

The Effect of IT Investment and Dynamic Efficiency Test in Manufacturing Industries

Myunghun Lee*

Abstract The previous studies have mainly focused on measuring the contribution of IT investment to the industry's productivity growth, but failed to investigate its effect on the supply price. If IT investment leads to a lower in the supply price, the industry will likely expand its global market share through the price competition. Also, it is required to confirm the attainment of optimal level of IT capital stock in order to maximize the investment efficiency. In this study, first, we compute the price elasticities with respect to IT capital investment by industries by estimating a supply relationship derived from the cost function. Then we test for the dynamic optimal condition for IT capital stock obtained by minimizing the present value of costs subject to the production function as specified in dynamic equilibrium model. An investment in IT capital would bring an increase in supply price in the labor intensive industries, while enabling the price cuts in the capital intensive industries. Overall, the IT investment might result in the supply price reductions in the Korean manufacturing industries, but insignificantly in the effectiveness. The dynamic optimal condition is rejected for feasible range of variable discount rates.

Keywords IT investment, Supply price elasticity, Dynamic optimal condition

JEL Classification L6

* Professor, Department of International Trade, Inha University, Email address: leemh@inha.ac.kr

제조업 산업별 IT 투자 효과 및 동태적 효율성 분석*

이 명 현[†]

Abstract 산업의 IT 투자 효과를 측정하는 기존 연구 대부분은 주로 생산성 향상 여부에 논의의 초점을 맞추어 그 기여도를 분석하였으나 공급가격의 인하를 통한 수출 경쟁력 확보 및 세계시장 점유율 제고의 개연성여부까지는 이어지지 못하였다. 또한 IT 투자에 많은 비용이 들어가는 만큼 투자효율을 극대화하기 위하여 IT 자본스톡의 적정수준 여부를 판단하는 작업이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 한국 제조업을 대상으로 비용함수로부터 공급관계식을 도출하고 산업별 IT 자본 투자에 대한 공급가격의 탄력성을 측정하며, IT 자본 스톡의 절대 변화율에 영향을 받는 동태적 균형모형에서의 비용함수로부터 최적 조건을 도출한 다음 그 충족여부를 검증한다. 노동집약적 산업에서의 IT 투자는 공급가격을 증가시키는 것으로 나타난 반면 자본집약적 산업에서는 가격인하가 가능한 것으로 밝혀졌다. 제조업 전체로 보면 IT 자본 투자로 공급가격은 하락하되 그 폭은 작았다. IT 자본 투자의 동태적 효율성 달성은 모든 변동할인율 범위에서 기각되었다.

Keywords IT 투자, 공급가격탄력성, 동태적 최적조건

JEL Classification L6

* 이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-327-B00155).

[†] 인하대학교 국제통상학부 교수, 이메일 주소: leemh@inha.ac.kr

1. 서론

지난 10년간 우리는 반도체, 컴퓨터 및 개인 휴대용 단말기 등 하드웨어와 인터넷 등 유무선 통신 인프라, 그리고 시스템 운영 및 게임 등 소프트웨어 부문 등을 포괄하는 정보통신기술(IT) 분야에서 비약적인 발전을 거듭하여 전 세계적으로 IT 강대국 지위를 인정받고 있다. IT 분야에서의 집약적인 도약은 경제주체로 하여금 각종 지식, 정보에 대한 접근, 유통, 확산을 용이하게 함으로써 정보의 비대칭성으로 야기되는 자원의 비효율적 배분을 교정하고 합리적인 선택을 유도하며 거래비용을 대폭 절감시키는 등 경제 운영 시스템 전반의 효율성을 한 단계 높이는 데 결정적 계기를 제공하였다. 이러한 경제적 과실 대부분은 관련 재화나 서비스를 최종적으로 수요하는 단계에서 상당 부분 실현되지만 생산과정 과정에서 IT 기술이 체화된 자본재나 중간재 투입이 비용 절감과 생산성 향상, 궁극적으로 재화의 가격 인하로 이어질 경우 기업의 대외 경쟁력 제고로 파생되는 경제적 이득 또한 지대할 것이다.

IT 자본 투입이 기업의 생산성 증가에 기여했는지 여부에 대해서는 국내외 관련 연구사례에서 일관성있는 결론을 도출하지 못하고 분석 대상이나 기법에 따라 엇갈린 평가를 하고 있다. Franke (1987)가 대상으로 삼은 금융산업, Parsons, Gottlieb, and Denny (1990)의 은행업, Cron and Sobol (1993)의 약품도매업에서 IT 투자와 생산성 향상과의 상관성은 미미한 것으로 조사되었으며 Huggett and Ospina (2001)의 경우 IT 투자는 오히려 제조업의 생산성을 감소시키는 것으로 분석하였다. 반면, 제조업의 산업단위별 자료를 사용한 Siegel and Griliches(1991), 국가 단위의 자료를 활용한 Lau and Tokutsu (1992), Oliner and Sichel (2000), 그리고 Jorgenson and Stiroch (2000) 등은 산업 생산성 증가 및 경제성장에 대한 IT 투자의 기여도를 높게 평가하였다. 국내 연구에서도 의견이 분분한데, 산업별 IT 자본스톡을 추계한 김원준·이정동 (2001)의 연구에서는 1인당 IT 자본장비율의 증가와 노동생산성 증가는 비례하는 것으로 나타났고 신일순 외 (1998)과 강임호·송재경 (1999)은 각각 상장기업과 은행업을 대상으로 IT 투자는 생산성 향상으로 이어졌음을 입증하였다. 이에 대해 섬유산업을 대상으로 한 이기동 (2000)과 IT 자본스톡의 노동생산성 기여도를 분석한 조상섭 (2002) 등은 동의하지 않은 연구 결과를 제시하였다.

이들 선행 연구 대부분은 주로 생산성 향상 여부에 논의의 초점을 맞추어 IT 투자의 경제적 성과를 평가하였으며, 비용 단가의 하락에 따른 생산성 증가가 실현될 경우 공급가격의 인하를 통한 산업의 대내외적 경쟁력 확보 더 나아가 시장 점유율 확대까지 이어질지에 대한 분석은 이루어지지 못하였다. 재화 시장의 형태가 대부분 과점이라는 현실적 상황을 고려하면 단기적으로 IT 시설 및 장비에 재투자하고 규모의 경제를 추구하면서 장기적으로는 가격경쟁 및 시장점유율 경쟁이 불가피하다. 국적으로 기업을 구분하는 것이 무의미하고 전 세계시장에서 선도 기업의 경제적 지위와 영향력이 중요한 의미를 갖는 지금의 글로벌 경제 체제에서 시장점유율을 제고하는 일은 향후 기업의 생존 여부를 결정짓는 중요한 현안이기 때문이다. 시장 점유율을 높이는 데는 재화의 가격경쟁력을 확보하는 것만큼 더 강력하고 효과적이며 상대방의 운신의 폭을 줄일 수 있는 수단이 없으므로 IT 투자가 공급가격에 미치는 영향을 분석하여 가격변화의 방향 및 폭을 분석하는 작업은 가격인하 정책을 모색하기 위한 정보 수집 차원에서 매우 필요하다. 특히 향후 한미 FTA가 발효되어 관세장벽이 제거될 상황에서 상대적으로 비

교우위가 있는 국내 제조업의 가격경쟁력 유지 또는 향상은 매우 시급한 과제라 할 수 있으며 그 여부에 따라 FTA의 경제적 성과에 대한 평가는 극을 달리할 것이다.

한편 IT 투자의 효과를 극대화하기 위하여 투자비용을 고려한 효율성 분석이 요구되지만 IT 기계 및 시설의 보급률 등 외형적 규모와 양적 성장을 근거로 산업의 경쟁력을 평가하는 사회적 인식으로 IT 투자 규모의 적정성 여부를 연구하는 주제는 상대적으로 소홀히 다루어져왔다. 기존에 생산에서의 효율성 분석은 생산요소 간 투입비율의 적정성을 판단하는 분배 효율성과 X-효율성 개념으로서 적정수준 대비 생산요소의 과잉, 과소 투입 여부를 조사하는 기술 효율성으로 나눌 수 있는데 이들 유형 모두 정태적 분석이라 할 수 있다. 하지만 IT 시설의 경우 속성상 제품주기가 상대적으로 짧기 때문에 투자 시점 또한 중요한 만큼 최적 IT 투자 비율을 결정할 때 전 기간을 대상으로 현재가치화 된 비용흐름의 합계를 극대화하는 동태적 접근법이 적합할 것이다.

본 연구에서는 IT 투자와 관련하여 기존 연구들이 안고 있는 이러한 한계와 문제점들을 개선시키는 동시에 시의적인 정보에 대한 요구를 충족시키기 위하여 산업의 IT 자본 투자에 대한 행태를 포괄적으로 분석한다. IT 자본 투입이 공급가격에 미치는 과급효과와 IT 자본 투자의 동태적 효율성을 검증할 수 있는 계량 모형을 제시한 다음 이를 이용하여 국내 제조업을 대상으로 산업별 IT 자본 투입 변화에 대한 공급가격의 탄력성을 측정하고 IT 투자의 동태적 효율성 달성 여부를 검증한다. 아울러 임금 및 원자재(중간재)값 상승이 가격에 미치는 효과를 측정한다. 이는 물가지수 산정에 편입된 제품의 기여도에 의거하여 계산하는 기존 방식과 달리 투입물의 가격이 상승할 때 산업별 최적 행위, 즉 비용최소화를 위하여 이를 공급가격에 어느 정도 반영하고 있는가를 파악한다. 아울러 IT 자본스톡의 암묵가격을 도출한 후 IT 자본스톡에 대한 수요함수를 추정함으로써 IT 투자행태를 조명한다. 부수적으로는 가설검증을 통하여 생산함수의 특성들을 파악하고 시장구조적 차이로 유발되는 재화가격의 mark-up율을 계산함으로써 산업간 시장지배력을 비교해본다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 제약비용함수를 정의한 후 이로부터 공급관계식을 도출하여 추정을 위한 계량모형을 제시하였고 제3장에서는 생산함수의 특성에 관한 가설검증을 실행하고 IT 자본 투입 및 가변 요소 가격 변화에 대한 최종재화 가격의 탄력성과 IT 자본의 암묵가격을 도출하였다. 제4장에서는 IT 자본 투자의 동태적 효율성 여부를 검증하기 위한 방법론을 제시하였다. 제5장에서는 모형 추정에 사용된 자료를 설명하고 추정결과를 토대로 실증적 분석을 시도하였다. 제6장은 결론부분이다.

2. 계량 모형

총자본스톡을 IT 자본스톡(h)과 비IT 자본스톡(k)으로 분류하여 이들 각각을 준고정 투입요소로 설정하고, 노동(l)과 중간재(m)를 가변 투입요소로 하는 부분 정태 균형모형의 생산함수를 고려한다.

$$q = f(z, v, t), \quad (1)$$

여기서 q 는 최종생산물의 양이고 z 와 v 는 각각 준고정 요소와 가변요소의 벡터를 나타낸다. t 는 기술변화를 반영하는 시간지표이다.

Lau (1976)와 McFadden (1978) 등에 의하면 단기에서 z 가 적정수준으로 투입될 경우, 이들 자본스톡이 주어진 상황에서 비용최소화 문제를 해결함으로써 다음의 제약비용함수를 도출할 수 있다.¹⁾

$$rc = rc(q, w, z, t), \quad (2)$$

여기서 $w = [w_l, w_m]$ 로서 가변 투입요소의 가격벡터이다.

기업의 생산량을 결정할 때 주로 과점시장에서 이루어지는 기업간 전략적 행위를 고려하기 위하여 시장형태에 따른 가격 변화를 일반화시키면 기업이 인식하는 한계수입은 다음과 같다.

$$mr^p = p + q \cdot \frac{\partial p^p}{\partial q}, \quad (3)$$

여기서 mr^p 은 ‘인지(perceived)’ 한계수입이고 p 는 최종재화의 시장가격이다. $\partial p^p / \partial q$ 는 기업의 전략적 행위를 고려한 것으로 생산량 변화가 가격에 미치는 ‘인지’ 효과를 나타낸다.²⁾ IT 투자에 대한 기업간 전략적 선택도 생산량 변화를 매개로 하여 간접적으로 전개할 수 있을 것이다. ‘인지’ 한계수입과 한계비용을 일치시켜 이윤을 극대화하는 공급함수를 도출할 수 있다.

$$p = \frac{\partial rc}{\partial q} - q \cdot \frac{\partial p^p}{\partial q}, \quad (4)$$

여기서 제약비용함수가 준고정 투입요소인 IT 자본스톡의 함수이므로 공급관계식을 추정하여 IT 자본스톡으로 편미분할 경우 IT 자본 투자의 가격효과를 측정할 수 있다. $-q \cdot \partial p^p / \partial q$ 는 한계비용에 대한 시장가격의 mark-up 항목으로서 시장지배력을 나타낸다.

제약비용함수 식 (2)를 추정하기 위하여 다음과 같이 초월대수(translog) 함수형태를 취한다.

$$\begin{aligned} \ln rc = & \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln w_i + \beta_k \ln k + \beta_h \ln h + \alpha_q \ln q + \alpha_t t + \frac{1}{2} \delta_{kk} (\ln k)^2 + \\ & \frac{1}{2} \delta_{hh} (\ln h)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{qq} (\ln q)^2 + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_i \delta_{ik} \ln w_i \ln k + \\ & \sum_i \delta_{ih} \ln w_i \ln h + \sum_i \gamma_{iq} \ln w_i \ln q + \delta_{kh} \ln k \ln h + \delta_{kq} \ln k \ln q + \delta_{hq} \ln h \ln q, \quad i, j = l, m, \end{aligned} \quad (5)$$

1) 제약 비용함수 혹은 이윤함수를 추정한 몇몇 선행연구는 일부 투입요소의 가격이 존재하지 않는 특별한 상황에서 쌍대성(duality)을 이용, 생산함수의 특성을 측정하였다. 대표적 논문으로 수직적 통합된 천연자원산업의 구조적 특성으로 시장가격을 구할 수 없는 천연자원의 대체가능성을 측정한 Halvorsen and Smith (1986)과 가격이 존재하지 않은 펄프와 폐지간 대체 가능성을 조사한 Lee and Ma (2001) 등이 있다.

2) 정태분석 모형에서는 $\partial p^p / \partial q$ 는 일반적으로 $\phi \cdot \partial p / \partial q$ 로 나타낼 수 있으며 ϕ 는 시장지배력 수준에 따라 0에서 1까지의 범위를 갖는다 (Atkinson and Halvorsen, 1998).

여기서 $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$, $i \neq j$. 투입요소가격에 대한 제약비용함수의 1차 동차성을 충족시키기 위하여 다음의 제약조건을 부여한다.

$$\sum_i \alpha_i = 1, \sum_i \gamma_{ij} = \sum_j \gamma_{ij} = \sum_i \sum_j \gamma_{ij} = \sum_i \delta_{ik} = \sum_i \delta_{ih} = \sum_i \gamma_{iq} = 0.$$

Shephard 정리를 이용하여 다음과 같이 식 (5)의 비용함수로부터 가변 투입요소에 대한 비용 몫(s_i) 방정식을 도출한다.

$$s_i = \frac{\partial \ln rc}{\partial \ln w_i} = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln w_j + \delta_{ik} \ln k + \delta_{ih} \ln h + \gamma_{iq} \ln q, \quad i = l, m \quad (6)$$

초월대수 함수형태의 제약비용함수 식 (5)로부터 한계제약비용 $\partial rc / \partial q$ 를 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial rc}{\partial q} &= \frac{\partial \ln rc}{\partial \ln q} \cdot \frac{rc}{q} = [\alpha_q + \gamma_{qq} \ln q + \sum_i \gamma_{iq} \ln w_i + \delta_{kq} \ln k + \delta_{hq} \ln h] \\ &\times \exp [\alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln w_i + \beta_k \ln k + \beta_h \ln h + \alpha_q \ln q + \alpha_t t + \frac{1}{2} \delta_{kk} (\ln k)^2 + \\ &\frac{1}{2} \delta_{hh} (\ln h)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{qq} (\ln q)^2 + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_i \delta_{ik} \ln w_i \ln k + \\ &\sum_i \delta_{ih} \ln w_i \ln h + \sum_i \gamma_{iq} \ln w_i \ln q + \delta_{kh} \ln k \ln h + \delta_{kq} \ln k \ln q + \delta_{hq} \ln h \ln q] / q. \end{aligned} \quad (7)$$

식 (4)의 mark-up 항을 추정하기 위하여 다양한 형태의 시장구조를 반영한 ‘인지’ 수요방정식을 정의한다. Appelbaum (1979)과 Bresnahan (1989) 등이 석유산업을 대상으로 사용한 Marshallian 잔여(residual) 수요곡선은 선도기업과 군소기업들이 경쟁하는 가격선도모형에서 선도기업이 인지하는 유효한 수요곡선이 될 수 있으나 Ellis and Halvorsen (2002)이 언급하였듯이 일반화된 시장구조의 상황에 맞는 형태를 도출하는 데 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 생산량 변화에 대한 가격 ‘인지’ 효과를 시간의 함수로 측정한 Diewert (1982)를 따라서 ‘인지’ 역수요함수를 $p^p(q) = u(t) + v(t) \cdot q$ 로 설정한다. 여기서 $u(t)$ 와 $v(t)$ 는 Atkinson and Halvorsen (1998)과 Ellis and Halvorsen (2002) 등을 따라서 시간에 대한 2차 다항식으로서 q 로 편미분할 경우 식 (4)의 mark-up 항은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$-q \cdot \frac{\partial p^p}{\partial q} = -(\theta_0 + \theta_t t + \theta_{tt} t^2) \cdot q. \quad (8)$$

식 (7)과 (8)을 식 (4)의 공급관계식에 대입하여 다음과 같이 추정가능한 형태로 도출한다.

$$\begin{aligned}
 p = & [\alpha_q + \gamma_{qq} \ln q + \sum_i \gamma_{iq} \ln w_i + \delta_{kq} \ln k + \delta_{hq} \ln h] \\
 & \times \exp [\alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln w_i + \beta_k \ln k + \beta_h \ln h + \alpha_q \ln q + \alpha_t t + \frac{1}{2} \delta_{kk} (\ln k)^2 + \\
 & \frac{1}{2} \delta_{hh} (\ln h)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{qq} (\ln q)^2 + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_i \delta_{ik} \ln w_i \ln k + \\
 & \sum_i \delta_{ih} \ln w_i \ln h + \sum_i \gamma_{iq} \ln w_i \ln q + \delta_{kh} \ln k \ln h + \delta_{kq} \ln k \ln q + \delta_{hq} \ln h \ln q] / q - (\theta_0 + \theta_t t + \theta_{tt} t^2) q
 \end{aligned} \tag{9}$$

비용함수의 동차성 제약조건을 만족시키면서 반복적 켈너(iterative Zellner) 기법을 사용하여 제약비용함수 (5), 비용뭉방정식 (6), 공급관계식 (9) 등을 하나의 방정식시스템으로 묶어 연립 방정식 체계로 추정한다.

3. 가설검증, 가격탄력성 및 IT 자본의 암묵가격 측정

다음의 제약조건이 충족된다면 생산함수는 모든 투입요소에 대하여 $(1/\eta)$ 차 동차이다.

$$\alpha_q = \eta(1 - \beta_k - \beta_h), \quad \gamma_{iq} = -\eta\gamma_{ik} - \eta\gamma_{ih}, \quad i = k, h, l, m, q. \tag{10}$$

동차성을 전제로 $\eta = 1$ 의 제약조건을 추가로 부여함으로써 생산함수의 1차 동차 여부를 검증한다.

만약 생산함수의 동차성이 기각될 경우 Caves, Christensen, and Swanson (1981)을 따라서 규모의 수익정도를 추정할 수 있다.

$$\frac{1 - \partial \ln rc / \partial \ln k - \partial \ln rc / \partial \ln h}{\partial \ln rc / \partial \ln q} \tag{11}$$

노동, 중간재가 IT 자본스톡으로부터 대수적으로 강분리 가능(strong separability)이 이루어지기 위해서는 다음의 제약조건이 성립되어야 한다.

$$\delta_{lh} = \delta_{mh} = 0. \tag{12}$$

IT 자본 투자로 인하여 제약비용의 변화가 초래되었는지에 대한 여부를 판단하기 위해서는 제약식 (12)에 다음과 같이 추가로 제약조건을 부여함으로써 가설검증을 실시한다.

$$\beta_h = \delta_{hh} = \delta_{kh} = \delta_{hq} = 0. \quad (13)$$

만약 (12)과 (13)의 제약조건이 동시에 기각된다면 제약비용함수를 추정할 때 IT 자본스톡을 설명변수로 포함시키지 않을 경우 비용 추정치와 실제 비용간에 괴리가 존재하게 된다. 제약식 (12)에 다음의 제약조건을 추가하여 총자본(IT와 비IT 자본)에 대한 노동, 중간재의 대수적 강분리 가능 여부를 검증한다.

$$\delta_{lk} = \delta_{mk} = 0. \quad (14)$$

기술변화 존재 여부는 다음의 제약조건을 부여함으로써 검증가능하다.

$$\alpha_t = 0. \quad (15)$$

만약 기술변화의 존재함이 입증될 경우 α_t 의 추정값은 기술변화로 인한 비용증감율을 나타낸다. 또한 Caves, Christensen, and Swanson (1981)의 방식에 의거하여 모든 투입량을 고정시킨 채 시간이 경과함에 따라 생산량이 증가하는 율로 정의되는 기술변화율을 계산할 수 있다.

$$-\frac{\partial \ln rc / \partial t}{\partial \ln rc / \partial \ln q} \quad (16)$$

재화의 공급관계식 (9)로부터 알 수 있듯이 가격 형성은 한계암묵비용과 시장 지배력의 척도를 반영하는 가격 mark-up분의 합으로 이루어진다. 가격의 mark-up분을 구성하는 계수들 ($\theta_0, \theta_t, \theta_{tt}$)이 모두 통계적 유의성을 확보하는 데 실패할 경우 재화의 가격은 한계비용과 동일하게 설정되는 셈이다. 따라서 다음의 제약조건이 채택된다면 기업은 완전경쟁시장하에서 가격 수용자로 행동하고 있음을 의미한다.

$$\theta_0 = \theta_t = \theta_{tt} = 0. \quad (17)$$

제약조건 (10)에 해당하는 생산함수의 동차성을 검증할 때는 우도비(likelihood ratio) 방식을 사용한다. $-2\log \lambda$ 의 통계량은 점근적으로 χ^2 분포를 갖는데, λ 는 제약하의 우도함수와 제약되지 않은 우도함수의 비를 나타내며 자유도는 제약조건수와 동일하다. 그 외의 제약조건들에 대해서는 통계량이 역시 χ^2 분포를 나타내는 Wald 법이 사용되며 모두 0.01 유의수준에서 실행한다.

IT 자본 투자가 공급가격에 미치는 영향을 조사하기 위하여 공급관계식 (9)을 $(\ln h)$ 로 편미분한 다음 가격 p 로 나누어주면 IT 자본 투입 변화에 대한 가격의 탄력성을 계산할 수 있다.

$$\frac{\partial \ln p}{\partial \ln h} = \frac{\partial p}{\partial \ln h} \cdot \frac{1}{p} = \frac{\exp(\widehat{rc})}{pq} \times \{\delta_{hq} + (\alpha_q + \gamma_{qq} \ln q + \sum_i \gamma_{iq} \ln w_i + \delta_{kq} \ln k + \delta_{hq} \ln h) \cdot (\beta_h + \delta_{hh} \ln h + \sum_i \delta_{ih} \ln w_i + \delta_{kh} \ln k + \delta_{hq} \ln q)\}, \quad (18)$$

여기서 \widehat{rc} 는 제약비용함수의 추정값이다.

같은 방법으로 노동, 중간재 등 가변 투입요소의 가격변화에 대한 재화 공급가격의 탄력성은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \ln p}{\partial \ln w_i} = \frac{\partial p}{\partial \ln w_i} \cdot \frac{1}{p} = \frac{\exp(\widehat{rc})}{pq} \times \{\gamma_{iq} + (\alpha_q + \gamma_{qq} \ln q + \sum_i \gamma_{iq} \ln w_i + \delta_{kq} \ln k + \delta_{hq} \ln h) \cdot (\alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln w_j + \delta_{ik} \ln k + \delta_{ih} \ln h + \gamma_{iq} \ln q)\}, \quad i = l, m. \quad (19)$$

Halvorsen and Smith (1984, 1991)에 따르면 다음과 같이 제약비용함수를 IT 자본스톡으로 1차 편미분할 경우 IT 자본스톡에 대한 암묵가격을 추정할 수 있다.

$$w_h^s = -\frac{\partial rc}{\partial h} = \frac{\widehat{rc}}{h} \cdot (\beta_h + \delta_{hh} \ln h + \sum_i \delta_{ih} \ln w_i + \delta_{kh} \ln k + \delta_{hq} \ln q) \quad (20)$$

4. 동태적 효율성 검증

IT 자본 투자의 동태적 효율성을 검증하기 위하여 부분정태 모형의 생산함수 (1) 대신 다음과 같이 z 의 적응과정이 포함된 동태적 균형모형에서의 생산함수를 고려한다.

$$q = f(z, \dot{z}, v, t), \quad (21)$$

여기서 \dot{z} 는 z 의 절대변화율을 나타낸다. z 의 변화에 볼록한(convex) 내적 적응비용(internal costs of adjustment)이 발생한다. 이에 상응한 제약비용함수를 도출하면 다음과 같다.

$$rc = rc(q, w, z, \dot{z}, t). \quad (22)$$

Euler 조건에 의하면 정상상태(steady-state)의 적정 수준 z^* 는 다음을 만족한다.

$$-\frac{\partial rc}{\partial z^*} = r + \frac{\partial rc}{\partial \dot{z}}, \quad (23)$$

여기서 r 은 z 의 임대가격 벡터이다. 그리고 신축적인 가속도 형태의 투자수요 방정식은 다음과

같다.

$$\dot{z} = b(z^* - z), \quad (24)$$

여기서 b 는 조정계수 행렬이며 할인율 ρ 의 함수이다.

동태적 제약비용함수 (22)를 추정하기 위하여 다음과 같이 규모에 대한 장기 수익불변의 2차 함수형태로 전개하고 $\dot{z} = \Delta z (\equiv z_t - z_{t-1})$ 로 정의한다.

$$\begin{aligned} rc = & q(\alpha_0 + \alpha_t t + \sum_i \alpha_i w_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} w_i w_j + \sum_i \alpha_{it} w_i t) + \alpha_k k + \alpha_h h + \frac{1}{2} \beta_{kk} \frac{k^2}{q} \\ & + \frac{1}{2} \beta_{hh} \frac{h^2}{q} + \sum_i \gamma_{ik} w_i k + \sum_i \gamma_{ih} w_i h + \alpha_{kt} kt + \alpha_{ht} ht + \frac{1}{2} \delta_{kk} \frac{\Delta k^2}{q} + \frac{1}{2} \delta_{hh} \frac{\Delta h^2}{q} \end{aligned} \quad (25)$$

Shephard lemma를 적용하여 식 (25)로부터 다음과 같이 가변 투입요소 v_i 의 수요방정식을 도출한다.

$$\frac{\partial rc}{\partial w_i} = v_i = q(\alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} w_j + \alpha_{it} t) + \gamma_{ik} k + \gamma_{ih} h, \quad i, j = l, m \quad (26)$$

식 (24)에서 조정계수 행렬 b 를 정의할 때 Morrison and Berndt (1981)를 따라서 대각선 행렬을 가정하면 IT 자본스톡 h 에 대한 투자 수요방정식은 다음과 같다.

$$\Delta h_t = -\frac{1}{2} [\rho_t - [\rho_t^2 + 4(\frac{\partial^2 rc}{\partial h_t^2} / \frac{\partial^2 rc}{\partial h_t^2})^{\frac{1}{2}}]] \cdot (h_t^* - h_{t-1}). \quad (27)$$

IT 자본스톡의 변화에 대한 한계 내적 적응비용 $\partial rc / \partial \dot{h}$ 을 0으로 가정하고 IT 투자의 동태적 최적 조건 (23)을 이용하여 식 (27)를 다음과 같이 추정가능한 형태로 나타낸다.

$$\begin{aligned} \Delta h_t = & -\frac{1}{2} [\rho_t - [\rho_t^2 + 4(\frac{\beta_{hh}}{\delta_{hh}})^{\frac{1}{2}}]] \\ & \times [(\frac{q_t}{\beta_{hh}})(-\alpha_h - \sum_i \gamma_{hi} w_{it} - \alpha_{ht} t - r_{ht}) - h_{t-1}], \quad i = l, m. \end{aligned} \quad (28)$$

IT 자본 투자가 동태적 효율성 조건을 충족시키고 있다는 귀무가설을 검증하기 위하여 식 (25), (26), 그리고 (28)로 구성된 연립 방정식시스템을 추정하여 얻은 추정계수와 식 (25)와 (26)만을 추정한 추정계수를 비교하는 Halvorsen and Smith (1991)가 제안한 Hausman (1978) 분류검증법을 사용한다. 식 (25), (26)만을 추정하면 귀무가설이나 대립가설 모두에서 일치된

(consistent) 제약비용함수의 계수를 얻게 되며, 식 (28)을 추가하여 추정할 경우 귀무가설에서는 일치된, 그리고 점근적으로 효율적(efficient) 이지만 대립가설에서는 일치하지 않은 추정계수가 도출되기 때문이다. 검증 통계량은 제약비용함수 추정계수의 수와 동일한 자유도의 χ^2 분포를 갖는다.

5. 자료 및 분석결과

실증적 분석을 위하여 산업연관표 분류기준의 제조업 13개 산업을 대상으로 1984-1999년 기간의 연도별 패널자료를 사용하였다. 총산출량은 생산자물가지수로 환산한 1995년 불변가격표시 산출액으로 측정하였다. 총자본스톡은 유형고정자산의 순스톡(국부통계조사보고서)을 기본으로 다항식기준년접속추계법과 영구재고법을 사용하여 산출하였다. 산업별 IT 자본스톡을 추계하기 위해서는 먼저 IT 산업을 정보기기, 부품, 반도체, 통신기기, 통신서비스, 방송서비스, 소프트웨어 및 컴퓨터 관련서비스 등 7개 부문으로 분류한다. IT 부문 i 에 대하여 고정자본이 I_i , 산업 j 의 중간재로 투입되는 총산출액이 O_{ij} 이면, i 로부터 유입되는 산업 j 의 IT 투자액은 $I_i \times (O_{ij} / \sum_j O_{ij})$ 로 계산된다.³⁾ 이를 생산자물가지수로 실질가치화한 후 영구재고법을 사용하여 부문 i 로부터 유입된 산업 j 의 IT 자본스톡을 구한다. 산업 j 의 IT 총자본스톡은 부문별 IT 자본스톡의 합계이다. 비IT 자본스톡은 총자본스톡에서 IT 자본스톡을 제하여 얻는다. 노동비용은 연간급여액(광공업통계조사보고서)이며 노동가격은 월급여액을 월평균 근로시간(매월노동통계조사보고서)으로 나눈 시간당 급여를 사용하였다. 중간재비용은 중간재 구입비용이며 중간재가격은 가격지표로서 산업연관표를 이용하여 간접적으로 추계하였다. 제약비용은 노동비용과 중간재비용의 합이다. 공급가격은 산업별 생산자물가지수(통계청)를 사용하였다.

패널자료에 대한 고정효과(fixed effect)를 반영하기 위하여 제약비용방정식 (5)에 산업별 더미(dummies) 변수를 포함시켜 식 (5), (6), (9)로 구성된 방정식시스템을 추정한 결과 오차항간 2차 자기상관(autocorrelation)이 발견되어 2차 자기회귀(AR) 모형을 적용하여 재추정하였다. <표 1>에서 보듯이 25개 추정계수 중 18개가 1% 수준에서 유의적이며, 방정식별 R^2 값은 0.889에서 0.996의 범위를 나타냈다.

<표 2>에서 보는 것처럼 제약조건 (10)이 의미하는 생산함수의 동차성은 물론 1차 동차성 또한 기각되었다. 식 (11)을 이용하여 산정한 규모의 수익 정도는 산업 전체 평균 0.97를 기록하였으며 정밀기기 부문이 0.85로서 가장 낮았고 1.03의 화학 부문이 제일 높았다. 제약조건 (12)에 해당되는 가변 투입요소와 준고정된 IT 자본과의 강분리성은 기각되었으며 제약조건 (13)을 추가 부여한 'IT 투자는 제약비용의 변화를 초래하지 않는다'는 귀무가설 또한 기각되었다. 제약조건 (12)와 (13)을 결합한 가변 투입요소와 총자본과의 강분리성 역시 채택되지 못하였다. 제약조건 (15)의 '표본기간동안 기술변화는 없다'는 설정은 유의성이 없음이 입증되었으

3) 산업연관표에서는 개별 산업의 총산출액에서 전체 투자액수만이 표시되어 어느 산업에서 어느 정도의 투자가 유입되는지에 대해서는 알 수가 없다. 따라서 정보통신산업을 7개 부문으로 분류하고 각 산업의 고정자본 형성과정에서 각 정보통신부문에서 유입된 투자액을 추산하기 위하여 정보통신산업 각 부문의 총고정자본액을 산업별 투자재 판매 매출액 비율로 배분하여 산정한 것이다. 여기서 '중간재'는 통상적 의미의 원재료나 원유 등을 지칭하는 것이 아니라 개별 산업이 구매한 각 정보통신산업 부문의 제품이나 서비스를 나타낸다.

며 기술변화로 인하여 제약비용이 1.55% 감소한 것으로 나타났다. 식 (16)을 사용하여 기술변화를 측정된 결과, 제조업 평균 1.45%이었으며 부문별로 큰 편차를 보이지 않았다. 최소, 최대의 기술변화율을 기록한 산업은 각각 정밀기기(1.21%)와 석유석탄 부문(1.61%)이었다. 가격의 mark-up 여부를 결정하는 제약조건 (17)이 기각됨에 따라 국내 제조업은 불완전경쟁적 산업구조를 형성하고 있음이 실증적으로 확인되었다.

식 (18)을 통하여 계산한 산업별 IT 자본 변화에 대한 공급가격의 탄력성을 <표 3>의 두 번째 열에 제시하였다. IT 투자의 생산성 과급효과에 관한 국내외 선행연구에서 기여도 여부에 대하여 서로 상반된 견해를 제시한 것처럼 공급가격의 상승여부에 대해서도 산업별로 상이한 결과를 보이고 있다. 석유석탄, 1차 금속, 비금속광물, 종이나목제품, 화학, 음식료, 섬유 의복 가죽 부문에서는 IT 투자가 공급가격을 증가시키는 요인으로 작용하였으나 정밀기기, 전기전자 등 그 외의 부문에서는 IT 자본의 확충이 생산성 향상을 넘어서 가격인하까지 이어지는 것으로 나타났다. 제품의 성격상 대량생산을 위하여 공정의 자동화, 신속성을 중시하느냐 아니면 소규모 생산하에서 노동의 숙련도를 중히 여기느냐에 따라 공급가격에 미치는 방향은 정반대로 갈라졌다. 생산공정 단계에서 전산화 및 기계화를 통한 정밀성을 요구하는 산업일수록 노동 집약적 산업에 비하여 IT 도입은 작업의 능률을 제고시키는 데 상대적 이점이 있으므로 생산성 향상효과가 단기적 가격하락으로 인한 판매수입의 감소폭을 상쇄시킬 경우 IT 투자와 공급가격은 썩의 상관관계를 갖게 된다.

음수의 가격의 탄력도를 보인 산업들 가운데 정밀기기 부문에서 가격 하락 폭이 제일 컸는데 1%의 IT 투자 증가로 0.18% 정도의 가격하락의 수반이 가능하다. 전기전자산업도 가격의 탄력성이 -0.122로서 정밀기기 부문 못지않게 IT 자본스톡 변화에 비교적 민감한 반응을 보였으나 금속산업은 -0.011로서 가장 낮은 탄력도를 나타냈다. 이는 시장개방 이후 국내 산업의 제품 가격경쟁력이 글로벌 시장점유율을 제고하는 데 결정적 요인으로 작용할 경우 정밀기기, 전기전자 산업에서의 IT 투자가 다른 제조업 업종보다 상대적으로 유리함을 의미한다. 따라서 무역자유화에 대비하여 이들 산업에 대한 IT 투자의 활성화를 유도하기 위한 정부의 정책적, 제도적 지원이 요구된다. 반면, 가장 높은 양수의 가격의 탄력도를 기록한 부문은 석유석탄으로서 IT 자본을 1% 늘릴 경우 공급가격은 0.18% 가량 증가하는 것으로 측정되었으며 1차 금속, 비금속광물, 종이나목제품, 화학부문 순으로 그 뒤를 이었고 섬유 의복가죽부문에서 가장 낮았다. 제조업 전체로 보면 IT 자본 투자로 공급가격은 하락하되 그 폭은 적었다.

식 (19)을 이용하여 노동 및 중간재가격의 상승이 공급가격에 미치는 과급효과를 측정해보면, 먼저 임금 탄력성의 경우 <표 3>의 세 번째 열에서 보는 바와 같이 평균 0.243으로서 산업별로 최저 0.171에서 최대 0.361의 분포를 보였다. 임금 상승으로 가장 적은 공급가격 인상 폭을 기록한 산업은 섬유 의복가죽부문이고 가장 높게 반영된 산업은 정밀기기부문이다. 이에 비해 중간재가격의 상승에 대한 공급가격의 반응은 매우 탄력적인 것으로 나타났다. <표 3>의 네 번째 열로부터 알 수 있듯이 제조업 평균 탄력성은 1.355이며 모든 부문에서 중간재가격 상승률보다 높은 공급가격 인상 유발효과를 초래하는 것으로 조사되었다. 산업별로는 섬유 의복가죽부문이 1.039로서 가장 낮았고 석유석탄부문이 1.677로서 가장 높았다.

식 (20)을 이용하여 산업별, 연도별 IT 자본의 암묵가격을 계산한 결과 [부록]에서 보는 바와 같이 평균가격이 석유석탄부문에서 가장 높았으며 섬유 의복가죽, 음식료, 종이나목제품 부문의

순으로 그 다음을 이었다. 가장 가격이 낮은 산업은 전기전자 부문이며 정밀기기, 수송기기 부문 등도 비교적 낮은 가격으로 IT 자본을 구입하는 것으로 나타났다. 이는 앞에서 살펴본 IT 자본 투자로 인한 산업별 공급가격의 증감 여부 결과와도 일맥상통한 것으로서 기업이 생산성 향상을 목적으로 IT 관련 장비를 구입할 때 매입단가가 비싸면 생산성 증가로 인한 비용절감 효과가 IT 투자비용을 상쇄할 만큼 가지적으로 나타나기 전까지 늘어난 비용부담을 가격인상을 통하여 수요자에게 전가하려고 할 것이다. 반면에 전기전자, 정밀기기, 수송기기 부문과 같이 상대적으로 저렴하게 IT 자본을 구입할 수 있다면 빠른 시일 내에 공급가격의 하락을 시도할 것으로 예측할 수 있다.

시간 경과에 따라 산업별로 IT 자본의 암묵가격이 어떻게 변화하여 왔는지를 추적해보면 먼저 음식료의 경우 1990년까지는 급격히 감소하였으나 그 이후 큰 변동을 보이지 않은 양상인데, 이처럼 표본기간동안 약간의 등락은 관찰되나 대체로 하락하는 추세를 견지한 산업으로는 화학, 석유석탄, 비금속광물, 정밀기기 등을 들 수 있다. 섬유·의복·가죽, 종이나·목제품, 인쇄출판복제, 1차 금속, 금속, 전기전자 산업에서는 정도의 차이는 있지만 표본기간 초기에 잠시 떨어졌으나 반등하여 1980년대 말까지 짧은 기간에 걸쳐 상승한 후 1990년대 들어서는 지속적으로 하락하는 추이다. 이에 비해 일반기계 및 수송기기 부문의 경우 몇몇 연도에서 일시적 등락이 유발되었으나 대체로 미미한 상승 기조를 이어나갔다.

IT 투자행태를 분석하기 위하여 수요 함수를 추정하는 데 있어서 IT 자본의 암묵가격(w_h^s), 다른 투입요소들의 가격(w_k, w_l, w_m)⁴⁾, 산출량(q), 시간지표(t)들을 설명변수로 놓고 1차선형 방정식 형태로 회귀분석을 실시하였다.

$$\ln h = -2.3051 - 0.5364 \ln w_k + 0.0237 \ln w_l + 0.8503 \ln w_m - 0.9511 \ln w_h^s + 1.0267 \ln q + 0.0165 t$$

(-8.375) (-2.312) (2.252) (8.290) (-131.6) (70.14) (1.161)

여기서 R^2 값은 0.99이며 괄호 안의 숫자는 t -통계량을 나타낸다. 비IT 자본수요의 가격탄력성과 달리 IT 투자는 자신의 (암묵)가격 변화에 대하여 탄력도가 -0.95로서 비교적 민감하게 반응하였다. 비IT 자본가격 변화에 대한 교차탄력성이 음수로 나타남에 따라 두 자본은 서로 보완적 관계임이 확인되었다. 반면 노동과 중간재 모두 IT 자본과의 교차가격 탄력성이 양수로 추정됨에 따라 IT 자본을 대체하는 것으로 밝혀졌다. 하지만 탄력도의 상대적 크기를 비교할 경우 IT 자본 수요는 중간재의 가격변화에 대하여 훨씬 예민한 반응을 보였다.

추정계수를 공급관계식 (9)에 대입하여 시장지배력의 산업별, 연도별 변화추이를 분석할 수 있다. 표본기간동안 평균적으로 큰 시장지배력을 나타낸 산업 군에는 섬유·의복·가죽(0.347), 전기전자(0.338), 화학(0.325) 등을 들 수 있으며 음식료, 1차 금속, 수송기기 부문 등도 0.2대의 가격 mark-up율을 기록하였다. 이에 비해 종이나·목제품, 인쇄출판복제, 석유석탄, 정밀기기 산업 등은 mark-up율이 0.1대에도 못 미치는 상대적으로 낮은 시장지배력을 보였다. 1980년대의

4) 비IT 자본가격을 계산하기 위하여 Christensen and Jorgenson(1969) 산정방식을 사용하였다: $w_{kt} = u_t \cdot (y_t + d_t - \dot{u}_t)$, 여기서 u_t 는 t 기의 투자재 가격으로서 고정자본형성에 적용되는 가격지수(한국은행), y_t 는 회사채 수익률(한국은행), d_t 는 감가상각률, \dot{u}_t 는 자산 재평가 가치 상승률이다.

mark-up을 변화추이는 부문별로 등락이 엇갈리지만 1990년대 들어서는 13개 부문에서의 산업 지배력이 지속적으로 감소하는 추세이다. 이처럼 1990년대 들어 시장지배력이 약화일로에 접어 든 것은 88올림픽 개최 이후 소비자의 다양한 재화와 서비스에 대한 선택권 확대 요구와 정부의 시장개방화 유도정책이 어우러지면서 신규 기업의 산업진입이 점차 용이해졌기 때문으로 해석할 수 있다.

IT 자본 투자에 대한 동태적 효율성 검증은 실질이자율에 연계된 변동할인율을 적용하여 실시하였다. 할인율의 범위는 Halvorsen and Smith (1991)를 따라서 실질이자율의 1/4에서 4배까지이다.⁵⁾ 동태적 효율성 조건을 충족시키는 IT 자본의 투자는 <표 4>에서 보는 것처럼 실질이자율의 1/4에서 4배까지 범위의 변동할인율에 대하여 0.01 유의수준하에서 모두 기각되었다.

6. 결론

생산성 향상은 수익성 증가로 실현될 수 있는 만큼 기업이나 산업 입장에서 투자 효율의 극대화를 위하여 IT 투자의 산업별 생산성 과급효과를 분석하여 그 기여도를 파악함으로써 투자 실태 및 성과 등을 점검하는 작업은 필요하다. 아울러 장기적인 관점에서 수익의 안정적인 확보와 지속성 여부가 기업의 생존과 직결되는 중요한 과제라 본다면 가격경쟁력 제고 여부에 대한 관심 또한 커질 수밖에 없을 것이다. 왜냐하면 우리나라처럼 선진국에 비해 상대적으로 제품의 인지도나 기술력이 뒷받침되지 못한 상황에서 가격경쟁력을 높이는 것은 시장점유율을 끌어올리는 데 있어서 매우 효과적인 수단이 될 수 있기 때문이다. 특히 한미 FTA 협상이 타결됨에 따라 향후 관세장벽이 철폐되어 제품의 가격경쟁력이 산업경쟁력이라는 등식이 성립되는 상황에서 가격경쟁력을 증진시키는 방안에 대한 연구는 시의성과 시급성을 동시에 요하는 과제라 할 수 있다. 업종별 생산 공정이나 시장형태의 차이로 인하여 생산성 향상이 반드시 가격경쟁력 제고로 이어지기 어려운 현실적 상황을 고려하면 생산성 과급효과만을 조사한 기존 연구를 보완하기 위하여 새로운 접근법을 활용한 포괄적인 연구들이 시도되어야 할 것이다.

본 연구에서는 IT 투자가 공급가격에 미치는 영향을 분석하여 그 인과개연성 여부를 타진하기 위하여 국내 제조업 산업별 IT 자본 투입 변화에 대한 공급가격의 탄력성을 계산하였다. 노동집약적 산업에서의 IT 투자는 공급가격을 증가시키는 것으로 나타난 반면 자본집약적 산업에서는 가격인하가 가능한 것으로 조사되었다. 이는 생산공정 단계에서 전산화 및 기계화를 통한 정밀성을 요구하는 산업일수록 노동집약적 산업에 비하여 IT 도입은 작업의 능률을 제고시키는 데 상대적 이점이 있기 때문인 것으로 풀이된다. 가격하락 폭이 가장 큰 부문은 정밀기기로서 1%의 IT 투자 증가로 0.18% 정도의 가격하락의 수반이 가능한 것으로 나타났으며 전기전자산업도 가격의 탄력성이 -0.122로서 정밀기기 부문 못지않게 IT 자본스톡 변화에 비교적 민감한 반응을 보였다. 제조업 전체로 보면 IT 자본 투자로 공급가격은 하락하되 그 폭은 작았다.

또한 IT 자본스톡의 암묵가격을 도출하여 IT 자본에 대한 수요함수를 추정함으로써 기업의 IT 투자행태를 분석하였다. 산업별 IT 자본의 암묵가격을 비교하면 비교적 낮은 가격으로 IT

5) 연도별 실질이자율은 연평균 물가상승율을 제한 3년 만기 회사채수익율을 사용하였다.

자본을 구입하는 부문은 전기전자, 정밀기기 등 IT 투자시 공급가격의 인하 폭이 상대적으로 컸던 자본집약 산업과 일치한 반면 노동집약 산업에서의 평균 구입단가는 높은 것으로 나타났다. IT 투자는 자신의 (암묵)가격 변화에 대하여 탄력도가 -0.95 로서 비교적 민감하게 반응하였다. 비IT 자본과는 보완적 관계로 확인되었으며 노동과 중간재는 모두 대체 투입요소임이 밝혀졌다.

투자 효율을 극대화하기 위하여 기간에 걸친 IT 자본스톡의 적정 수준여부를 판단해야 하는데 기존의 부분정태 균형모형을 사용한 효율성 분석에서 탈피하여 동태적 효율성 달성여부를 검증하였다. 실질이자율의 $1/4$ 에서 4배에 이르는 변동할인율을 적용하여 IT 투자의 동태적 최적 조건 충족여부를 검증한 결과 모든 범위에서 기각되었다. 이는 표본기간동안 국내 제조업에 투자된 IT 자본스톡은 기간별로 효율적 배분이 이루어지지 않았음을 의미한다.

분석 대상기간을 최근까지 확대하여 외환위기 이전과 이후의 IT 투자 행태를 비교할 경우 효과적인 IT 정책 수행에 필요한 중요한 자료를 제공할 수 있다는 점에서 매우 의미있는 작업이라고 판단되며 이에 대한 심도있는 분석은 향후 과제로 남겨두기로 한다.

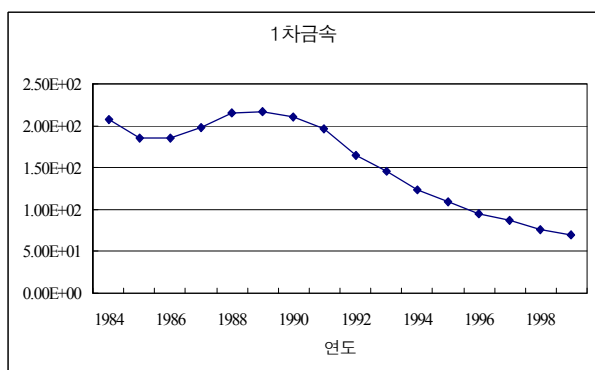
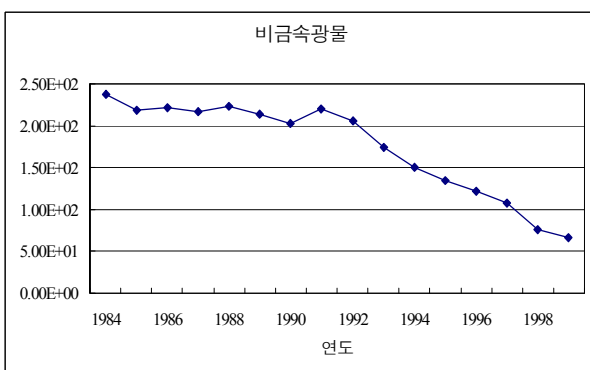
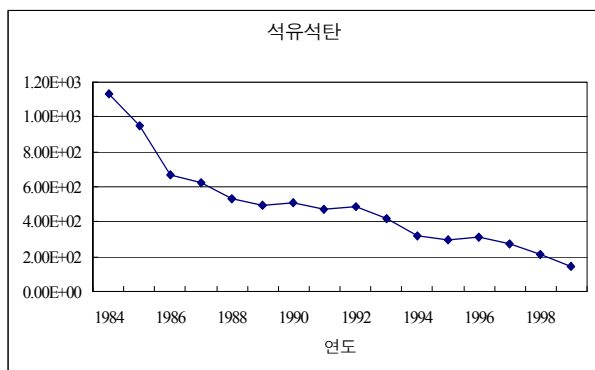
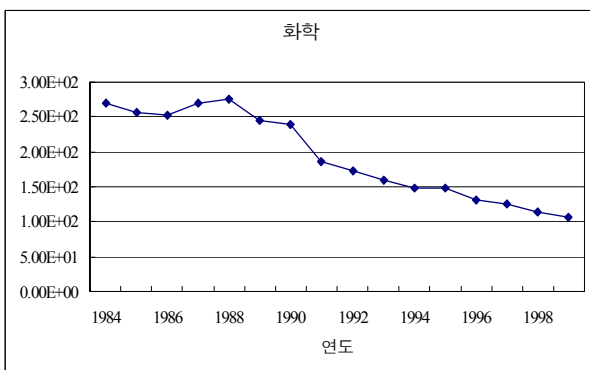
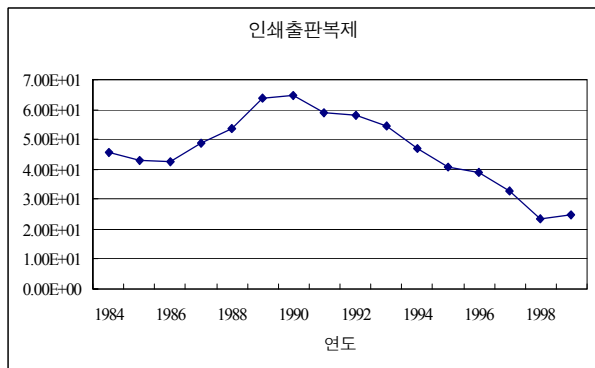
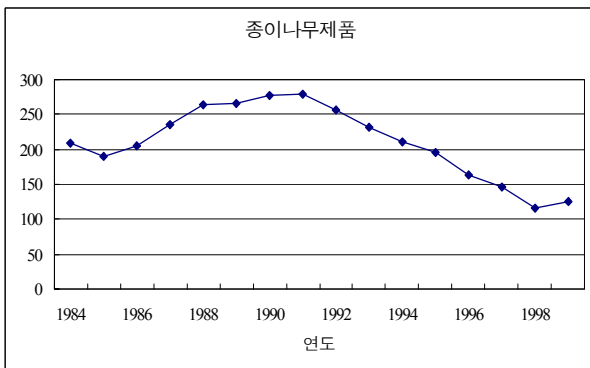
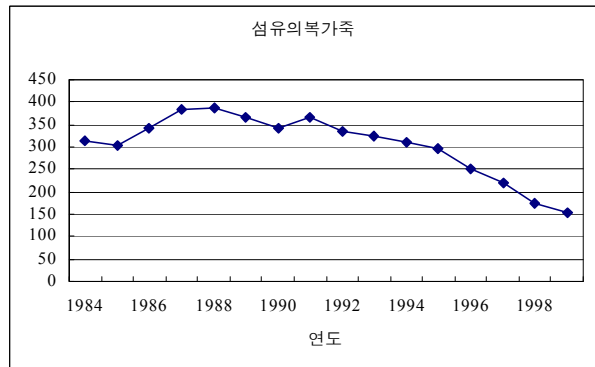
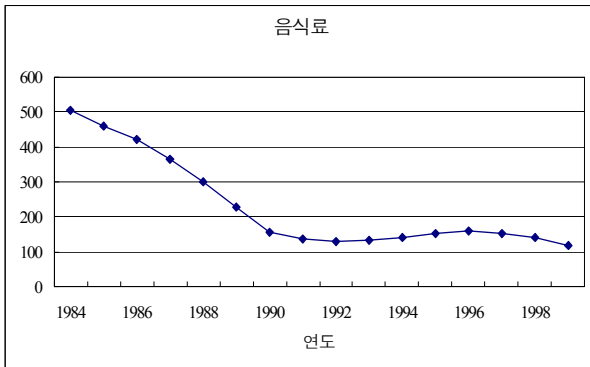
■ 참고문헌

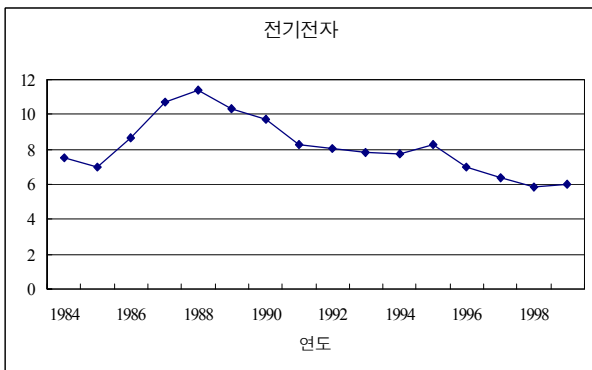
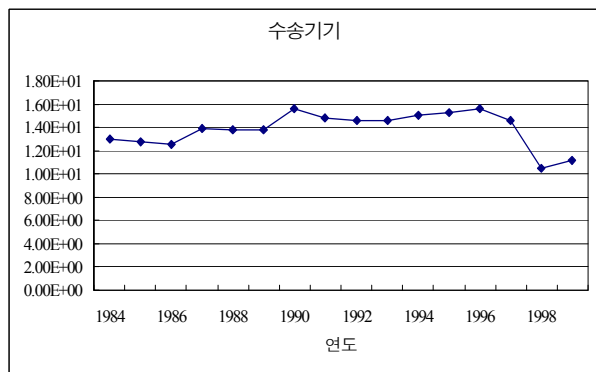
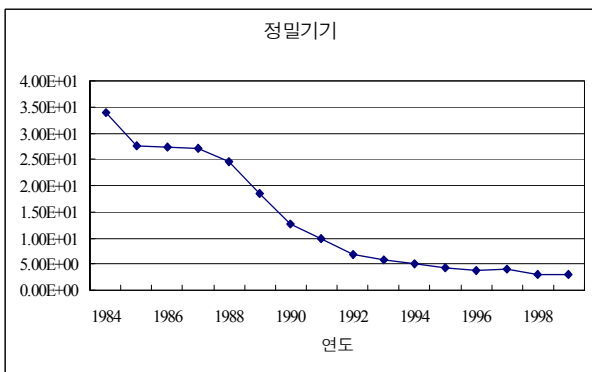
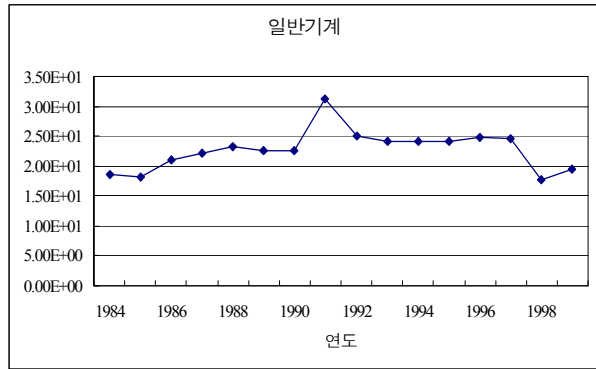
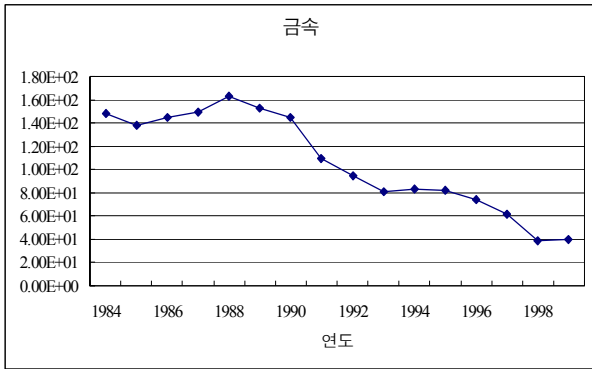
- 강임호·송재경, 1999, 정보기술투자와 국내은행의 생산성 및 경영성과, 경제학연구 47집 3호, 65-98.
- 김원준·이정동, 2001, 한국의 산업별 정보통신 자본스톡 추계 및 분석, 생산성논집 15권 1호, 229-248.
- 신일순·김홍균·송재경, 1998, 정보기술 이용과 기업성과, 경제학연구 46집 3호, 253-278.
- 이기동, 2000, 정보기술투자의 경제성장에 대한 영향, 경제발전연구 6권 2호, 209-237.
- 조상섭, 2002, 정보통신자본의 노동생산성 기여도 분석, 정보통신정책연구 9권 1호, 119-139.
- Appelbaum, E., 1979, Testing price taking behavior, Journal of Econometrics 9, 283-294.
- Atkinson, S.E. and R. Halvorsen, 1998, Parametric tests for static and dynamic equilibrium, Journal of Econometrics 85, 33-50.
- Bresnahan, T.F., 1989, Empirical studies of industries with market power, in Handbook of Industrial Organization, Vol. 2, edited by R. Schmalensee and R.D. Willig, Elsevier, Amsterdam.

- Caves, D.W., L.R. Christensen, and J.A. Swanson, 1981, Productivity growth, scale economies, and capacity utilization in U.S. railroads, 1955–74, *American Economic Review* 71, 994–1002.
- Christensen, L.R. and D.W. Jorgenson, 1969, The measurement of U.S. real capital input, 1929–1967, *Review of Income and Wealth* 15, 293–320.
- Cron, W. and M. Sobol, 1993, The relationship between computerization and performance: a strategy for maximizing economic benefits of computerization, *Information and Management* 6, 171–181.
- Diewert, W.E., 1982, Duality approaches to microeconomic theory, in *Handbook of Mathematical Economics*, Vol. 2, edited by K.J. Arrow and M.D. Intriligator, North–Holland, Amsterdam.
- Ellis, G.M. and R. Halvorsen, 2002, Estimation of market power in a nonrenewable resource industry, *Journal of Political Economy* 110, 883–899.
- Franke, R.H., 1987, Technological revolution and productivity decline: computer introduction in the financial industry, *Technological Forecasting and Social Change* 31, 143–154.
- Halvorsen, R. and T.R. Smith, 1984, On measuring natural resource scarcity, *Journal of Political Economy* 92, 954–964.
- Halvorsen, R. and T.R. Smith, 1986, Substitution possibilities for unpriced natural resources: restricted cost function for the Canadian metal mining industry, *Review of Economics and Statistics* 68, 398–405.
- Halvorsen, R. and T.R. Smith, 1991, A test of the theory of exhaustible resources, *Quarterly Journal of Economics* 6, 123–140.
- Hausman, J.A., 1978, Specification tests in econometrics, *Econometrica* 46, 1251–1271.
- Huggett, M. and S. Ospina, 2001, Does productivity growth fall after the adoption of new technology?, *Journal of Monetary Economics* 48, 173–195.
- Jorgenson, D.W. and K.J. Stiroh, 2000, Raising the speed limit: U.S. economic growth in the information age, *Brookings Papers on Economic Activity* 1, 125–235.

- Lau, L.J., 1976, A characterization of the normalized restricted profit function, *Journal of Economic Theory* 12, 131–163.
- Lau, L.J. and I. Tokutsu, 1992, The impact of computer technology on the aggregate productivity of the U.S.: an indirect approach, unpublished paper, Stanford University, Dept. of Economics.
- Lee, M. and H-O. Ma, 2001, Substitution possibility between unpriced pulp and wastepaper in the U.S. paper and paperboard industry, *Environmental and Resource Economics* 18, 251–273.
- McFadden, D., 1978, Cost, revenue, and profit functions, in *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Application Vol. 1*, edited by M. Fuss and D. McFadden, North Holland, Amsterdam.
- Morrison, C.J. and E.R. Berndt, 1981, Short-run labor productivity in a dynamic model, *Journal of Econometrics* 16, 339–365.
- Oliner, S.D. and D.E. Sichel, 2000, The resurgence of growth in the late 1990s: is information technology the story?, *Journal of Economic Perspectives* 14, 3–22.
- Parsons, D.J., C.C. Gottlieb, and M. Denny, 1990, Productivity and computer in Canadian banking, Working Paper 9012, University of Toronto, Dept of Economics.
- Siegel, D. and Z. Griliches, 1991, Purchased services, outsourcing, computers and productivity in manufacturing, NBER Working Paper 3678.

부 록: 산업별·연도별 IT 자본에 대한 암묵가격의 변화추이





<표 1> 방정식시스템 추정결과

계 수	추정치	계 수	추정치
α_0	-9.5991(1.0803)*	δ_{lk}	-0.0012(0.0078)
α_l	0.4872(0.0524)*	δ_{mk}	0.0012(0.0078)
α_m	0.5128(0.0524)*	δ_{lh}	0.0141(0.0039)*
β_k	0.3374(0.2600)	δ_{mh}	-0.0141(0.0039)*
β_h	-0.4246(0.1413)*	γ_{lq}	-0.0291(0.0078)*
α_q	2.3097(0.2701)*	γ_{mq}	0.0291(0.0078)*
α_t	-0.0155(0.0035)*	δ_{kq}	-0.0627(0.0291)**
γ_{ll}	-0.0111(0.0022)*	δ_{hq}	0.0330(0.0128)*
γ_{lm}	0.0111(0.0022)*	γ_{qq}	-0.0423(0.0316)
γ_{mm}	-0.0111(0.0022)*	θ_0	-0.3326E-07(0.5676E-08)*
δ_{kk}	0.0295(0.0370)*	θ_t	0.3290E-08(0.7934E-09)*
δ_{kh}	0.0196(0.0129)	θ_{tt}	-0.8576E-10(0.3639E-10)*
δ_{hh}	-0.0389(0.0131)*		

주: 산업별 더미 추정치는 지면제약으로 제시하지 않았음. 괄호 안의 숫자는 표준오차임.

* (**) 표기는 0.01 (0.05) 수준하에서 유의적임을 나타냄.

<표 2> 가설검증 결과^a

가설내용 (제약조건)	통계량	임계치(1%)	자유도
생산함수의 (1/η)차 동차성: $(\alpha_q = \eta(1 - \beta_k - \beta_h), \gamma_{iq} = -\eta\gamma_{ik} - \eta\gamma_{ih},$ $i = k, h, l, m, q)$	155.28	13.27	4
1차 동차성: $(\alpha_q = (1 - \beta_k - \beta_h),$ $\gamma_{iq} = -\gamma_{ik} - \gamma_{ih}, i = k, h, l, m, q)$	124.27	15.08	5
IT 자본에 대한 강분리성: $(\delta_{lh} = \delta_{mh} = 0)$	12.98	6.63	1
IT 투자의 비용과급효과 부재: $(\beta_h = \delta_{hh} = \delta_{lh} = \delta_{mh} = \delta_{kh} = \delta_{hq} = 0)$	24.53	15.08	5
총자본에 대한 강분리성: $(\delta_{lh} = \delta_{lk} = \delta_{mh} = \delta_{mk} = 0)$	16.85	9.21	2
기술변화 부재: $(\alpha_t = 0)$	19.50	6.63	1
완전경쟁 시장구조: $(\theta_0 = \theta_t = \theta_{tt} = 0)$	42.75	11.34	3

^a 생산함수 동차성 검증시 우도비를, 나머지 가설에 대해서는 Wald 방식을 사용하였음.

<표 3> 산업별 투입요소 변화에 대한 공급가격의 탄력성 (평균)

산 업	IT 자본	노동가격	중간재가격
음식료	0.048	0.177	1.165
섬유의복가죽	0.038	0.171	1.039
종이나무제품	0.053	0.226	1.365
인쇄출판복제	-0.038	0.289	1.433
화학	0.052	0.191	1.244
석유석탄	0.180	0.185	1.677
비금속광물	0.077	0.274	1.621
1차금속	0.078	0.225	1.503
금속	-0.011	0.281	1.477
일반기계	-0.086	0.276	1.316
정밀기기	-0.188	0.361	1.407
수송기기	-0.089	0.262	1.273
전기전자	-0.122	0.244	1.102
전체	-0.0004	0.243	1.355

<표 4> IT 자본 투자에 대한 동태적 효율성 검증 결과

할인율	검증 통계량
0.25* _t	1532.54
0.50* _t	361.23
1.00* _t	170.91
2.00* _t	103.37
4.00* _t	186.19

*_t는 실질이자율임.