 대한 NRI 정의는 다음과 같다. 산출물 변수인 ICT활용도는 개인, 기업, 정부 등 주요 사회구성 주체들의 ICT 활용현황을 나타내는 지표로서, 효율성과 생산성 측면에서 실제적인 ICT 영향력 수준을 나타내는 성과물이다. 투입요소 변수로는 ICT환경 지표와 ICT이용준비도 지표를 선정하였다. 첫 번째 ICT환경 지표는 국가별 시장, 정치, 인프라 환경이 ICT 혁신과 발전 그리고 이를

7) 국가별 NRI 지표 점수는 ICT와 관련 있는 통계자료와 설문조사 자료를 대상으로 요인분석과 Cronbach's alpha 검증을 거쳐 상관관계가 높은 변수를 최종 선정한 후, 7점 척도 값으로 수집된 각 구성요소 값을 요인분석을 거쳐 표준화하고 항목별로 합산하여 하위지표를 산정하고, 이후 각 하위지표의 평균으로 NRI 종합지표 점수를 도출함. 또한 WEF 설문조사의 경우, 조사대상 국가별로 업종별, 규모별 비례에 따라 무작위로 선정된 기업체의 최고경영자를 대상으로 우편설문 조사를 수행함. 하지만 NRI 지표는 설문조사의 의존도가 높고(56~58%), 조사항목의 구성이 기업관점으로 편중되어 있다는 문제점이 일반적으로 지적되고 있음.

통한 국가 경쟁력 강화에 얼마나 우호적인지를 나타내는 것으로, 하위지표인 'ICT시장 환경'은 ICT 발전과 확산을 위한 기업 환경, 'ICT정치·규제 환경'은 ICT 혁신과 지속가능한 성장을 위한 법적 규제 측면, 그리고 'ICT인프라 환경'은 ICT의 성공적 활용을 위한 국가혁신 인프라 요소(물적·인적자원 요소)를 평가하고자 한다. 두 번째 ICT이용준비도 지표는 개인, 기업, 정부 등이 ICT를 효과적으로 활용할 수 있는 의지와 준비가 되어있는지를 평가하는 지표로서, '개인 ICT이용준비도'는 교육 수준과 ICT 접근성에 기반하여 ICT 활용을 위한 일반 시민들의 준비성, '기업 ICT이용준비도'는 ICT를 기업 활동에 활용하고자하는 기업 역량과 의지, 마지막 '정부 ICT이용준비도'는 국가 의제나 전략적 경쟁력(효율성과 혁신성 제고) 측면에서 ICT에 대한 정책적 중요도나 국가 비전을 측정하고자 한다. 이상에서 논의한 변수 선정의 논리와 정의를 정리하면 다음의 <표 1>과 같다.

<표 1> 투입요소와 산출물

| 구분 | 지표 | 분석 변수 (하위지표) | 변수 구성요소 (*WEF 설문조사) |
|----------|-----------------------|------------------------|--|
| 투입 요소 | 환경 | 시장 환경 (투입 x1) | 벤처자본 활성화*+금융시장 국제화*+최신기술 이용성*+산업클러스터 조성*+정부 규제 부담*+기업활동에 미치는 조세범위와 효과*+총 조세율+창업 소요시간+창업 행정절차 건수+인터넷 언론자유*+특허건수('08~'09년)+첨단기술 수출률('08~'09년)+시장경쟁성('08~'10년)*+디지털 콘텐츠 접근성('08~'09년)* |
| | | 정치·규제 환경 (투입 x2) | 의회 입법활동 효과성*+ICT관련 법규*+사법부 독립성*+지적재산권 보호*+분쟁해결을 위한 법체계 효율성*+재산권 보호*+인터넷 서비스 공급분야의 경쟁성+계약이행 절차 건수+계약이행 소요시간+규제개선을 위한 법체계 효율성('09~'11년)*+소프트웨어 불법 복제율('10~'11년) |
| | | 인프라 환경 (투입 x3) | 인구 100명당 전화회선 수+인구 100만명당 안전한 인터넷 서버+인당 전력생산+과학자 및 기술인력 확보성*+과학분야 연구기관의 수준*+고등교육 취학률+교육비 지출율('08~'10년)+디지털 콘텐츠 접근성('09~'11년)*+인구 1만명당 인터넷 대역폭('09~'11년)+무선 통신망 보급 비율('10~'11년)+전문연구 및 교육서비스 이용성('10~'11년)* |
| | 이 용 준 비 도 | 개인 준비도 (투입 x4) | 수학 및 과학교육 수준*+교육체제 수준*+구매자 성숙도*+1인당 가정용(유선) 전화 통화요금+1인당 월별 가정용(유선) 전화 기본요금+광역 서비스 요금율+1인당 이동 전화 요금율+학교에서의 인터넷 접근성('08~'09년)*+1인당 월별 고속 광역서비스 요금율('08~'09년)+성인 문해율('10~'11년) |
| | | 기업 준비도 (투입 x5) | 기업의 직원훈련 정도*+경영대학원 수준*+기업R&D 투자수준*+산학R&D협력 수준*+기업용 전화 설치비용+기업용 전화 월별 요금+서비스 공급 기업의 수준*+컴퓨터/통신 서비스 수입률+전문연구 및 교육서비스 이용성('08~'10년)*+서비스 공급 기업 수('08~'09년)+기업 전화 회선 확보 용이성('09~'10년)* |
| | | 정부 준비도 (투입 x6) | ICT정책 우선순위*+첨단기술혁신에 정부조달이 미치는 영향*+국가 경쟁력 제고를 위한 ICT정책실시 계획*+전자정부 준비 수준('08~'09년) |

| | | | |
|-------------|-------------|-------------------|---|
| 산 출 물 | 활 용 도 | 개인 활용도 (산출 y1) | 인구 100명당 이동전화 가입건수+가구 개인용 컴퓨터 보급률+인구 100명당 광역 인터넷 가입건수+인구 100명당 인터넷 이용건수+인구 1만명당 인터넷 대역폭(08~09년)+학교에서의 인터넷 접근성(09~11년)*+데이터 이용 가능 이동전화 가입률(10~11년)+가상 소셜 네트워크 사용(10~11년)*+ICT가 기초 서비스 접근성에 미치는 영향(10~11년)* |
| | | 기업 활용도 (산출 y2) | 기업의 기술 흡수성*+혁신역량*+기업의 인터넷 활용성*+외국기술 이전의 활성화(08~10년)*+신규 전화회선 가입 용이성(08~09년)*+창작산업제품의 수출 점유율(09~10년)*+인구 100만명당 특허건수(09~10년)+첨단기술 수출률(09~11년)+인구 100만명당 특허 출원건수(10~11년)+인구 100만명당 특허협력조약에 따른 국제특허 출원건수(10~11년)+ICT가 신생 서비스/제품생산에 미치는 영향(10~11년)*+ICT가 새로운 기업모델 창출에 미치는 영향(10~11년)* |
| | | 정부 활용도 (산출 y3) | 정부정책의 ICT 활성화*+정부 ICT활용에 따른 행정서비스 효율성*+온라인 행정서비스 수준+정부 웹사이트 수준+정부 기관의 ICT보급(08~10년)* |

*()는 변수 구성요소로 고려된 년도를 나타냄. 일례로, 첨단기술 수출률의 경우 2008-2009년에는 시장환경 투입요소로 고려되었지만, 2009-2011년부터는 기업 활용도 산출물 요소로 고려되고 있음을 의미함.

IV. 분석결과

본 연구는 2008년부터 2011년까지 국가간 ICT 활용성과의 상대적 효율성과 생산성 변화를 측정하기 위해 6개의 투입요소와 3개의 산출물 변수 그리고 28개 국가를 분석대상으로 선정하였고, ICT 활용은 투입의 감소보다 일정한 수준의 투입요소 사용을 유지하면서 산출물 수준의 극대화 추구를 전제하므로 산출물 중심의 모형을 사용하였다.⁸⁾

1. 효율성 분석

1.1 전반적 효율성 분석

총 28개 국가를 대상으로 2008년부터 2011년까지 3개년 구간을 산출지향적 DEA모형에 기초하여 상대적 효율성을 측정하였다. 효율성 지수가 1인 분석대상 국가는 상대적으로 효율적임을 나타내며, 1보다 작은 값을 갖는 국가는 상대적으로 비효율적인 표본임을 의미한다. 즉, 효율적인 국가란 투입요소의 낭비나 산출물의 부족이 발생하지 않는 최적

8) 본 연구에서 활용한 변수의 수는 투입요소 6개와 산출물 3개로 분석대상 국가 DMUs의 수를 28개로 고려했을 때, DMUs 수가 변수 수의 2~3배 이상이므로 기존 연구에서 제시한 조건에 부합하여 자유도 확보의 문제가 없는 것으로 판단된다.

활동을 통해 효율적인 생산경계에 포락되는 경우를 의미한다. 연도 구간별 국가 ICT 활용의 효율성을 규모수익불변을 가정하는 CRS모형과 규모수익가변을 가정하는 VRS모형으로 구분하여 분석한 결과는 <표 2>와 같다.

총 3개년 구간에서 28개 국가의 전체 평균 효율성 분석결과에 의하면, CRS기술효율성(TE)은 0.977인 것으로 분석되었다. 효율성을 VRS기술효율성과 규모효율성(SE)으로 구분해보면, VRS기술효율성은 0.985, 규모효율성은 0.991로 각각 나타나 규모의 경제 보다는 ICT의 효율적 활용을 위하여 운영 효율성을 보다 제고할 필요가 있는 것으로 분석되었다. 또한 서유럽 23개 국가들의 CRS기술효율성은 0.972, 아시아 5개 국가들의 경우는 0.995로 각각 나타났으며, VRS기술효율성의 경우에도 서유럽 국가 0.983, 아시아 국가 0.997로 각각 분석되어 상대적으로 아시아 국가들의 ICT 활용 효율성이 서유럽 국가들에 비해서 높은 수준인 것으로 나타났다.

국가별 분석결과를 살펴보면, 이탈리아, 룩셈부르크, 스웨덴, 일본, 한국, 대만의 CRS 및 VRS기술효율성과 규모효율성은 모두 1로 나타나 상대적으로 ICT 활용 효율성이 가장 높은 국가인 것으로 밝혀졌으며, 그 다음으로 이스라엘과 네덜란드(0.996) 그리고 영국과 홍콩(0.995) 순으로 나타나고 있다. 그리스의 경우 CRS기술효율성은 0.895인 것으로 나타나 상대적으로 효율성이 가장 낮은 국가로 분석되었다. 이는 현재 주어진 투입요소에 대한 추가적인 증가 없이 산출물을 10.5% 증가시켜야만 ICT 활용 효율성을 달성할 수 있다는 것을 의미한다. 또한 그리스의 VRS기술효율성은 1, 규모효율성은 0.895로 각각 나타나 비효율성의 원인은 ICT 제반 환경 조성이나 이용준비 용이성 (투입요소)의 증대에 따라 총체적 ICT 활용 규모는 확대되었지만 투입요소와 산출물의 조합이 외형적인 규모 확대에 맞춰 효율적으로 개선되지 못했기 때문이라고 볼 수 있다. VRS기술효율성에서는 아일랜드가 0.937로 분석되어 다른 국가들에 비해 상대적으로 ICT 활용을 위한 운영 효율성을 보다 제고해야 할 필요가 있는 것으로 나타났다.

종합해 보면, 국가별 ICT 활용성과의 효율성 값의 범위는 0.895에서부터 1까지 좁은 범위를 갖는 것으로 파악되어 국가 간 효율성은 수치적으로 큰 편차가 없는 것으로 나타났다. 이는 DEA 분석방법이 절대적인 평가가 아닌 상대적인 효율성만을 측정하기 때문이다. 즉 분석결과에 따른 편차가 실제적으로 각 국가의 ICT 활용성과에 얼마나 큰 차이를 가져 오는지에 대한 정보를 제공해주기 보다는 국가별로 운용의 합리화를 통해 투입요소에 대한 기대성과를 차별적으로 증대시킬 수 있는 잠재적 정도가 그만큼 크지 않다는 것을 의미한다. 또한 한국의 경우와 같이 모든 효율성 값이 1로 도출된 국가들은 비효율성이 없는 것으로 평가되었는데, 이는 절대적 효율성을 의미하는 것이 아니라 비교

대상 집단 내의 다른 국가들보다 상대적으로 더 효율적이라는 사실을 나타내 준다. 즉 효율적으로 평가된 국가들에서도 현재의 투입 조건 하에서 ICT 활용성과의 지속적인 향상을 도모할 수 있는 전략적 모색이 필요하다고 볼 수 있다.

<표 2> 모형별 전체연도 평균 효율성 추이

| DMUs | 전체 평균 효율성 | | | |
|-------|--------------|--------------|--------------|-------|
| | CRS기술효율성(TE) | VRS기술효율성(TE) | 규모효율성(SE) | |
| 캐나다 | 0.960 | 0.961 | 1.000 | |
| 프랑스 | 0.956 | 0.960 | 0.995 | |
| 독일 | 0.981 | 0.981 | 1.000 | |
| 이탈리아 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 영국 | 0.995 | 0.996 | 0.999 | |
| 미국 | 0.975 | 0.984 | 0.991 | |
| 호주 | 0.975 | 0.979 | 0.996 | |
| 오스트리아 | 0.976 | 0.980 | 0.996 | |
| 벨기에 | 0.953 | 0.960 | 0.992 | |
| 덴마크 | 0.960 | 0.978 | 0.982 | |
| 핀란드 | 0.942 | 0.971 | 0.970 | |
| 그리스 | 0.895 | 1.000 | 0.895 | |
| 아일랜드 | 0.928 | 0.937 | 0.990 | |
| 아이슬란드 | 0.989 | 0.992 | 0.997 | |
| 이스라엘 | 0.996 | 1.000 | 0.996 | |
| 룩셈부르크 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 네덜란드 | 0.996 | 1.000 | 0.996 | |
| 뉴질랜드 | 0.964 | 0.968 | 0.995 | |
| 노르웨이 | 0.969 | 0.975 | 0.993 | |
| 포르투갈 | 0.979 | 1.000 | 0.979 | |
| 스페인 | 0.989 | 0.992 | 0.997 | |
| 스웨덴 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 스위스 | 0.989 | 0.990 | 0.999 | |
| 일본 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 홍콩 | 0.995 | 0.999 | 0.996 | |
| 싱가포르 | 0.980 | 0.986 | 0.994 | |
| 한국 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 대만 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 평균 | 서유럽 23개국 | 0.972 | 0.983 | 0.990 |
| | 아시아 5개국 | 0.995 | 0.997 | 0.998 |
| | 전체 | 0.977 | 0.985 | 0.991 |

1.2 연도 구간별 국가 효율성 추이 분석

<표 3>은 각 모형별로 효율적인 국가를 연도 구간별로 다시 정리하여 분석한 결과이다. CRS모형에서 ICT를 효율적으로 활용하는 것으로 나타난 국가는 총 84개 분석단위(3개년 구간에 대한 28개 국가) 중 24개 국가 45개년으로서 전체의 53.6%로 나타나고 있다.⁹⁾ 이는 28개 국가들 가운데 24개 국가가 효율적인 생산경계를 형성하고 있으며, 나머지 4개 국가(벨기에, 핀란드, 그리스, 아일랜드)의 효율성은 상대적으로 생산경계에 포락되지 못하고 있음을 의미한다. 연도 구간별로 기술효율성을 살펴보면, 2008~2009년의 경우 기술효율성이 1인 효율적 국가는 22개(78.6%), 2009~2010년은 15개 국가(53.6%), 2010~2011년은 8개 국가(28.6%)로 나타났으며, 평균 기술효율성은 각각 0.992, 0.969, 0.968로서 비효율성의 정도가 0.8%, 3.1%, 3.2%에 달하는 것으로 나타나고 있다.

또한 VRS기술효율성을 분석한 결과, 26개 국가 52개년이 가장 효율적으로 ICT를 활용한 것으로 분석되었으며(전체의 61.9%),¹⁰⁾ 28개 국가들 중 2개 국가(벨기에, 아일랜드)의 비효율이 상대적으로 가장 높은 것으로 나타났다. 연도 구간별로 기술효율성이 1인 국가를 살펴보면, 2008~2009년은 23개 국가(82.1%), 2009~2010년은 17개 국가(60.7%), 2010~2011년은 12개 국가(42.9%)로 나타났으며, 평균 기술효율성은 각각 0.996, 0.984, 0.976로서 비효율성의 정도가 0.4%, 1.6%, 2.4%로 계속 높아진 것으로 나타나고 있다. 이처럼 평균 기술효율성이 감소하는 현상은 투입요소(ICT환경과 준비도)의 증가에 비해 산출물(ICT활용도)의 증가율이 미미하거나 또는 투입물은 일정하나 산출물이 감소함으로써 효율성 경계로부터 더욱 멀어지고 있기 때문이라고 볼 수 있다.

또한 규모의 수익 분석을 수행한 결과, 2008~2009년에는 대부분의 국가들이 적정

9) CRS기술효율성이 높은 국가는 캐나다 1개년 구간, 프랑스 1개년 구간, 독일 2개년 구간, 이탈리아 3개년 구간, 영국 1개년 구간, 미국 2개년 구간, 호주 1개년 구간, 오스트리아 1개년 구간, 덴마크 1개년 구간, 아이슬란드 1개년 구간, 이스라엘 2개년 구간, 룩셈부르크 3개년 구간, 네덜란드 2개년 구간, 뉴질랜드 1개년 구간, 노르웨이 1개년 구간, 포르투갈 2개년 구간, 스페인 2개년 구간, 스웨덴 3개년 구간, 스위스 2개년 구간, 일본 3개년 구간, 홍콩 2개년 구간, 싱가포르 2개년 구간, 한국 3개년 구간, 대만 3개년 구간으로 구성되었다.

10) VRS기술효율성이 높은 국가는 캐나다 1개년 구간, 프랑스 1개년 구간, 독일 2개년 구간, 이탈리아 3개년 구간, 영국 1개년 구간, 미국 2개년 구간, 호주 1개년 구간, 오스트리아 1개년 구간, 덴마크 1개년 구간, 핀란드 1개년 구간, 그리스 3개년 구간, 아이슬란드 1개년 구간, 이스라엘 3개년 구간, 룩셈부르크 3개년 구간, 네덜란드 3개년 구간, 뉴질랜드 1개년 구간, 노르웨이 1개년 구간, 포르투갈 3개년 구간, 스페인 2개년 구간, 스웨덴 3개년 구간, 스위스 2개년 구간, 일본 3개년 구간, 홍콩 2개년 구간, 싱가포르 2개년 구간, 한국 3개년 구간, 대만 3개년 구간으로 구성되었다.

규모에서 ICT를 활용하고 있기 때문에 투입요소의 증가와 산출물의 증가율이 동일한 것으로 나타났다. 예외적으로 2개 국가(벨기에, 핀란드)는 규모의 수익체감(DRS) 상태 그리고 4개 국가(영국, 그리스, 아일랜드, 스페인)는 수익체증(IRS) 상태인 것으로 나타났다.¹¹⁾ 즉, 벨기에와 핀란드의 경우에는 ICT 활용이 최적 규모 이상이므로 투입요소의 증대보다는 운영 효율성을 제고할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것으로 판단되었으며, 영국, 그리스, 아일랜드, 스페인의 경우에는 투입요소 증대를 통한 규모의 확대를 통해 효율성을 제고하는 방안이 마련되어야 하는 것으로 분석되었다. 2009~2010년의 경우에는 3개 국가가 수익체감, 8개 국가가 수익체증 그리고 2010~2011년에는 9개 국가가 수익체감, 9개 국가는 수익체증 상태에 놓여 있는 것으로 판단되었다.

종합해 보면, 독일, 이탈리아, 룩셈부르크, 스웨덴, 일본, 한국, 대만만이 모든 연도구간에서 적정규모 상태에서 ICT를 활용하고 있음을 알 수 있다. CRS모형에서 비효율적으로 나타났지만 VRS모형에서 효율적으로 평가된 국가는 그리스(2008~2011), 포르투갈(2009~2010), 핀란드, 이스라엘, 네덜란드(2010~2011년)로 나타났으며, 이들 국가들의 경우 최적 효율성 경계(best-practice efficiency frontier)에 포락은 되었지만 투입요소의 규모가 적정하지 못한(sub-optimal scale), 즉 규모의 비효율성 상태에 있음을 시사한다. 또한 CRS와 VRS모형에서 모두 비효율적으로 나타난 국가들을 살펴보면, 벨기에와 아일랜드의 경우 기술효율성뿐만 아니라 규모효율성도 전체 연도구간에서 낮아지는 경향을 보여 ICT 활용의 비효율성 정도가 큰 것으로 나타났다.

<표 3> 연도 구간별 효율성 추이

| DMUs | 2008-2009 | | | | 2009-2010 | | | | 2010-2011 | | | |
|------|-----------------|-----------------|-------------|-------|-----------------|-----------------|-------------|-------|-----------------|-----------------|-------------|-------|
| | CRS 기술 효율성 (TE) | VRS 기술 효율성 (TE) | 규모 효율성 (SE) | 규모 수익 | CRS 기술 효율성 (TE) | VRS 기술 효율성 (TE) | 규모 효율성 (SE) | 규모 수익 | CRS 기술 효율성 (TE) | VRS 기술 효율성 (TE) | 규모 효율성 (SE) | 규모 수익 |
| 캐나다 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.990 | 0.990 | 1.000 | | 0.891 | 0.892 | 0.999 | IRS |
| 프랑스 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.964 | 0.969 | 0.995 | IRS | 0.904 | 0.912 | 0.991 | IRS |
| 독일 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.942 | 0.942 | 1.000 | |
| 이탈리아 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 영국 | 0.996 | 0.999 | 0.997 | IRS | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.988 | 0.988 | 0.999 | IRS |
| 미국 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.924 | 0.951 | 0.972 | DRS |
| 호주 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.972 | 0.973 | 1.000 | | 0.953 | 0.965 | 0.988 | IRS |

11) 수익체감(DRS)과 수익체증(IRS)은 해당 DMUs의 비교대상 DMUs의 집합이 효율적인 경우에 놓이게 될 최적 위치를 투사하는 가중치(λ)의 합을 기준으로 구별하는데, 1보다 작은 경우에는 규모에 대한 수익체증의 영역에서 그리고 1보다 큰 경우에는 규모에 대한 수익체감의 영역에서 ICT를 활용하고 있는 것으로 판별할 수 있다.

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|
| 오스트리아 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.973 | 0.984 | 0.989 | IRS | 0.956 | 0.956 | 1.000 | |
| 벨기에 | 0.986 | 0.987 | 0.999 | DRS | 0.938 | 0.940 | 0.998 | IRS | 0.934 | 0.954 | 0.979 | DRS |
| 덴마크 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.927 | 0.973 | 0.953 | DRS | 0.953 | 0.960 | 0.993 | DRS |
| 핀란드 | 0.958 | 0.986 | 0.972 | DRS | 0.890 | 0.928 | 0.959 | DRS | 0.979 | 1.000 | 0.979 | DRS |
| 그리스 | 0.943 | 1.000 | 0.943 | IRS | 0.791 | 1.000 | 0.791 | IRS | 0.951 | 1.000 | 0.951 | IRS |
| 아일랜드 | 0.935 | 0.936 | 0.999 | IRS | 0.911 | 0.918 | 0.992 | IRS | 0.939 | 0.958 | 0.980 | IRS |
| 아이슬란드 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.985 | 0.992 | 0.993 | IRS | 0.982 | 0.983 | 0.999 | DRS |
| 이스라엘 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.989 | 1.000 | 0.989 | IRS |
| 룩셈부르크 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 네덜란드 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.988 | 1.000 | 0.988 | DRS |
| 뉴질랜드 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.928 | 0.933 | 0.995 | IRS | 0.963 | 0.971 | 0.992 | IRS |
| 노르웨이 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.937 | 0.955 | 0.981 | DRS | 0.969 | 0.970 | 0.999 | DRS |
| 포르투갈 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.938 | 1.000 | 0.938 | IRS | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 스페인 | 0.967 | 0.977 | 0.990 | IRS | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 스웨덴 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 스위스 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.966 | 0.969 | 0.997 | DRS |
| 일본 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 홍콩 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.985 | 0.997 | 0.988 | IRS |
| 싱가포르 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 0.941 | 0.959 | 0.981 | DRS |
| 한국 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 대만 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 전체 평균 | 0.992 | 0.996 | 0.996 | | 0.969 | 0.984 | 0.985 | | 0.968 | 0.976 | 0.992 | |
| 효율적인 국가 수 | 22 | 23 | 22 | | 15 | 17 | 17 | | 8 | 12 | 10 | |

1.3 준거집단 분석

국가간 상대적 효율성 측정에 따라 비효율적 국가들의 비효율 원인과 개선 목표를 제시하기 위하여 벤치마킹 준거집단(peers)과 준거 가중치(λ)를 분석하였다.¹²⁾ <표 4>의 준거집단은 비효율적 국가들이 벤치마킹할 수 있는 투입요소와 산출물 구조가 유사한 효율적인 국가들의 집합이며, 준거 가중치는 비효율적 국가들이 효율적인 생산경계를 구성하는데 있어서 참조하게 되는 준거집단 국가들의 비중을 나타낸다.

일례로, 2010~2011년도의 VRS모형에서 기술효율성 점수가 0.892로 가장 낮은 캐나다의 경우 3개의 준거집단을 가지며, 이는 캐나다가 벤치마킹 대상 국가인 한국, 스페인, 그리스에 비하여 주어진 투입요소를 가지고 약 10.8% 산출물을 과소 생산하고 있다는 것을 의미한다. 구체적으로 캐나다의 비효율 원인을 분석해 보면, 한국, 스페인, 그리스

12) DEA는 비효율적인 개별 DMUs에게 비교대상으로 선정할 수 있는 투입요소와 산출물 구조가 유사하고 상대적으로 높은 효율성을 가지는 준거집단을 제시함으로써 벤치마킹의 근거를 제공한다. 준거집단의 선정은 준거집단에 대한 가중치로 결정되는데, 투입요소와 산출물 구조가 유사한 DMUs를 집단화하고 각 집단 내에서 효율성 경계에 포락하는 DMUs를 선택하여 준거집단을 제시한다. 즉 비효율적 DMUs와 효율성 경계에 가장 가까운 거리에 있는, 즉 가중치가 가장 큰 DMUs를 벤치마킹 대상으로 선정하게 되며, 준거집단별 가중치의 합은 항상 1보다 작게 나타난다.

의 준거 가중치는 각각 0.923, 0.074, 0.003으로 산출물에 대한 적정 목표값은 개인 ICT활용도 5.81, 기업 ICT활용도 5.05, 정부 ICT활용도 6.15로 제시되고 있지만 실제 지수값은 각각 5.12, 4.07, 5.48로 나타나 약 0.69, 0.98, 0.67만큼 ICT 활용도가 감소되어 있다고 판단할 수 있다.¹³⁾ 또한 한국의 준거 가중치가 다른 준거집단 국가들에 비해 가장 크게 나타나고 있어 캐나다의 효율성 측정에 가장 큰 영향력을 행사하는 벤치마킹 대상으로 선정되고 있음을 알 수 있다.

효율적인 준거집단 국가들에 대한 참조횟수를 살펴보면, 2008~2009년의 경우 오스트리아가 비교적 높은 참조횟수를 보이고 있으며, 2009~2010년과 2010~2011년의 경우에는 한국이 가장 높은 참조횟수를 보여 ICT 활용에 있어서 상대적으로 가장 효율성이 높은 벤치마킹 대상 국가로 분석되고 있다.

<표 4> 연도 구간별 준거집단과 준거 가중치

| DMUs | 2008-2009 | | 2009-2010 | | 2010-2011 | |
|------|---|---|---|---|---|--|
| | CRS 준거집단(λ) | VRS 준거집단(λ) | CRS 준거집단(λ) | VRS 준거집단(λ) | CRS 준거집단(λ) | VRS 준거집단(λ) |
| 캐나다 | | | 한국(0.498), 영국(0.444), 네덜란드(0.051) | 한국(0.451), 스페인(0.026), 영국(0.517), 네덜란드(0.006) | 스페인(0.074), 한국(0.925) | 스페인(0.074), 그리스(0.003), 한국(0.923) |
| 프랑스 | | | 한국(0.220), 영국(0.243), 독일(0.286), 일본(0.091), 미국(0.126) | 일본(0.248), 이탈리아(0.137), 영국(0.269), 미국(0.108), 한국(0.238) | 스페인(0.025), 한국(0.720), 일본(0.216) | 스페인(0.051), 일본(0.390), 이탈리아(0.078), 한국(0.481) |
| 독일 | | | | | 일본(0.409), 한국(0.590) | 일본(0.418), 이탈리아(0.002), 한국(0.580) |
| 영국 | 캐나다(0.187), 룩셈부르크(0.061), 대만(0.071), 일본(0.220) | 룩셈부르크(0.116), 일본(0.219), 홍콩(0.056), 대만(0.035), 캐나다(0.113), 이탈리아(0.086) | | | 스웨덴(0.203), 한국(0.497), 스페인(0.288) | 스페인(0.335), 스웨덴(0.158), 일본(0.005), 한국(0.459), 룩셈부르크(0.042) |
| 미국 | | | | | 한국(0.703), 일본(0.348) | 한국(0.694), 대만(0.306) |
| 호주 | | | 스페인(0.154), 네덜란드(0.134), 한국(0.700) | 영국(0.151), 네덜란드(0.042), 한국(0.619), 스페인(0.188) | 스페인(0.025), 스웨덴(0.107), 한국(0.817) | 포르투갈(0.180), 스페인(0.124), 그리스(0.021), 한국(0.675) |

13) 특정 국가 DMU의 적정 목표값(산출물)을 구하는 공식은 각 준거집단 국가 DMU의 실제(지수)값과 준거 가중치를 곱한 값의 총합($\sum y\lambda$)으로, 캐나다의 개인 ICT활용도의 적정 목표값은 $5.90*0.923(\text{한국})+4.78*0.074(\text{스페인})+4.11*0.003(\text{그리스}) = 5.81$ 로 제시된다. 나머지 산출변수들에 대한 적정 목표값도 이와 동일한 공식으로 구할 수 있다.

| | | | | | | |
|-------|--|---|--|--|---|---|
| 오스트리아 | | | 이스라엘(0.229), 한국(0.200), 룩셈부르크(0.124), 홍콩(0.190), 네덜란드(0.223) | 한국(0.207), 룩셈부르크(0.118), 네덜란드(0.143), 홍콩(0.141), 이스라엘(0.279), 이탈리아(0.112) | 룩셈부르크(0.190), 스페인(0.104), 이탈리아(0.152), 한국(0.557) | 스페인(0.097), 이탈리아(0.146), 한국(0.576), 룩셈부르크(0.181) |
| 벨기에 | 독일(0.374), 뉴질랜드(0.082), 오스트리아(0.084) | 이탈리아(0.280), 스위스(0.183), 대만(0.012), 오스트리아(0.158) | 네덜란드(0.087), 한국(0.156), 영국(0.460), 이탈리아(0.162), 독일(0.103) | 한국(0.160), 영국(0.507), 네덜란드(0.029), 이탈리아(0.288), 스페인(0.017) | 한국(0.223), 스페인(0.358), 이탈리아(0.530) | 한국(0.110), 스페인(0.190), 네덜란드(0.505), 이탈리아(0.192) |
| 덴마크 | | | 네덜란드(0.207), 스웨덴(0.417), 한국(0.432) | 한국(0.407), 스웨덴(0.593) | 스웨덴(0.042), 한국(0.959), 스페인(0.043) | 스웨덴(0.312), 한국(0.600), 룩셈부르크(0.088) |
| 핀란드 | 캐나다(0.194), 아이슬란드(0.232), 덴마크(0.007), 포르투갈(0.074), 일본(0.432) | 스위스(0.080), 스웨덴(0.569) | 스위스(0.128), 홍콩(0.074), 네덜란드(0.357), 한국(0.527) | 한국(0.234), 스위스(0.485), 스웨덴(0.258), 홍콩(0.023) | 한국(0.431), 스페인(0.259), 이탈리아(0.059), 룩셈부르크(0.371) | |
| 그리스 | 덴마크(0.138), 이탈리아(0.153), 오스트리아(0.043) | | 홍콩(0.043), 네덜란드(0.251), 한국(0.486) | | 한국(0.673), 이탈리아(0.076) | |
| 아일랜드 | 독일(0.038), 오스트리아(0.489), 스위스(0.038), 이탈리아(0.104) | 미국(0.041), 독일(0.081), 오스트리아(0.378), 이탈리아(0.130) | 네덜란드(0.143), 영국(0.419), 독일(0.157), 한국(0.193) | 영국(0.463), 이탈리아(0.262), 네덜란드(0.019), 한국(0.132), 스페인(0.124) | 이탈리아(0.210), 한국(0.700) | 한국(0.164), 일본(0.396), 이탈리아(0.440) |
| 아이슬란드 | | | 네덜란드(0.764), 룩셈부르크(0.092), 영국(0.096) | 한국(0.398), 네덜란드(0.357), 룩셈부르크(0.245) | 한국(0.945), 이탈리아(0.063) | 한국(0.914), 이탈리아(0.047), 스웨덴(0.039) |
| 이스라엘 | | | | | 일본(0.508), 룩셈부르크(0.015), 한국(0.414) | |
| 네덜란드 | | | | | 스페인(0.508), 이탈리아(0.170), 한국(0.440) | |
| 뉴질랜드 | | | 네덜란드(0.289), 스페인(0.050), 한국(0.620) | 이탈리아(0.044), 영국(0.423), 한국(0.405), 스페인(0.128) | 룩셈부르크(0.247), 한국(0.706) | 룩셈부르크(0.256), 포르투갈(0.003), 한국(0.562), 그리스(0.180) |
| 노르웨이 | | | 홍콩(0.011), 영국(0.981), 한국(0.057) | 영국(0.417), 스웨덴(0.284), 홍콩(0.099), 한국(0.200) | 이탈리아(0.078), 한국(0.872), 스페인(0.071) | 한국(0.777), 이탈리아(0.101), 스웨덴(0.121) |
| 포르투갈 | | | 이스라엘(0.121), 한국(0.703) | | | |
| 스페인 | 포르투갈(0.180), 오스트리아(0.327), 덴마크(0.043) | 포르투갈(0.289), 오스트리아(0.082), 프랑스(0.083) | | | | |
| 스위스 | | | | | 이탈리아(0.094), 한국(0.926) | 한국(0.903), 이탈리아(0.044), 스웨덴(0.052) |
| 홍콩 | | | | | 한국(0.709), 룩셈부르크(0.250) | 그리스(0.157), 룩셈부르크(0.178), 한국(0.645), 포르투갈(0.019) |

| | | | | | | |
|------|--|---|---|---|--|---|
| 싱가포르 | | | | | 포르투갈(0.431), 한국(0.655), 룩셈부르크(0.015) | 스웨덴(0.113), 한국(0.795), 룩셈부르크(0.092) |
| 참조횟수 | 오스트리아(4), 덴마크(3), 독일(2), 일본(2), 이탈리아(2), 캐나다(2), 포르투갈(2), 뉴질랜드(1), 대만(1), 룩셈부르크(1), 스위스(1), 아이슬란드(1) | 오스트리아(3), 이탈리아(3), 대만(2), 스위스(2), 독일(1), 룩셈부르크(1), 미국(1), 스웨덴(1), 일본(1), 캐나다(1), 포르투갈(1), 프랑스(1), 홍콩(1) | 한국(12), 네덜란드(10), 영국(6), 홍콩(4), 독일(3), 룩셈부르크(2), 스페인(2), 이스라엘(2), 미국(1), 스위스(1), 스웨덴(1), 이탈리아(1), 일본(1) | 한국(11), 영국(7), 네덜란드(6), 스페인(5), 이탈리아(5), 스웨덴(3), 홍콩(3), 룩셈부르크(2), 미국(1), 스위스(1), 이스라엘(1), 일본(1) | 한국(20), 스페인(10), 이탈리아(9), 룩셈부르크(6), 일본(4), 스웨덴(3), 포르투갈(1) | 한국(16), 이탈리아(8), 룩셈부르크(6), 스웨덴(6), 스페인(6), 그리스(4), 일본(4), 포르투갈(3), 네덜란드(1), 대만(1) |

2. 생산성 분석

2.1 전반적 생산성 분석

총 28개 국가를 대상으로 2008년부터 2011년까지 3개년 구간을 산출지향적 맘퀴스트 지수를 사용하여 중요소생산성 변화와 그 구성요소인 CRS 및 VRS기술효율성 변화, 기술변화 및 규모효율성 변화를 측정하였으며, 그 결과는 <표 5>와 같다.

중요소생산성은 3개년 구간동안 연평균 0.5% 감소한 것으로 나타났는데, 이는 국가별 ICT 투입요소 증대에 비해 생산성 성장, 즉 ICT 활용성과 수준이 향상되지 않고 있음을 의미한다. 연도 구간별로 살펴보면, 2009~2010년까지의 CRS기술효율성은 전년도 구간에 비해 2.4% 감소하였지만, 국가별 ICT 서비스나 준비역량 증대와 같은 투자환경 및 제도개선, 혁신을 통한 기술발전으로 효율성 경계가 상향 이동하는 기술변화(4.1% 향상)에 따라 생산성은 1.6% 증가하였다. 이에 반해 2010~2011년에는 기술효율성이 0.1%만 감소하였지만, 기술변화에 따른 효율성 저하가 2.4%에 달하는 것으로 나타나 생산성은 2.5% 하락한 것으로 나타났다. 이를 종합적으로 고려해 볼 때, 국가별 ICT 제반 환경과 서비스 및 준비역량 등 효율성 경계를 이동시키는 요인의 영향보다는 ICT 활용에 필요한 운영 효율성이 최적 수준에 도달하지 못한 요인이 생산성 저하를 유발시켰음을 시사한다. 또한 규모수익가변 측면에서 국가별 ICT 활용 효율성의 상대적 변화를 VRS효율성 변화와 규모효율성 변화로 구분하여 측정한 결과, 2009~2010년과 2010~2011년에는 기술효율성이 각각 1.2%와 0.8% 하락한 것으로 나타났으며, 이는 국가별 ICT 활용이 효율적으로 운영되지 못한 것에 기인한 것으로 보인다. 하지만 2009~2010년에 1.2%의 규모효율성 저하를 나타낸 후 2010~2011년에는 0.7%의 증가세를 보임으로써 ICT 투입규모의 최적 수준 유지를 통해 기술효율성 하락을 보전하고 있는 것으로 판단된다.

<표 5> 맘퀴스트 생산성 지수 및 구성요소 변화율

| | 총요소생산성 변화 (TFPC) | CRS 기술효율성 변화 (TEC) | 기술변화 (TC) | VRS 기술효율성 변화 (TEC) | 규모효율성 변화 (SEC) |
|-------------------------|---------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|-------------------|
| 2008~2009/ 2009~2010 | 1.016 | 0.976 | 1.041 | 0.988 | 0.988 |
| 2009~2010/ 2010~2011 | 0.975 | 0.999 | 0.976 | 0.992 | 1.007 |
| 평균 | 0.995 | 0.987 | 1.008 | 0.990 | 0.998 |

2.2 국가별 생산성 변화 분석

국가별로 맘퀴스트지수의 변동추이를 살펴보면 <표 6>과 같다. 총 28개 국가들 중 영국, 호주, 덴마크, 핀란드, 그리스, 아일랜드, 아이슬란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 포르투갈, 스페인, 스웨덴, 한국 등 13개 국가들이 3개년 구간동안 생산성 증가율을 나타내고 있어 가장 ICT 활용성도가 높은 국가라고 볼 수 있다. 전체적으로 이들 국가들의 생산성은 연평균 0.4%~7.7% 상승한 것으로 분석되었다. 하지만 역으로 15개 국가들은 생산성이 감소했다는 것을 의미하므로 약 54% 정도가 생산성 하락, 즉 ICT를 효율적으로 활용하지 못하고 있음을 시사한다.

CRS기술효율성이 기술변화에 비해서 높은 국가는 10개국으로 35.7%에 해당되어 이들 국가들은 자체적으로 ICT 활용 효율성을 향상시키기 위해 해당기간 동안 지속적으로 노력해오고 있음을 시사하고 있다. 특히 스페인의 경우 생산성과 기술효율성이 가장 높은 것으로 나타나 다른 국가들에 비해 ICT 제반 환경과 효율적 운영 준비를 통해 보다 많은 기술적 향상을 이루어 ICT를 효율적으로 활용하고 있다는 것을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 나머지 18개 국가들에서는 기술효율성 변화가 기술변화에 비해 상대적으로 많이 하락하여 생산성이 전체적으로 0.5% 감소한 현상을 보이고 있다.

VRS기술효율성은 3개 국가만이 증가된 반면, 기술효율성의 변화가 없는 국가를 제외하고 15개 국가에서는 하락한 것으로 나타났다. 또한 규모효율성도 4개 국가에서만 개선된 반면, 14개 국가에서는 저하된 것으로 나타났다. 이중 스페인의 경우 기술효율성과 규모효율성 변화가 각각 1.1%, 0.5%로 가장 많이 증가한 것으로 나타나 투입요소의 최적규모 운용으로 ICT 활용성이 높아진 것으로 보인다. 반면에 캐나다는 기술효율성(5.6%)이 그리고 미국은 규모효율성(1.4%)이 가장 많이 감소된 것으로 분석되었다. 한국

의 경우 전체 연도구간에서 기술효율성과 규모효율성의 변화는 없는 것으로 나타났지만 기술변화에 따라 생산성이 향상된 것으로 분석되고 있다.

<표 6> 국가별 맘퀴스트 생산성 지수 및 구성요소 변화율

| DMUs | 중요소생산성 변화 (TFPC) | CRS 기술효율성 변화 (TEC) | 기술변화 (TC) | VRS 기술효율성 변화 (TEC) | 규모효율성 변화 (SEC) |
|-------|---------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|-------------------|
| 캐나다 | 0.987 | 0.944 | 1.045 | 0.944 | 1.000 |
| 프랑스 | 0.956 | 0.951 | 1.005 | 0.955 | 0.996 |
| 독일 | 0.938 | 0.971 | 0.966 | 0.971 | 1.000 |
| 이탈리아 | 0.970 | 1.000 | 0.970 | 1.000 | 1.000 |
| 영국 | 1.023 | 0.996 | 1.028 | 0.995 | 1.001 |
| 미국 | 0.973 | 0.961 | 1.012 | 0.975 | 0.986 |
| 호주 | 1.043 | 0.976 | 1.069 | 0.982 | 0.994 |
| 오스트리아 | 0.985 | 0.978 | 1.007 | 0.978 | 1.000 |
| 벨기에 | 0.966 | 0.973 | 0.992 | 0.983 | 0.990 |
| 덴마크 | 1.023 | 0.976 | 1.048 | 0.980 | 0.996 |
| 핀란드 | 1.013 | 1.011 | 1.001 | 1.007 | 1.004 |
| 그리스 | 1.027 | 1.004 | 1.022 | 1.000 | 1.004 |
| 아일랜드 | 1.004 | 1.002 | 1.001 | 1.011 | 0.991 |
| 아이슬란드 | 1.015 | 0.991 | 1.024 | 0.992 | 0.999 |
| 이스라엘 | 0.995 | 0.994 | 1.001 | 1.000 | 0.994 |
| 룩셈부르크 | 0.985 | 1.000 | 0.985 | 1.000 | 1.000 |
| 네덜란드 | 0.965 | 0.994 | 0.971 | 1.000 | 0.994 |
| 뉴질랜드 | 1.037 | 0.982 | 1.056 | 0.985 | 0.996 |
| 노르웨이 | 1.023 | 0.984 | 1.039 | 0.985 | 0.999 |
| 포르투갈 | 1.014 | 1.000 | 1.014 | 1.000 | 1.000 |
| 스페인 | 1.077 | 1.017 | 1.059 | 1.011 | 1.005 |
| 스웨덴 | 1.030 | 1.000 | 1.030 | 1.000 | 1.000 |
| 스위스 | 0.969 | 0.983 | 0.985 | 0.985 | 0.998 |
| 일본 | 0.971 | 1.000 | 0.971 | 1.000 | 1.000 |
| 홍콩 | 0.932 | 0.993 | 0.939 | 0.999 | 0.994 |
| 싱가포르 | 0.918 | 0.970 | 0.947 | 0.979 | 0.991 |
| 한국 | 1.059 | 1.000 | 1.059 | 1.000 | 1.000 |
| 대만 | 0.997 | 1.000 | 0.997 | 1.000 | 1.000 |
| 평균 | 0.995 | 0.987 | 1.008 | 0.990 | 0.998 |

V. 결 론

본 연구에서는 국가 ICT 활용성과를 평가하기 위해서 상대적 효율성 및 생산성 분석을 수행하였다. ICT는 경쟁력 제고를 위한 중요한 성장동력 요소로서 국가 ICT 활용성과는 국가의 발전을 견인하는 지표로 간주될 수 있다. 따라서 본 연구의 분석결과는 ICT 효율성과 생산성 제고를 위한 전략방안을 체계적으로 수립하는데 있어 도움이 될 것이다. 산출지향적 모형을 중심으로 상대적 효율성과 생산성 변화를 측정된 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 2008년부터 2011년까지 3개년 구간동안 28개 국가들에 대한 ICT 활용의 상대적 효율성을 CRS 및 VRS모형을 통해 비교분석한 결과, 시간적 경과에 따라서 전체적인 ICT 효율성은 점차 감소하고 있는 것으로 분석되었다. 이러한 점은 국가 경쟁우위 유지와 성장동력 창출을 목적으로 ICT에 대한 정책적 지원이 이루어지고 있다는 점을 고려할 때 바람직한 현상이라고 볼 수 없다. 개별 국가들의 ICT 활용성과의 비효율성 초래 원인을 분석한 결과, 2008~2010년까지는 규모의 수익체증(IRS) 상태로 판단된 국가들이 많은 것으로 분석되었으며, 이는 ICT 활용성과 향상을 위해서는 국가별 투입요소의 확대가 필요하다는 것을 의미한다. 따라서 효율성 향상을 위해 규모를 확대하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 하지만 2010~2011년에는 규모수익체감(DRS) 상태인 국가들의 양적 증대로 인해 일방적인 투입규모의 확대를 통한 효율성 향상을 도모하기 보다는 개인·기업·국가 차원에서 운영 효율성을 제고할 수 있도록 전략적으로 맞춤형 방안을 마련하여 ICT 활용성과를 총체적으로 향상시키는 것이 필요하다고 본다. 물론 ICT가 국가 경쟁우위 확보를 위한 성장동력 산업으로 등장함으로써 국가간 정보통신 산업육성을 위한 투입규모의 확대는 고무적 현상이라고 볼 수 있다. 하지만 외형적 성장에 비해 실질적인 ICT 활용성과는 부진한 것으로 파악되었다. 따라서 과도한 규모 확대보다는 총체적 활용성을 고려한 ICT 운영 합리화에 초점을 맞춰야 장기적인 성장동력이 될 수 있을 것으로 보인다. 효율성 경계에 포락되고 있는 국가들의 경우 ICT 활용성과 제고를 위해 지속적인 운영 합리화를 통한 효율성 개선 노력이 수반되어야 할 필요가 있으며, 상대적으로 비효율적인 국가들은 ICT 활용을 적정규모로 조정·육성하는 방안을 마련할 필요가 있다.

둘째, 생산성 변화추이를 측정하기 위해 맘퀴스트지수 분석을 수행한 결과 국가별 ICT 활용의 총요소생산성은 연평균 감소되는 현상을 보이고 있는데, 이는 전체적으로

개별 국가들의 ICT 투입요소와 혁신을 통한 기술변화는 지속적으로 증가했지만 기술효율성은 감소한 것으로 나타나 ICT 활용을 통해 운영 효율성을 최적 수준으로 유지하는데 어려움이 있음을 함축하고 있다. 또한 규모수익가변(VRS) 모형에서도 기술효율성은 감소한 반면, 규모효율성은 개선되는 움직임을 보여 투입규모의 최적 수준 유지를 통해 ICT 활용성과의 하락을 보전하고 있는 것으로 판단되었다. 종합적으로 고려해 볼 때, 국가별 ICT 활용의 평균적 생산성 수준은 개선되지 않은 것으로 판단된다.

따라서 ICT 활용성과를 제고하기 위해서는 지금까지 추진해온 물리적 요소의 양적 투입에 의존하는 외형적 성장지향의 개발정책보다는 투입요소와 생산성을 함목적으로 연계시키고 ICT 활용 효율성을 내부적으로 증진시킬 수 있는 다각적인 운영방안을 강구할 필요가 있다. 첫째, 국가 ICT 활용성과를 향상시키기 위해서는 국가 경쟁력 제고와 신시장 창출의 관점에서 ICT 활용성에 주목해야 한다. 특히 새로운 성장동력으로서 전략적 육성의 대상이 되는 ICT분야를 선정하고 이에 대한 지원 정책을 종합적으로 관리할 수 있는 역량을 구비해야 한다. 둘째, ICT 활용의 효율성과 생산성을 제고하기 위해서는 기존 ICT 정책 목표나 운용절차를 정비하여 새로운 ICT분야에 대한 지적 재산권 보호, 행정규제 및 법제도적 지원체제 개선, 정부의 지속적인 ICT 관심 및 R&D 투자, 교육체제 정비, 외국기술 이전의 활성화, 벤처자본 시장 활성화, ICT 인력 및 연구기능 활성화 등이 종합적으로 연계되어 추진될 수 있는 장기적 전략을 마련해야 한다. 셋째, 개인·정부·기업이 ICT를 통합적으로 활용할 수 있는 제반 환경을 구축하여 ICT 활용성과를 사회·경제 전반에 확산시키고, 주요 ICT분야의 활용 기술 확대를 통해 새로운 시장 창출 및 타 산업영역의 성장기반으로서 역할을 수행할 수 있도록 예산확충 및 정책강화가 이루어져야 할 것이다.

마지막으로, 세계경제포럼의 네트워크 준비지수(NRI)에서는 우리나라 ICT분야의 역량 수준이 10위권 내외로 평가되었지만, 본 연구결과에 따르면 우리나라의 ICT 투입요소-산출물 조합은 다른 선진국들과 비교해서 상대적으로 적정규모 상태를 유지하고 있는 것으로 분석되었다. 특히 ICT 서비스나 준비역량 증대를 통한 투자환경이나 제도개선, 신기술 발전과 같은 기술변화에 힘입어 ICT 활용성과도 지속적으로 향상되고 있는 것으로 나타났다. 또한 ICT 활용성에 있어서 상대적으로 가장 효율성이 높은 벤치마킹 대상 국가로 분석되고 있다. 이러한 점에서 볼 때, 우리나라는 지난 3개년 동안 시장 및 산업 경쟁성 제고 및 국제화 추진을 위해 행정규제 수준을 완화하고, 기업 친화적 법·제도적 지원을 재정비하는 한편 중장기적으로 ICT 인프라 보급 및 활용 지원 정책을 지속적으로 추진하였다. 이에 따라 인터넷 활용도는 세계 상위수준을 나타내고 있으며, 기

반산업과 ICT 신기술과의 접목을 통한 첨단기술 개발 및 관련 특허권 확보가 활발히 추진되고 있다. 이러한 상반된 결과를 갖는 원인은 NRI에 기반한 국가 평가는 단편적 데이터 나열에 따른 단순한 양적 접근에 지나지 않기 때문으로 본다. 즉, 국가 ICT 제반 환경과 준비도 그리고 활용도와의 관계는 단순히 양적 접근을 통해서 보이는 것이 아니라 수집된 데이터의 종합적 연계를 통해서만 ICT 활용성과의 모습과 특성이 총체적으로 이해될 수 있다.

이상의 분석결과 및 정책적 함의와 함께 본 연구가 갖는 한계점은 다음과 같다. 첫째, DEA와 맘퀴스트지수를 활용한 효율성 및 생산성 분석은 통계적 추정법이 아닌 비모수 접근방법을 사용하기 때문에 통계적 가설검증이 어렵다. 또한 국가간 상대적 효율성만을 고려하기 때문에 각 분석대상 국가들의 절대적 효율성을 평가하지 못하였다. 따라서 후속 연구에서는 본 연구결과에 따른 추가적 계량경제 분석기법을 통하여 국가별 ICT 활용성과의 효율성 및 생산성 수준에 영향을 미치는 다양한 요인들에 대한 정보를 고려할 필요가 있을 것이다. 둘째, 국가 ICT 활용성과에 대한 실증적 연구가 거의 이루어지지 않았기 때문에 투입 및 산출 변수를 선정함에 있어서 명확한 이론적 근거를 제시하지 못하였다. 또한 NRI 자료에만 의존하여 분석변수들을 수집한 결과 취합과정에서 나타날 수 있는 오류 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 자료들에 대한 접근성을 확보하여 본 연구에서 고려하지 못한 변수들을 포함하고 이론적 기반에 따라 투입요소 및 산출물을 선정한다면 보다 의미 있는 결과와 함의를 도출할 수 있으리라 판단된다. 셋째, 국가 ICT 활용성과를 평가하는데 있어서 수리적으로 단편화된 모형에 기반하여 분석하였다는 점에서 한계가 있다. 또한 해당연도의 투입요소들과 산출물을 단기적으로 분석하여 활용성과를 비교하였기 때문에 투입요소에 대한 산출물이 정확하게 반영되지 않을 수 있다는 한계를 갖는다. 후속 연구에서는 증거기반 자료 수집과 정량적 및 정성적 접근방법을 결합한 혼합적 평가설계를 통하여 ICT 활용성과를 다면적으로 진단하고 그 결과를 종합적으로 분석해 국가 ICT 운영 효율성 제고 및 활용 개선방안을 마련하는 것이 필요하다고 본다.

참고문헌

(1) 국내문헌

- 곽영진 (1993), 「자료포괄분석(DEA)을 이용한 병원의 효율성 평가에 관한 연구」, 충남대학교 박사학위논문.
- 김건위 (2005), “기초자치단체 정보화의 효율성 측정에 관한 연구”, 『정책분석평가학회보』, 제15권 제1호, pp. 29-56.
- 김범석·민재형·김명석 (2011), “자료포괄분석(DEA)을 이용한 주식의 가치 평가”, 2011 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, pp. 602-611.
- 김영훈·김선근 (2011), “우리나라의 R&D 생산성 및 효율성 분석: OECD 국가와의 비교를 중심으로”, 『기술혁신연구』, 제19권 제1호, pp. 1-27.
- 김종기·강다연 (2008), “국내 정보통신업의 경영효율성에 관한 연구”, 2008 지식정보산업연합회 창립기념 학술대회, pp. 321-338.
- 김재근·박형준 (2013), “과학기술 진흥 정책수단으로서 테크노파크 사업의 운영성과 평가: DEA 와 MPI를 활용한 효율성 평가를 중심으로”, 『정책분석평가학회보』, 제23권 제1호, pp. 29-58.
- 미래창조과학부 (2013), 『과학기술과 ICT를 통한 창조경제와 국민행복 실현』, 서울: 미래창조과학부.
- 박상일·김미정 (2010), “DEA를 활용한 국내 MBA 프로그램의 효율성 분석에 관한 연구”, 『경영교육논총』, 제60권, pp. 133-164.
- 서영애·나정기 (2006), “DEA를 이용한 한식 프랜차이즈의 경영효율성 분석”, 『관광학연구』, 제30권 제1호, pp. 295-315.
- 설현주·김수욱·박용태 (2005), “공공기관의 정보통신기술과 효율성간의 관계 분석”, 『경영학연구』, 제34권 제6호, pp. 1615-1636.
- 성낙일·권태구 (2007), “미국 지역통신산업에 있어서 유인구제, 경쟁 및 경제적 효율성”, 『정보통신정책연구』, 제14권 제1호, pp. 81-118.
- 유금록 (2004), 『공공부문의 효율성 측정과 평가』, 서울: 대영문화사.
- 윤홍주 (2008), “DEA를 활용한 교육대학교 운영의 효율성 평가”, 『교육재정경제연구』, 제17권 제2호, pp. 29-57.
- 이영찬·서창갑 (2005), “자료포괄분석을 이용한 지역신용보증재단의 효율성 평가”, 『대한경영학회지』, 제18권 제3호, pp. 1247-1269.
- 이청호·이경호·윤광심 (2005), “외환위기 이후 한국 정보기술산업의 경영효율성에 관한 연구”, 『산업경제연구』, 제18권 제2호, pp. 719-742.

- 장두영 (2009), "중요소생산성의 정보통신기술 생산 및 이용업종 간 비교: 한국 기업의 패널데이터를 이용한 자료포락분석", 『한국경제연구』, 제26권, pp. 39-64.
- 정보통신산업진흥원 (2011), 『주요국의 국가발전전략 체계와 IT R&D 정책 분석』, 서울: 정보통신산업진흥원.
- 주희진·권기현·문상호 (2011), "국립공원의 동태적 효율성에 관한 연구: 자료포락-윈도우(DEA-Window) 분석을 중심으로", 『정책분석평가학회보』, 제21권 제1호, pp. 243-273.
- 하귀룡·최석봉 (2011), "국내 ICT중소기업의 경영효율성 분석: 상장기업을 중심으로", 『중소기업연구』, 제33권 제4호, pp. 55-75.
- 홍태호·박지영·김은미 (2007), "DEA와 logit을 이용한 IT 벤처기업의 효율성 평가", 『인터넷전자상거래연구』, 제7권 제3호, pp. 429-449.

(2) 국외문헌

- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, Vol. 30, pp. 221-234.
- Banker, R. D. and Morey, R. C. (1986), "Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs", *Operations Research*, Vol. 34, No. 4, pp. 513-521.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., and Diewert, W. E. (1982), "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity", *Econometrica*, Vol. 50, No. 6, pp. 1393-1414.
- Charnes, A., Cooper, W., and Rhodes, E. (1978), "Measuring the Efficiency of Decision-Making Units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp. 429-444.
- Charnes, A., Rousseau, J., and Semple, J. (1996), "Sensitivity and Stability of Efficiency Classifications in Data Envelopment Analysis", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 7, pp. 5-18.
- Chen, Y. and Ali, A. I. (2004), "DEA Malmquist productivity measure: New insights with an application to computer industry", *European Journal of Operational Research*, Vol. 159, pp. 239-249.
- Coelli, T. J. (1996), "A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program", *CEPA Working Paper*, No. 96/08, University of New England, Australia.
- Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., and Zhang, Z. (1994), "Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries", *The American Economic Review*, Vol. 84, No. 1, pp. 66-83.
- Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productivity Efficiency", *Journal of the Royal*

- Statistical Society*, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290.
- Hashimoto, M. and Haneda, S. (2008), "Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry", *Research Policy*, Vol. 37, pp. 1829-1836.
- Lewin, A. Y., Morey, R. C., and Cook, T. J. (1982), "Evaluating the Administrative Efficiency of Courts", *Omega*, Vol. 10, No. 4, pp. 401-411.
- Malmquist, S. (1953), "Index Numbers and Indifference Surfaces", *Trabajos de Estadística*, Vol. 4, pp. 209-242.
- Sherman, H. D. (1984), "Hospital Efficiency Measurement and Evaluation: Empirical Test of a New Technique", *Medical Care*, Vol. 22, No. 10, pp. 922-938.
- World Economic Forum (2009), *The Global Information Technology Report 2008-2009: Mobility in a Networked World*, Geneva: World Economic Forum.
- _____ (2010), *The Global Information Technology Report 2009-2010: ICT for Sustainability*, Geneva: World Economic Forum.
- _____ (2011), *The Global Information Technology Report 2010-2011: Transformations 2.0*, Geneva: World Economic Forum.
- _____ (2012), *The Global Information Technology Report 2012: Living in a Hyperconnected World*, Geneva: World Economic Forum.

□ 투고일: 2012. 04. 30 / 수정일: 2013. 06. 20 / 게재확정일: 2013. 07. 10