



Technical Efficiency and Productivity Change in the Korean ICT Industry Using Malmquist Index

Baek-Hyun Ryu¹, SoonHu So²

¹*Department of Railroad Transportation, Songwon University*

²*Division of Business Administration, Wonkwang University*

ABSTRACT

The ICT(Information and Communications Technologies) industry is recognised as an important growth engine for the national economy in that it could enhance the efficiency of enterprises and also improve the productivity of other industries. With the growing importance of ICT industry this study estimates and decomposes productivity changes into technical efficiency and technological change for the ICT industry in Korea and suggest implications to improve the productive efficiency. Unlike most previous studies using radial DEA models, the present study applies a non-radial Malmquist index which can deal directly with input excesses and output shortfalls. For the empirical analysis a panel data covering a period of six years from 2008 to 2013 is collected. The input variables are number of workers and capital. The gross output is used as the output variable. The empirical results show that the productivity of ICT industry has increased mainly due to improvement in technical efficiency rather than technological change. This implies that ICT industry development strategies should be implemented in order to improve productive efficiency as well as to strengthen technological innovation capability. It is expected that the findings of this study can be used in practice to enhance the competitiveness of ICT industry.

© 2016 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Information and Communications Technologies, Productivity changes, Technical efficiencies, Non-radial models, Malmquist index

ARTICLE INFO: Received 11 February 2016, Revised 19 February 2016, Accepted 19 February 2016.

*Corresponding author is with the Division of Business Administration, Wonkwang University, 460 Iksandae-ro, Iksan, Jeonbuk, 54538, KOREA.

E-mail address: soonhu@wku.ac.kr

1. 서론

정보통신기술(Information and Communications Technologies: ICT)은 우리나라의 수출 주력산업으로서 경제성장을 주도하고 전 산업 혁신과 고용창출에 기여해 왔다. 하지만 최근 들어 글로벌 경기 침체로 인한 수출 및 내수의 동반부진, 중국 ICT기업의 약진으로 인한 국내 기업의 경쟁 심화 등으로 국내 ICT산업의 성장세가 현저히 둔화될 것으로 전망되고 있다[1]. 이에 정부는 ICT산업의 재도약을 위한 K-ICT 전략을 수립하고 ICT산업의 체질 개선과 함께 ICT융합 분야의 투자 확대, 9대 전략산업의 집중 육성 등을 추진하고 있다[2].

ICT산업의 발전은 여타 산업의 생산성 향상에 직접적으로 영향을 미칠 뿐만 아니라 경제 전체의 성장잠재력에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다[3]. 특히 우리 경제의 잠재성장률이 지속적으로 하락하고 있는 현실을 감안하면 과거와 같은 물적 요소투입 확대에 의존하는 양적 성장방식보다는 기술혁신을 기반으로 한 생산성 향상의 추적에 의한 질적 성장구조로의 전환이 요구된다. 이러한 배경에서 본 연구는 우리나라 ICT산업의 생산성 변화를 추정하고 이러한 생산성 변화의 결정요인을 파악하고자 한다.

생산성은 산업의 기술혁신 및 효율성 정도를 파악하는 핵심적인 지표로서 본 연구에서는 특정 생산함수에 대한 가정을 필요로 하지 않는 비모수적 Malmquist 지수를 이용하여 측정한다. 지금까지 Malmquist 지수를 이용한 생산성 분석은 국가[4]나 산업[5] 또는 기업[6] 단위의 다양한 분야에서 이루어져 왔지만, 거의 대부분의 연구들이 방사적(radial) 모형을 이용해 측정하고 있어 투입요소와 산출물에 존재하는 잔여(slack)를 고려하지 않은 한계를 지니고 있다. 따라서 본 연구에서는 투입과 산출의 잔여를 반영해 투입최소화와 산출최대화를

측정할 수 있는 비방사적(non-radial) Malmquist 지수를 이용하여 국내 ICT산업의 생산성 변화를 추정하고 이러한 변화를 기술적 효율성, 규모의 효율성, 기술진보 요인 등으로 분해함으로써 ICT산업 발전을 위한 시사점을 도출하고자 한다. 이를 위해 먼저 Malmquist 지수에 관한 이론적 고찰과 함께 관련 선행연구를 검토한 후, 본 연구에서 대상으로 하고 있는 ICT산업의 생산성 변화 분석결과를 제시하고 이에 대한 시사점과 향후 과제를 논의한다.

2. 이론적 배경 및 문헌 고찰

2.1 Malmquist Index (MI)

MI는 거리함수(distance function)에 기초하여 두 시점 간의 생산성 변화를 측정하는 방법으로 다음과 같이 정의할 수 있다[7].

$$MI = [MI^{t1} \times MI^{t2}]^{1/2} = \left[\frac{D^{t1}((x_o, y_o)^{t2})}{D^{t1}((x_o, y_o)^{t1})} \times \frac{D^{t2}((x_o, y_o)^{t2})}{D^{t2}((x_o, y_o)^{t1})} \right]^{1/2} \quad (1)$$

이는 두 MI의 기하평균으로 t1(또는 t2)의 효율적 생산 프론티어(efficient production frontier)로부터 t1과 t2의 투입산출조합(x_o, y_o)까지의 거리함수 비율을 나타낸다.

위 식의 MI는 다음과 같이 기술적 효율성 변화(technical efficiency change: TEC)와 기술 변화(technological change: TC)로 구분할 수 있고, 기술적 효율성 변화는 순수 효율성 변화(pure technical efficiency change: PEC)와 규모 효율성 변화(scale efficiency change: SEC)로 분해할 수 있다.

$$MI = TEC \times TC = PEC \times SEC \times TC = \frac{D_c^{t2}((x_o, y_o)^{t2})}{D_c^{t1}((x_o, y_o)^{t1})} \times \left[\frac{D_c^{t1}((x_o, y_o)^{t2})}{D_c^{t2}((x_o, y_o)^{t2})} \times \frac{D_c^{t1}((x_o, y_o)^{t1})}{D_c^{t2}((x_o, y_o)^{t1})} \right]^{1/2} \quad (2)$$

$$= \left[\frac{D_v^{t2}((x_o, y_o)^{t2})}{D_v^{t1}((x_o, y_o)^{t1})} \right] \times \left[\frac{D_c^{t2}((x_o, y_o)^{t2})/D_c^{t2}((x_o, y_o)^{t2})}{D_c^{t1}((x_o, y_o)^{t1})/D_c^{t1}((x_o, y_o)^{t1})} \right] \\ \times \left[\frac{D_c^{t1}((x_o, y_o)^{t2})}{D_c^{t2}((x_o, y_o)^{t2})} \times \frac{D_c^{t1}((x_o, y_o)^{t1})}{D_c^{t2}((x_o, y_o)^{t1})} \right]^{1/2}$$

여기서 $D_c(\cdot)$ 는 규모수익불변(constant returns to scale: CRS)을 가정한 거리함수이고, $D_v(\cdot)$ 는 규모수익가변(variable returns to scale: VRS)을 가정한 거리함수이다. 만일 $MI > 1$ 이면 $t1$ 에 비해 $t2$ 의 생산성이 증가한 것이고, $MI < 1$ 이면 생산성이 감소한 것이며, $MI = 1$ 이면 두 기간 사이에 생산성 변화가 없음을 의미한다.

MI를 계산하기 위해서는 4개의 거리함수, $D^{t1}((x_o, y_o)^{t1}), D^{t2}((x_o, y_o)^{t2}), D^{t1}((x_o, y_o)^{t2}), D^{t2}((x_o, y_o)^{t1})$ 를 추정해야 한다. 여기서 앞의 두 항은 동일 시점 내에서의 측정치이고, 뒤의 두 항은 서로 다른 시점 간 측정치이다. 이러한 거리함수 추정에는 DEA(data envelopment analysis) 모형을 주로 이용하는데, 본 연구에서는 비방사적 잔여기반 효율성 측정(slack based measure of efficiency: SBM) 모형을 활용한다. 이는 기존의 방사적 모형의 경우 투입요소의 잔여(input surpluses)와 산출물의 잔여(output shortfalls)를 반영하여 정확하게 측정하지 못하는 한계를 지니고 있기 때문이다. 이들 중에서 거리함수 $D^{t2}((x_o, y_o)^{t1})$ 를 추정하기 위한 SBM 모형은 다음과 같은 선형계획식으로 표현할 수 있다[8].

$$D^{t2}((x_o, y_o)^{t1}) = \text{Min } 1 / \left(1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{ro}^{t1}} \right) \quad (3)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^{t2} \leq x_{io}^{t1}, \quad (i = 1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^{t2} - s_r^+ = y_{ro}^{t1}, \quad (r = 1, \dots, s)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad s_i^- \geq 0, \quad s_r^+ \geq 0.$$

2.2 선행연구 분석

DEA 모형과 Malmquist 지수를 이용하여 ICT산업의 효율성 및 생산성을 측정한 선행연구들을 살펴보면 <표 1>과 같다.

김종기와 강다연[9]은 DEA 모형을 이용하여 국내 29개 정보통신업체의 경영효율성을 분석하고 비효율적인 기업을 위한 벤치마킹 정보를 제시하였다. 장두영[10]은 1990~2005년 기업의 패널자료를 이용하여 DEA 모형으로 규모에 대한 보수가 가변적인 Malmquist 지수를 추정한 후, 중요요소생산성의 변동과 그 결정요인을 ICT 생산 및 이용업종들 간에 비교·분석하였다. 또한 하귀룡과 최석봉[11]은 DEA 모형을 이용하여 2006~2009년까지 국내 ICT 중소기업들의 효율성을 분석하였고, 홍정식 등[12]은 국내 IT 산업의 8개 부문에 대한 2005~2007년의 효율성을 비교 평가하였다. 그리고 정분도[13]는 DEA/Window 분석과 Malmquist 생산성 지수를 이용하여 2007년부터 2011년까지 5년간 ICT 제조업과 서비스업의 동태적 효율성을 분석하였다.

표 1. ICT산업의 효율성 및 생산성 분석에 관한 선행연구
Table 1. Studies on efficiency and productivity analysis of ICT

연구자 (연도)	투입변수	산출변수	분석기법
김종기, 강다연 (2009)	자산, 자본, 상시종업원수	당기순이익, 영업이익, 경상이익, 매출액	DEA
장두영 (2009)	유형고정자산, 종업원수, 매출원가, 판매관리비, 연구개발비	시가총액, 매출액	Malmquist
하귀룡, 최석봉 (2011)	연구개발비, 고정자산, 종업원수	매출액	DEA
홍정식 등(2012)	총 종사자수, 투자금액, 매출원가	부가가치액, 순이익, 매출액	DEA
정분도 (2014)	종사자수, 기업체수	매출액	DEA Malmquist

이상에서 살펴본 선행연구들은 대부분 방사적 모형 위주로 효율성 및 생산성을 측정하고 있다. 이와 달리 본 연구에서는 투입요소와 산출물의 잔여를 반영하는 비방사적 Malmquist 지수를 이용하여 국내 ICT산업의 생산성 변화를 보다 엄밀하게 측정하고자 한다.

3. 실증분석

3.1 분석대상 및 측정변수

본 연구에서는 국내 ICT산업을 대상으로 2008년부터 2013년까지 6년간의 생산성 변화 추이를 분석한다. ICT산업의 범위는 미래창조과학부의 ICT통계분류체계를 기준으로 정보통신방송서비스, 정보통신방송기기, 소프트웨어 및 디지털콘텐츠의 3개 대분류에 포함된 하위 10개 중분류로 설정하였다.

생산성 측정을 위한 본원적 투입요소인 노동과 자본은 한국정보통신진흥협회와 한국전자정보통신산업진흥회의 ICT 실태조사 보고서[14]에 제시된 업종별 종사자수와 자본금을 사용하였고, 산출요소는 업종별 생산액을 기준으로 측정하였다.

이러한 투입 및 산출요소의 선정에 관한 합의된 방법이 제시되어 있지는 않지만, 기존 문헌에 의하면 분석대상의 수(n), 투입요소의 수(m), 산출요소의 수(s)의 관계는 $n \geq \max\{m \times s, 3(m + s)\}$ 의 조건을 갖추는 것이 바람직하다고 알려져 있으며 [15] 본 연구는 이러한 권고기준을 충족하고 있다.

3.2 분석결과 및 시사점

본 연구는 2008~2013년 기간 동안 국내 ICT산업의 생산성 변화를 비방사적 Malmquist 지수를 이용하여 측정하였다. <표 2>는 ICT산업의 효율성 변화, 기술 변화, 그리고 Malmquist 생산성 변화 지수

를 보여주고 있다.

먼저 ICT산업 전체의 생산성 변화 측정 결과를 살펴보면, 분석기간(2008~2013년) 동안 약 5% 정도 생산성이 증가한 것으로 나타났다. 기간별로는 <그림 1>과 같이 T1(2008-2009년) 기간에 생산성 하락을 보였는데, 이는 당시 글로벌 금융위기의 충격이 생산성에 부정적 영향을 끼친 것으로 해석된다. 그러나 T2(2009-2010년) 기간 중 가장 큰 폭으로 생산성이 상승한 이후 증가 추세를 지속하고 있다.

다음으로 생산성 변화를 세부요인별로 분해하여 살펴보면, 기술적 효율성은 분석기간 동안 4%의 증가를 보인 반면, 기술진보는 상대적으로 미약한 것으로 나타나 결국 ICT산업의 생산성 증가는 기술적 효율성 향상에 기인한 것을 알 수 있다. 또한 순수 기술 효율성이 규모 효율성에 비해 높은 값을 보이고 있어서 이러한 기술적 효율성의 향상 원인이 규모 효과보다는 순수한 효율성 변화에 있음을 알 수 있다. 따라서 향후에는 기술 변화가 생산성 증가의 주된 요인이 될 수 있도록 효율적 R&D 투자를 통해 기술혁신 역량을 확충하는 것이 필요할 것으로 보인다.

ICT산업 세부 부문별로는 통신기기 부문을 제외한 모든 부문의 생산성이 증가한 것으로 나타났다. 특히 방송기기, 부품, 패키지소프트웨어 등의 순으로 상대적으로 높은 생산성 증가를 보이고 있다. 또한 전체 기간 동안 기술적 효율성 향상이 가장 높은 부문은 방송기기이었으며, 기술진보 효과가 가장 높은 부문은 정보통신응용기반기기로 나타났다. 그리고 규모 효율성은 부품과 패키지소프트웨어 부문이 가장 높았고, 방송기기는 규모 효율성이 가장 낮은 것으로 나타났다. 특히 방송기기 부문의 경우 규모의 효율성은 저조하였으나 순수한 기술적 효율성이 높게 나타나 전반적으로는 생산성이 향상되었음을 알 수 있다.

표 2. ICT산업의 효율성 및 생산성 변화 추정 결과
Table 2. Estimation results of efficiency and productivity change of ICT industry

구 분		TEC	PEC	SEC	TC	MI
정보통신서비스	통신서비스	1.009	1.008	1.001	1.003	1.012
	방송서비스	1.041	1.020	1.021	1.003	1.044
	방송통신융합서비스	1.026	0.991	1.036	1.016	1.043
정보통신방송기기	통신기기	0.982	0.984	0.998	0.982	0.965
	방송기기	1.093	1.156	0.946	1.018	1.113
	정보기기	1.035	1.000	1.035	0.989	1.024
	부품	1.073	1.000	1.073	1.020	1.094
	정보통신응용기반기기	1.050	1.068	0.984	1.027	1.079
소프트웨어	패키지소프트웨어	1.073	1.000	1.073	1.018	1.092
	IT서비스	1.022	1.042	0.981	1.018	1.040
ICT산업 전체		1.040	1.026	1.014	1.009	1.050

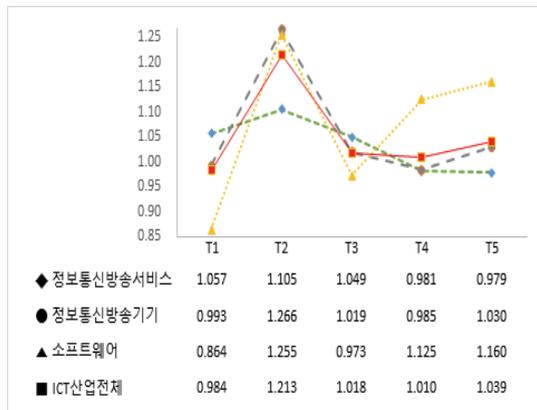


그림 1. 기간별 Malmquist 생산성 지수
Figure 1. Malmquist productivity indices for the period 2008-2013

4. 결 론

본 연구는 우리나라 경제성장의 주력산업으로서 많은 요소투입이 집중적으로 이루어져 온 ICT산업의 생산성 변화를 실증분석함으로써 ICT산업의 경쟁력과 잠재력을 추론하고 향후 정책적 시사점을 도출하고자 하였다. 특히 투입과 산출의 잔여를 반영할 수 있는 비방사적 Malmquist 지수를 사용하여 기존의 방사적 모형에 의한 생산성 측정의 한계를 보완하고자 하였다.

본 연구의 실증분석 결과와 시사점을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 분석 대상 기간 동안 ICT산업의 생산성은 증가한 것으로 나타났으며, 이러한 생산성 증가는 주로 기술적 효율성 향상에 기인한 것으로 분석되었다. 따라서 향후 ICT산업의 경쟁력 제고를 위해서는 우선 연구개발비 확충이나 선진기술 도입 등과 같이 기술 진보를 촉진시키기 위한 정책이 요구된다고 할 수 있다. 둘째, ICT산업의 성장요인을 살펴보면 순수한 기술적 효율성은 생산성 증가에 긍정적인 영향을 미친 반면, 규모 효과는 오히려 부정적 영향을 미친 것으로 나타났다. 이는 ICT산업의 규모를 지속적으로 확장하는 한편 산·학·관 협력을 통한 생산 효율성 제고 방안을 마련할 필요가 있음을 시사한다.

본 연구의 한계를 토대로 향후 연구 방향을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 자료의 한계로 생산성 변화의 결정요인들에 대한 분석이 이루어지지 않았다. 따라서 향후 연구에서는 생산성 변화에 영향을 미치는 결정요인에 대한 추가 분석을 통해 보다 실효성 있는 정책대안을 모색할 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서 선정한 투입 및 산출요소들이 ICT산업의 생산성 측정에 있어 완벽하게 적절하다고 볼 수 없다는 점에서 향후 ICT산업의 고유특성을 반영할 수 있는 변수의 보강이 이루어진다면 더욱 의미있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] J.-W. Joo, *Trend analysis of the Korean ICT industry*, KISDI STAT Report, Vol. 15-19, pp. 1-10, 2015.
- [2] Ministry of Science, ICT and Future Planning, *K-ICT strategy for creative economy*, 2015.
- [3] B. P. Bosworth, and J. E. Triplett, *The early 21st century U.S. productivity expansion is still in services*, International Productivity Monitor, Vol. 14, pp. 3-19, 2007.
- [4] M. Ceccobelli, S. Gitto, and P. Mancuso, *ICT capital and labour productivity growth: A non-parametric analysis of 14 OECD countries*, Telecommunications Policy, Vol. 36, No. 4, pp. 282-292, 2012.
- [5] S.-Y. Ahn, and S.-H. So, *An empirical analysis on technical efficiency and productivity changes of photonics industry*, Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 15, No. 7 pp. 4177-4183, 2014.
- [6] C.-H. Liao, and C.-Y. Lien, *Measuring the technology gap of APEC integrated telecommunications operators*, Telecommunications Policy, Vol. 36, No. 10-11, pp. 989-996, 2012.
- [7] R. Färe, S. Grosskopf, M. Norris, and Z. Zhang, *Productivity growth, technical change and efficiency change in industrialized countries*, American Economic Review, Vol. 84, No. 1, pp. 66-83, 1994.
- [8] K. Tone, *A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis*, European Journal of Operational Research, Vol. 143, No. 1, pp. 32-41, 2002.
- [9] J.-K. Kim, and D.-Y. Kang, *Management efficiency of Korean information and communication enterprise*, Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 14, No. 1, pp. 32-42, 2009.
- [10] D.-Y. Chang, *A comparison of total factor productivity between sectors producing and using information & communication technology: Data Envelopment Analysis Based on Panel Data of Korean Companies*, Journal of Korean Economy Studies, Vol. 26, No. 9, pp. 39-64, 2009.
- [11] G.-R. Ha, and S.-B. Choi, *A study on the management efficiency of Korean ICT small and medium sized enterprises (SMEs)*, Asia Pacific Journal of Small Business, Vol. 33, No. 4, pp. 55-75, 2011.
- [12] J.-S. Hong, C.-J. Yang, and H.-Y. Lee, *Comparative evaluation of efficiency of the Korean IT sectors: A data envelopment analysis approach*, Journal of the Korea Management Engineers Society, Vol. 17, No. 1, pp. 147-160, 2012.
- [13] B.-D. Jeong, *Efficiency and productivity on ICT industry*, International Commerce and Information Review, Vol. 16, No. 4, pp. 55-75, 2014.
- [14] Korea Association for ICT Promotion, *Information and Communication Technology Survey*, 2015.
- [15] W. W. Cooper, L. M. Seiford, and K. Tone, *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*, Springer, New York, 2007.

Malmquist 지수를 활용한 국내 ICT산업의 기술적 효율성 및 생산성 변화 요인 분석

류백현¹, 소순후²

¹송원대학교 철도운수경영학과

²원광대학교 경영학부

요 약

ICT산업은 기업의 효율성 제고는 물론 산업전반의 생산성 개선에 기여할 수 있다는 점에서 국가경제의 성장동력으로 인식되고 있다. ICT산업의 중요성이 부각되고 있는 상황에서 본 연구는 국내 ICT산업의 생산성 변화를 측정하고, 이러한 변화를 기술적 효율성 변화와 기술 변화로 분해함으로써 ICT산업의 생산효율성 제고를 위한 시사점을 제시한다. 특히 기존의 연구들과 달리 투입요소와 산출물의 잔여를 반영할 수 있는 비방사적 Malmquist 지수를 실증분석에 적용한다. 실증분석을 위해 2008년에서 2013년까지 6개년의 자료를 수집하였으며, 투입요소로는 종사자수와 자본금을 사용하였고, 산출요소로는 생산액을 사용하였다. 실증분석 결과, ICT산업의 생산성은 증가한 것으로 나타났다. 이러한 생산성 증가는 주로 기술적 효율성 향상에 기인한 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 기술혁신역량을 강화하는 한편 생산효율성 향상을 위한 ICT산업 발전전략 추진이 필요함을 시사하는 것으로 향후 ICT산업의 경쟁력 제고에 실질적인 도움이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2013학년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행됨.



Baek-Hyun Ryu received the bachelor's, master's and Ph.D. degrees in business administration from Chosun University in 1983, 1985 and 1992, respectively. He is currently an associate professor in the

Department of Railroad Transportation, Songwon University, Korea. His current research interests include supply chain management, quality management and e-business.

E-mail address: yu01@songwon.ac.kr



Soon-Hu So received the bachelor's, master's and Ph.D. degrees in business administration from Chonnam National University in 1994, 1996 and 2004, respectively.

He is currently an associate professor in the Division of Business Administration, Wonkwang University, Korea. His current research and teaching interests include management information system, supply chain management, technology management and e-business.

E-mail address: soonhu@wku.ac.kr