

# 미국 전자산업에서 IT자본의 효과: 부가가치 창출 또는 근로자의 감소

## Causal Effect from IT Capital in the US Computer and Electronic Products Industry: Value Added Increase or Labor Decrease

이 상 호 (Sangho Lee)    신문대학교 IT경영학과 부교수

### 요 약

많은 연구자들이 정보기술 투자의 성과 측정에 관심을 가졌기에 다양한 자료원과 분석 방법으로 많은 연구가 진행되어 왔고, 대부분의 연구들은 정보기술 투자가 성과를 창출한다고 보고하고 있다. 이러한 연구들은 기업 수준에서 많이 수행되었는데, 산업 수준에서는 다른 결과가 발생할 수 있다. 전자산업의 경우, 정보기술의 성능이 증가하면 전자산업에서 생산되는 정보기술의 판매가 감소되어 전자산업의 부가가치는 감소할 수 있다. 분석결과, 미국의 전자산업에서 산업의 정보기술 자본의 증가는 산업의 부가가치를 증가시키지 못하였으나, 산업의 근로자 1인당 정보기술 자본의 증가는 산업의 근로자 1인당 부가가치(노동 생산성) 증가에 긍정적인 영향을 주었다. 또한, 미국 전자산업에서 정보기술 자본의 증가는 근로자 수를 감소시키는 결과를 보이고 있다.

**키워드 :** IT투자 성과, 노동 생산성, 산업 부가가치, 근로자 수, 그레이저 인과성

## I. 서 론

내연기관을 이용한 자동차는 인류의 삶에 많은 영향을 준 위대한 발명품이다(Gordon, 2000). 인류가 소비하기에도 넉넉하지 않았던 농산물을 마차를 끄는 말에게 먹이는 것을 중단할 수 있었고, 말의 분비물을 치우느라 별도의 직원을 둘 필요도 없어졌다. 인류의 건강에 좋지 않은 환경으로 작

용하였었던 제때에 치우지 못했던 분비물은 사라졌다. 현대의 내연기관 자동차는 약 2~3만 개의 부품이 필요한데, 최근 보급되고 있는 전기 자동차는 약 3분의 1만이 필요하다. 3분의 2의 부품이 필요하지 않기에 생산될 필요가 없게 되고, 이들 부품을 생산하는 기업들은 문을 닫아야 한다. 부품을 생산하는 자동차 제조업의 부가가치는 축소된다. 또한 전기자동차는 정유업과 정유 유통업을 위축시키면서 이들 산업의 부가가치를 축소시킬 수 있다. 전기 자동차라는 자동차 산업의 혁신이 산업의 부가가치로 측정되는 경제적 성과를 축소시키는 경우이다.

† 이 연구는 2016년도 신문대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 이루어졌음. 이 연구의 초기 버전은 2019 한국경영정보학회 추계학술대회(2019년 11월 2일)에 발표되었음.

플랫폼 모델인 우버(Uber)는 전자산업의 부가가치를 증가시켰지만, 자동차 제조업, 수송업, 정유업의 부가가치를 축소시킬 수 있다. IT를 적극적으로 사용하고 있는 넷플릭스(Netflix)는 비디오나 DVD 유통대여업을 소멸시키면서 그 산업의 부가가치를 축소시켰다.

많은 연구자들이 IT투자의 성과 측정에 관심을 가졌기에 다양한 자료원과 분석 방법으로 많은 연구가 진행되어 왔고, 대부분의 연구들은 IT투자가 성과를 창출한다고 보고하고 있다(Sabherwal and Jeyaraj, 2015). 이러한 연구들은 기업 수준에서 많이

수행되었는데, 산업 수준에서는 앞에서 서술한 바와 같이 다른 결과가 발생할 수 있다. 전자산업의 경우, IT의 성능이 증가하면 전자산업에서 생산되는 IT기반구조의 수요가 감소되어 전자산업의 부가가치는 감소할 수 있다. 따라서 이 연구는 산업 수준에서 분석을 진행하며, 특히 IT생산 산업인 전자산업을 대상으로 한다.

IT투자의 성과에 관련된 주제는 오래된 연구 주제이기에, IT투자의 경제 성과, IT투자의 결정 요인으로써의 경제 성과, IT투자와 경제 성과 사이의 그레인저 인과(Granger causality) 관계에 대한 관련 연구 분석은 기존 연구들(예: Sabherwal and Jeyaraj, 2015; 이상호, 유영욱, 2017)을 참조할 수 있다. <표 1>은 IT와 경제적 성과의 영향 방향별/분석 수준별 기존 연구의 일부이다.

연구는 다음과 같이 서술된다. 연구방법과 자료원 절은 연구방법, 변수, 자료원을 설명하고, 분석 결과 절은 연구방법을 이용하여 실증 분석한 결과를 서술하며, 마지막 절은 결론으로, 연구의 요약, 연구의 기여와 한계점, 미래 연구 방향 등을 제시한다.

<표 1> 기존 연구 일부

영향 방향	수준	기존 연구
IT → EP (IT가 경제 성과에 영향)	기업	Brynjolfsson and Hitt(2003): P Chae <i>et al.</i> (2014): NS Kohli <i>et al.</i> (2012): P Lee and Kim(2006): P Mithas and Rust(2016): P Saunders and Brynjolfsson(2016): P
		산업
	국가	Dewan and Kraemer(2000): P Park <i>et al.</i> (2007): P
EP → IT (경제 성과가 IT에 영향)	기업	Hu and Quan(2006): NS Kobelsky <i>et al.</i> (2008): P Mitra(2005): P
		산업
	국가	Gurbaxani(1992): P Shih <i>et al.</i> (2007): P
IT ↔ EP (양방향, 그레인저 인과)	기업	Hu and Plant(2001): P
	산업	Hu and Quan(2005): P 이상호, 유영욱(2017): P
	국가	Lee <i>et al.</i> (2008): P 이상호, 김성희(2006): P 이상호, 유영욱(2017): P

주) EP는 경제 성과, P는 긍정적인 영향, NS는 영향 없음을 의미한다. 표에는 기존 연구의 일부만이 포함되었다. 이들 연구들의 결과 요약에 위하여 IT투자의 성과 연구는 Dedrick *et al.*(2003), Lee and Kim(2006), Melville *et al.*(2004), Sabherwal and Jeyaraj(2015) 등을 참조할 수 있고, 그레인저 인과 관계 연구의 결과는 이상호, 유영욱(2017)을 참조할 수 있다.

## II. 연구방법과 자료원

### 2.1 연구방법

이 연구는 그레인저 인과 모형을 이용한다. 일반적으로 자연과학 분야에서는 엄격하게 통제된 환경에서 개입 집단(treatment group)과 통제 집단(control group)을 이용하는 반복된 실험을 통하여 변수들간의 인과 관계를 증명할 수 있다. 그러나 경제학과 같은 사회과학 분야에서는 통제된 환경에서 반복 실험을 수행하기에는 현실적으로 불가능하거나 제약이 많아 변수들간의 인과 관계를 증명하기 쉽지 않다(Dutta, 2001). 국가나 산업의 경제 성과가 IT투자를 결정하는 요인인지를 분석하기 위하여 경제적 성과를 변동시키지는 못한다. 실험 보다는 과거의 축적된 자료를 사용하는 통계

적 방법을 이용하여 인과 관계를 보이는 노력이 필요하며, 이러한 노력들 중의 하나가 그래인저 인과 모형이다(Granger, 1969).

그래인저 인과 모형은 IT와 경제적 성과보다는 다른 연구 분야에서 먼저 다양하게 이용되고 있다(이상호, 김성희, 2006; 이상호, 유영욱, 2017). 정부의 재정 활동과 경제 성장(Saunders, 1995), 인구와 경제 성장(Kapurria-Foreman, 1995), 무역과 경제 성장(Narayan, 2004), 관광과 경제 성장(Tang and Tan, 2015), 수출/수입과 경제 성장(Afxentiou and Serletis, 2000), 지하 경제와 경제 성장(Giles et al., 2002), 국방비와 경제 성장(Dakurah et al., 2001), 건강관리 지출과 경제 성과(Devlin and Hansen, 2001), 풋볼 리그에서의 성적과 수익(Dobson and Goddard, 1998), 통신기술 투자와 경제적인 성과(Dutta, 2001; Lee et al., 2005; Madden and Savage, 1998), 실업률과 인플레이션(Hudson, 1994), IT투자자와 고용(김수경, 이상용, 2014) 등의 다양한 경제 상황에서 활발히 사용되었다. 또한 지구 북반구의 기온이 오르고 나서 남반구의 기온이 오르는 그래인저 인과성은 발견되었으나 남반구의 기온이 올라도 북반구의 기온은 영향을 받지 않는 기후 현상(Kaufmann and Stern, 1997), 팔레스타인의 폭력 사건은 이스라엘의 폭력 사건을 유발하는 그래인저 인과성을 보이지만 반대로 이스라엘의 폭력 사건은 팔레스타인의 폭력 사건을 유발하지 않는 정치외교적 상황(Jaeger and Paserman, 2008)에도 이용되었다. 모두 인위적인 인과 실험을 수행할 수는 없지만, 장기간의 시계열(time series) 자료이거나 월별/분기별 자료로 분석에 충분한 관측치를 확보할 수 있는 상황이었다.

이 연구는 생산함수 이론과 그래인저 인과 모형을 이용하여 미국 전자산업의 IT자본 증가와 경제적인 성과의 인과성을 분석한다. 그래인저 인과 모형은 두개의 시계열 자료를 이용하여 시간 흐름에 따른 상대적인 변화를 파악하는 방법이다(Granger, 1969; Sims, 1972). IT자본은 생산함수에서 다른 자본이나 노동력과 같이 생산요소들

중의 하나이며, IT자본의 증가는 생산량을 증가시키게 된다(Brynjolfsson and Hitt, 2003; Cheng and Nault, 2007; 이상호, 유영욱, 2017). IT자본 증가가 경제적인 성과에 인과적 영향을 주는지는 다음 식을 이용한다.

$$Y_t = \sum_{i=1}^k \alpha_i Y_{t-i} + \epsilon_{1t} \quad (1)$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^k \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_i IT_{t-i} + \epsilon_{2t} \quad (2)$$

여기서  $Y_{t-i}$ 는  $t-i$ 년의 산업의 부가가치,  $IT_{t-i}$ 는  $t-i$ 년의 IT자본,  $\alpha_i$ 와  $\beta_i$ 는 회귀계수,  $k$ 와  $l$ 은 시차, 그리고  $\epsilon_{1t}$ 와  $\epsilon_{2t}$ 는 오류항이다.

식 (1)은 과거의 경제 성과에 의하여 현재의 경제 성과를 예측할 수 있음을 보인다. 이는 과거부터 현재까지의 자료를 이용하여 미래의 상태나 값을 예측할 때 사용될 수 있는 수식이다(Granger, 1969; Gujarati, 2003). 식 (1)과 식 (2)의 다른 점은 IT자본의 포함 여부이다. IT자본 변수를 포함하지 않은 식 (1)과 IT자본 변수를 추가한 식 (2)를 비교하여 식 (2)가 식 (1)보다 통계적으로 의미 있게 우수하면, IT자본 증가는 경제 성장에 그래인저 인과 영향을 준다고 해석할 수 있다(Granger, 1969). IT변수가 추가되어 회귀모형의 설명력이 좋아진다면 IT변수는 부가가치에 영향을 주는 설명(독립) 변수이며, IT변수가 추가되었음에도 불구하고 회귀모형의 설명력이 좋아지지 않는다면 IT변수는 부가가치에 영향을 주지 못하는 설명 변수이다. 또한  $\beta_i$ 의 통계적 유의성과 부호에 따라 영향이 없거나 긍정적(positive) 영향, 부정적(negative) 영향이 결정된다. 두 식의 통계적 우수성 비교는 식 (3)을 이용한다(Gujarati, 2003; Hair et al., 2005).

$$F = \frac{(RSS_r - RSS_u)/w}{RSS_u/(N-s)} \quad (3)$$

이 식의 값은 자유도  $w$ 와  $(N-s)$ 를 갖는  $F$ 분포를 따른다. 여기서  $N$ 은 관측 수,  $s$ 는 IT자본 변수를 추가한 식 (2)의 회귀변수의 수,  $w$ 는 식 (2)의 회귀

변수의 수에서 IT자본 변수가 없는 식 (1)의 회귀 변수의 수를 차감한 값,  $RSS_r$ 은 식 (1)의 잔차제곱합(residual sum of squares), 그리고  $RSS_u$ 은 식 (2)의 잔차제곱합이다.

식 (3)의  $F$ 값이  $F$ 분포에서 분자  $w$ 와 분모  $N-S$ 의 자유도를 갖는 특정  $F$ 값보다 크면, IT자본 변수를 추가한 식 (2)가 IT자본 변수가 없는 식 (1)보다 통계적으로 우수하기(통계적으로 유의하게 잔차제곱합이 작기) 때문에, IT자본 변수는 부가가치에 영향을 주는 통계적으로 유의한 설명 변수이다. 물론, 식 (2)의 회귀분석 결과에서도 회귀계수의 통계적 유의성으로 확인할 수 있다. 이는 산업 IT자본의 증가가 산업 부가가치의 증가에 그레인저 인과적 영향을 주는 것을 의미한다.

경제 성과는 IT투자의 결정 요인이며, 경제 성과가 좋아야 IT투자를 늘려 IT자본은 증가하게 된다(Gurbaxani, 1992). 반대 방향의 인과성을 분석하는 산업 부가가치의 증가가 산업 IT자본의 증가에 그레인저 인과 영향을 주는지는 다음 식을 이용한다.

$$IT_t = \sum_{i=1}^k \gamma_i IT_{t-i} + \epsilon_{3t} \quad (4)$$

$$IT_t = \sum_{i=1}^k \gamma_i IT_{t-i} + \sum_{i=1}^l \delta_i Y_{t-i} + \epsilon_{4t} \quad (5)$$

여기서  $Y_{t-i}$ 는  $t-i$ 년의 산업의 부가가치,  $IT_{t-i}$ 는  $t-i$ 년의 IT자본,  $\gamma_i$ 와  $\delta_i$ 는 회귀계수,  $k$ 와  $l$ 은 시차, 그리고  $\epsilon_{3t}$ 와  $\epsilon_{4t}$ 는 오류항이다.

산업 IT자본이 산업 부가가치에 영향을 주는 지를 분석할 때와 동일하게 산업 부가가치가 산업 IT자본에 영향을 주는 지는 식 (4)와 식 (5)의 통계적 우수성 비교를 위한 식 (3)을 이용한다.

시계열 자료를 이용한 그레인저 인과 분석을 위해서는 자료의 안정성(stationarity)을 확인해야 한다. 안정되지 않은 시계열 자료(non-stationary time-series data)를 이용하여 통계분석하는 것은 분석 결과를 왜곡할 수 있기 때문에(Gujarati, 2003), 시계열 자료의 통계분석을 위해서는 자료의 안정

성 여부를 필수적으로 확인해야 한다. 이 연구에서 시계열 자료의 안정성 확인은 수정된 디키-풀러(ADF, Augmented Dickey-Fuller) 단위근 검정을 사용하였다. IT자본과 부가가치 자체가 아니라 1차 차분(first differencing, 전년도 값에서 금년도 값을 차감한 값)이 사용되는데, IT자본과 부가가치 자료가 안정적이지 않기(non-stationary) 때문이다. 시계열 자료가 안정적이지 않은 상태를 해결하기 위하여 일반적으로 1차 차분을 이용할 수 있다(Gujarati, 2003).

그레인저 인과성 분석에서는 어떤 시차(식 (1)~(4)에서  $k, l$ )를 이용할지를 결정해야 한다. 이 연구에서는 아카이크 정보 기준(AIC, Akaike Information Criterion)의 최솟값을 보이는 회귀모형의 시차를 최적 시차로 간주한다(Gujarati, 2003; Hair et al., 2005). 또한 관측치 수를 고려하여 최대 시차는 2를 고려한다. 분석 도구로 EViews 10을 이용하였다.

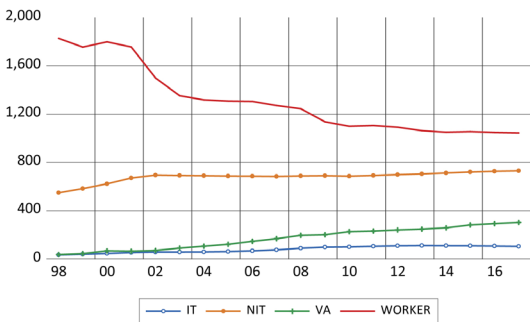
### III. 자료원

연구에서 사용한 IT자본과 비IT자본은 미국 노동통계국(BLS, Bureau of Labor Statistics)에서, 근로자의 수와 산업의 부가가치는 미국 경제분석국(BEA, Bureau of Economic Analysis)에서 조사한 자료이다. IT자본은 정보 자본과 지식재산재(intellectual property products) 자본의 소프트웨어를 포함한다. 비IT자본은 전체 자본에서 IT자본을 차감한 자본이다.

확보할 수 있는 자료의 기간은 두 기관이 다르며, 동일한 산업 분류와 동일한 관점에서 2019년 현재 가용한 기간은 1998년부터 2017년까지이다. 1차 차분 자료를 이용하는 경우에는 1999년부터 2017년까지가 된다. 대상 산업은 컴퓨터 및 전자제품(Computer and Electronic Products) 산업이며, 이 산업의 북미산업분류시스템(NAICS, North American Industry Classification System) 3자리 코드는 334이다.

### IV. 분석 결과

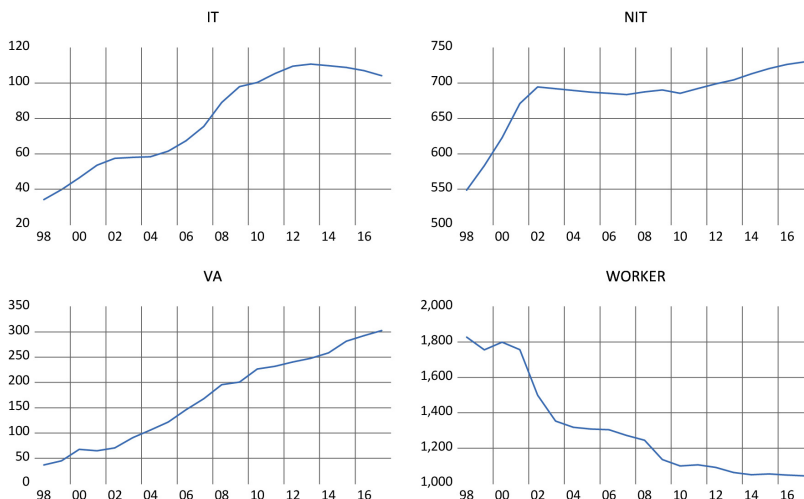
<그림 1>은 1998년부터 2017년까지의 미국 전자산업의 연도별 IT자본, 비IT자본, 근로자 수, 부가가치이다. IT자본은 변화가 거의 없고, 비IT자본은 증가하다가 증가세가 멈추었다. 부가가치는 서서히 증가하고 있고, 근로자의 수는 계속 감소하고 있다.



주) 자본과 부가가치의 단위는 2012년 미국 10억 달러, 근로자 수의 단위는 천명.

<그림 1> 미국 전자산업의 IT자본(IT), 비IT자본(NIT), 근로자 수(worker), 부가가치(VA)(1998~2017)

하나의 그림을 이용하면 변수들을 비교하는 데



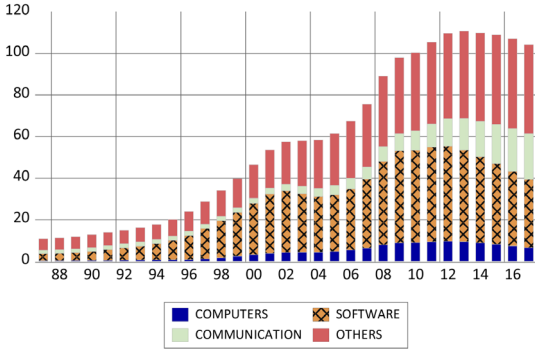
<그림 2> 미국 전자산업의 IT자본(IT), 비IT자본(NIT), 근로자 수(Worker), 부가가치(VA) 개별 그림(1998~2017)

는 용이하지만, 변수들의 규모 차이 때문에 각 변수들의 시계열 동향이 잘 보이지 않으므로 각 변수별로 개별적으로 표현한 그림이 필요하다(<그림 2>). IT자본은 지속적으로 증가하다가 2013년 이후로 정체되었고, 비IT자본은 2002년까지는 높은 증가를 보이다가 2002년 이후 정체되었으나 2010년 이후 증가하고 있다. 전자산업에 종사하는 근로자의 수는 2001년부터 3년간 큰 폭으로 감소하였고, 이후로는 서서히 감소하였다. 산업의 부가가치는 생산요소와 다르게 지속적으로 증가하는 모습을 보이고 있다.

<그림 3>은 1987년부터 2017년까지 미국 전자산업의 IT자본을 컴퓨터, 소프트웨어, 통신, 기타 정보 자본으로 세부 분류하여 표현한 누적 그림이다. 1987년 미미했던 수준의 컴퓨터 하드웨어는 상당히 많이 증가한 모습이다. 소프트웨어는 증가하다가 감소하고 있고, 통신 자본은 증가하는 모습을 보인다.

컴퓨터와 소프트웨어의 중요성이 더욱 강조되는 상황에서 컴퓨터와 소프트웨어의 감소는 특이한 현상이다. 컴퓨터와 소프트웨어의 성능이 충분히 향상되었거나 충분히 보급되어 추가적인 투자가 없더라도 컴퓨터와 소프트웨어로부터 성과가 충

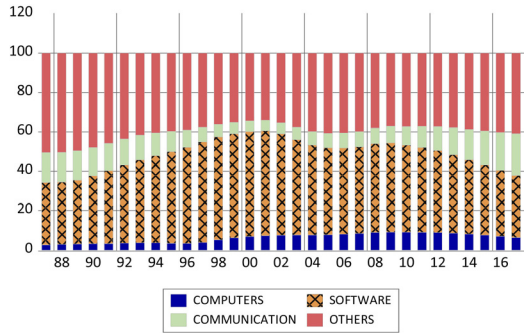
분히 창출되기 때문에 감소되는 것일 수도 있다.



주) 단위는 2012년 미국 10억 달러.  
 <그림 3> 미국 전자산업의 컴퓨터, 소프트웨어, 통신, 기타 정보 자원으로 구분된 누적 그림(1987~2017)

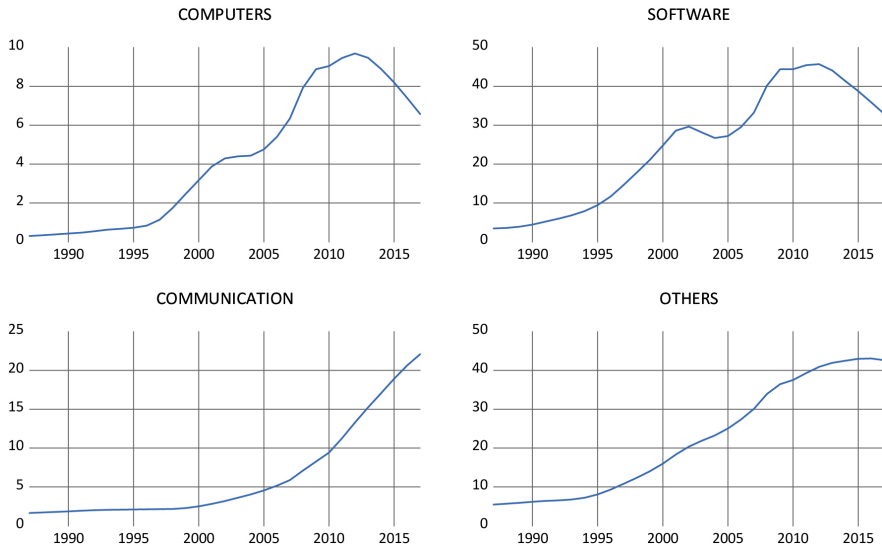
<그림 4>는 IT자본의 세부 자본별 구성 비율의 연도별 자료이다. 전체 IT자본에서 컴퓨터 하드웨어의 비율은 1987년 2.7%에서 증가하다가 2009년 9.1%를 정점으로 감소하여 2017년 6.3%이다. 소프트웨어 자본의 구성 비율은 증가하다가 닷컴 거품 붕괴와 함께 감소하는 모습이다. 통신 자본의

구성 비율은 1987년 15.2%에서 축소되다가 2007년 스마트폰의 보급 및 확산, 인터넷의 확산과 함께 확대되어 2017년 21.2%에 이르렀다.



<그림 4> 미국 전자산업의 컴퓨터, 소프트웨어, 통신, 기타 정보 자본별 구성 비율(1987~2017)

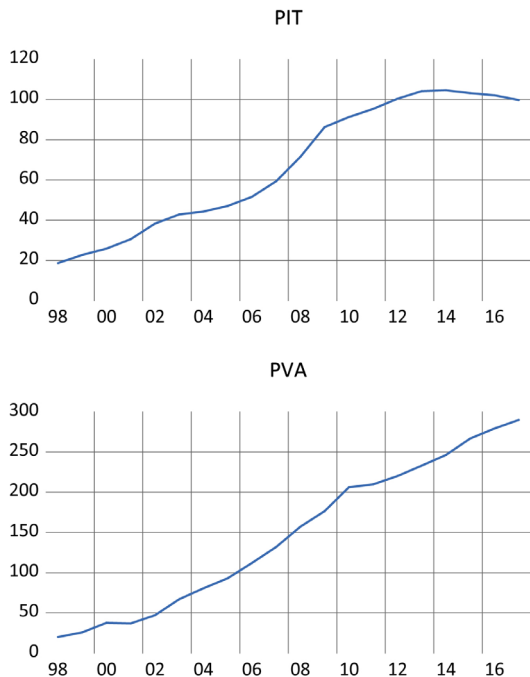
<그림 5>는 미국 전자산업의 IT자본의 세부 분류(컴퓨터(하드웨어), 소프트웨어, 통신, 기타 정보 자본)별로 분류한 1987년부터 2017년까지의 시계열 자료이다. 컴퓨터 자본은 1995년까지 느리게 증가하다가 90년대 후반부터 급격하게 상승하는



주) 단위는 2012년 미국 10억 달러.  
 <그림 5> 미국 전자산업의 컴퓨터, 소프트웨어, 통신, 기타 정보 자본(1987~2017)

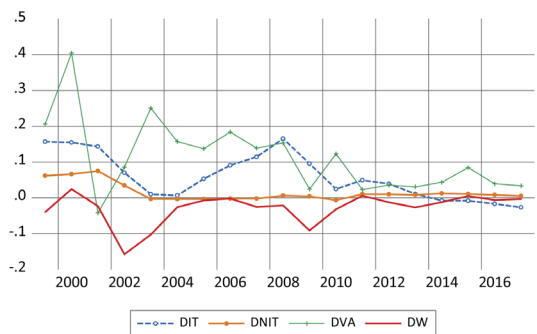
모습을 보인다. 닷컴 거품 붕괴와 함께 정체되고, 이후 다시 상승하다가 2012년 이후에는 감소하는 모습이다. 소프트웨어 자본은 닷컴 거품 붕괴 이후 자본이 감소되는 모습을 제외하고는 컴퓨터 하드웨어와 유사한 모습을 보인다. 통신 자본은 느리게 증가하다가 2005년부터 상승하는 지수 함수의 모습을 보인다.

<그림 6>은 근로자 1인당 IT자본과 근로자 1인당 부가가치이다. 1인당 IT자본은 2014년부터 증가가 멈추었고 오히려 감소하고 있다. IT자본에 대한 신규 투자가 축소되어, 투자가 IT자본의 감가상각보다 작기 때문이다. IT자본에 대한 투자가 축소된 이유는 기업에서 이용하는 IT의 성능이 충분히 확보되었기 때문일 수 있다. 반면에 근로자 1인당 부가가치는 글로벌 금융위기 때 증가 정도가 줄기는 하였지만, 지속적으로 증가하고 있다.

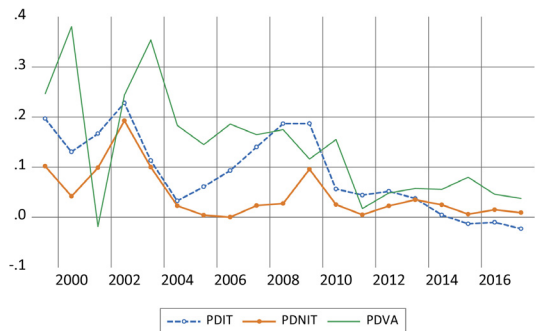


주) 단위는 2012년 미국 천 달러.  
 <그림 6> 근로자 1인당 IT자본(PIT)과 근로자 1인당 부가가치(PVA)(1998~2017)

<그림 7>은 IT자본(DIT), 비IT자본(DNIT), 부가가치(DVA), 근로자 수의 로그 값의 1차 차분(DW)이다. 변수들의 규모 차이 때문에 변수의 로그 값을 이용한다(Brynjolfsson and Hitt, 2003; 이상호, 유영욱, 2017). 그리고 IT자본과 부가가치의 ADF 단위근 검정 결과, 자료가 안정적이지 않기 때문에 1차 차분을 이용한다. 각 변수들은 시간의 흐름에 따라 변화의 정도가 축소되는 모습을 보이고 있다. 근로자 수의 경우, 대부분 음수 값이다.



<그림 7> IT자본(DIT), 비IT자본(DNIT), 부가가치(DVA), 근로자 수의 로그 값의 1차 차분(DW)(1999~2017)



<그림 8> 근로자 1인당 IT자본(PDIT), 비IT자본(PDNIT), 부가가치의 로그 값의 1차 차분(PDVA)(1999~2017)

<그림 8>은 근로자 1인당 IT자본(PDIT), 근로자 1인당 비IT자본(PDNIT), 근로자 1인당 부가가치

의 로그 값의 1차 차분(PDVA)이다. 근로자 수의 감소(<그림 1>)에 따라 <그림 7>에 비하여 변화의 정도가 큰 모습을 보인다. 최근 자료일수록 변화가 축소되어 안정적인 모습을 보이고 있다.

<표 2>는 기초통계량이다. 미국 전자산업의 연평균 IT자본은 797억 달러, 최소 IT자본은 340억 달러, 그리고 최대 IT자본은 1,107억 달러이다. 연평균 비IT자본은 6,803억 달러, 최소 5,484억 달러, 최대 7,300억 달러이다. 연평균 부가가치액은 1,698억 달러, 최소 부가가치액은 367억 달러, 그리고 최대 부가가치액은 3,027억 달러이다. 전자산업의 연평균 근로자 수는 130만 명, 최소 근로자 수는 104만 명, 최대 근로자 수는 183만 명이다. 산업의 근로자 1인당 연평균 IT자본은 67천 달러이고, 비IT자본은 545.6천 달러, 산출한 부가가치는 146.9천 달러이다.

<표 3>은 그레인저 인과성을 분석한 결과이다. 최적 시차는 아카이크 정보 기준 값이 최소가 되는 경우이다. 산업의 IT자본 증가는 산업의 부가가치 증가에 그레인저 인과성을 보이지 않았다( $F$  값 = 1.0). IT자본이 증가하더라도 산업의 생산량이 증가하지 않는다는 결과이다.

산업의 부가가치 증가는 IT자본의 증가에 그레인저 인과성을 보인다( $F$  값 = 8.4\*\*, 5% 수준에서 통계적으로 유의). 경제적인 성과가 좋아져서 IT에 투자할 여력이 생기면, IT에 투자하여 IT자본을 증가시키는 결과이다. 산업 수준에서 IT투자의 결정요인으로 경제적 성과가 작용하는 결과이다.

IT자본의 증가에도 불구하고 경제적 성과가 창출되지 않을 수 있다는 IT생산성 역설(IT productivity paradox)일 수도 있겠지만, 투입되는 생산요소의 변화라는 다른 관점에서 바라볼 수도 있다.

<표 2> 기초통계량(1998~2017)

변수	설명	최솟값	최대값	산술평균	중앙값	표준편차
IT	IT capital, IT자본	34.0	110.7	79.7	82.3	27.0
NIT	Non-IT capital, 비IT자본(전체 자본에서 IT자본을 차감한 자본)	548.4	730.0	680.3	690.0	45.5
Worker	근로자 수	1,044	1,828	1,306.8	1,258.5	275.9
VA	Value added, 부가가치	36.7	302.7	169.8	181.9	89.1
PIT	근로자 1인당 IT자본	18.6	104.6	67.0	65.5	31.8
PNIT	근로자 1인당 비IT자본	300.0	699.2	545.6	544.9	126.2
PVA	근로자 1인당 부가가치	20.1	289.9	146.9	144.7	92.7

주) 자본과 부가가치의 단위는 2012년 미국 10억 달러, 근로자 수의 단위는 천명, 근로자 1인당 자본과 근로자 1인당 부가가치의 단위는 2012년 미국 천 달러. N = 20.

<표 3> 그레인저 인과성 분석결과

인과성의 방향	최적 시차(k, l)	F값, 식 (3)	결과	효과의 방향
IT → VA	2, 2	1.0	×	
VA → IT	2, 1	8.4**	통계적으로 유의	정(+의) 효과
PIT → PVA	2, 1	11.8***	통계적으로 유의	정(+의) 효과
PVA → PIT	1, 2	3.2*	통계적으로 유의	정(+의) 효과
IT → Worker	1, 2	9.8***	통계적으로 유의	부(-의) 효과
Worker → IT	1, 1	2.2*	통계적으로 유의	부(-의) 효과

\*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .



산업의 IT자본과 부가가치 대신에 이들 값을 산업에 종사하는 근로자의 수로 나눈 1인당 IT자본과 1인당 부가가치로 대체하여 그레인저 인과성 분석을 시도하였다. 근로자 1인당 IT자본 증가는 근로자 1인당 부가가치 증가에 그레인저 인과성을 보이며( $F값 = 11.8^{***}$ , 1% 수준에서 통계적으로 유의), 근로자 1인당 부가가치 증가는 근로자 1인당 IT자본 증가에 그레인저 인과성을 보인다( $F값 = 3.2^*$ , 10% 수준에서 통계적으로 유의). 즉, 근로자 1인당 IT자본 증가와 근로자 1인당 부가가치 증가는 순환 관계를 보인다. IT자본 증가는 산업의 총 생산량을 증가시키기 보다는 노동 투입당 생산을 의미하는 산업의 노동 생산성을 증가시키는 모습을 보이고 있다.

IT자본, 비IT자본, 근로자를 생산요소로 바라보는 생산함수 이론에 따르면, 어떤 생산요소는 다른 생산요소를 대체할 수 있다. 기업 경영자는 생산요소의 탄력성과 비용을 고려하여 최적 생산요소의 조합을 결정한다. 자본의 단위당 비용이 줄어든거나 근로자의 단위당 비용이 늘어난다면, 경영자는 근로자를 자본으로 대체하는 의사결정을 할 수 있다. 아마존의 자동창고시스템(로봇), 반도체 생산라인의 자동검사장비, 아마존고(Amazon Go)와 같은 무인 편의점, 로봇 바리스타, 자동차 생산라인의 자동화/기계화, 은행의 모바일 뱅킹, 센서와 지능형 소프트웨어를 이용하는 스마트팜, 항공사의 모바일 체크인 시스템이나 키오스크를 이용한 셀프체크인 시스템 등과 같이 자본이 근로자를 대체하는 현상을 쉽게 관측할 수 있다.

IT자본이 부가가치에 영향을 주지 못하지만 근로자 1인당 IT자본이 노동 생산성인 근로자 1인당 부가가치에 영향을 준다면, IT자본과 근로자 수와의 그레인저 인과성 관계를 분석할 필요가 있다.  $F값$ 이 9.8이며 1% 수준에서 통계적으로 유의하고 회귀계수의 부호가 음수이며 통계적으로 유의하기 때문에, 과거의 IT자본 증가는 금년도의 근로자 수를 감소시키는 그레인저 인과성을 보인다. 이는 ICT산업의 국내 총 생산량이 산업 총 고용에

부정적인 영향을 주는 결과를 발견한 연구(김수경, 이상용, 2014)와 유사한 결과이다.

과거의 근로자 수의 감소는 현재의 IT자본을 증가시키는 그레인저 인과성을 보인다.  $F값(2.2^*)$ 은 10% 수준에서 통계적으로 유의하고 회귀계수의 부호는 음수이며 통계적으로 유의하기 때문이다. IT자본과 근로자 수는 선순환관계가 아닌 역순환 관계를 보인다. IT자본 증가는 근로자의 수를 감소시키고, 감소된 근로자의 수는 IT자본의 수요를 증가시킨다.

기업 경영자들이 IT자본을 이용하여 노동력을 축소시키고, 축소된 노동력을 보완하기 위하여 IT자본을 더욱 증가시키는 의사결정을 내린 결과일 수 있다. 정보화 혁명인 3차 산업혁명보다 인류에 더 큰 영향을 주리라 예상되는 4차 산업혁명은 노동의 수요를 더욱 광범위하게 위축시킬 수 있다.

## V. 결 론

미국의 전자산업에서 산업의 IT자본의 증가는 산업의 부가가치를 증가시키지 못하였으나, 산업의 근로자 1인당 IT자본의 증가는 산업의 근로자 1인당 부가가치, 즉 노동 생산성 증가에 긍정적인 영향을 주었다. 또한, 미국 전자산업에서 IT자본의 증가는 산업의 근로자 수를 감소시키는 결과를 보이고 있다.

이 연구에는 몇 가지 중요한 발견과 기여점이 있다. 첫째, IT자본은 산업의 부가가치를 증가시키지 못하였으나, 근로자 1인당 IT자본은 1인당 부가가치(노동 생산성)의 증가에 긍정적인 영향을 주는 결과를 발견하였다. IT자본은 노동자의 수를 감소시켰다는 결과도 발견하였다. IT가 노동 생산성을 증가시킨다는 결과는 기존 연구나 주장과 일치한다. 그리고 IT기반의 AI와 로봇으로 대표될 수 있는 4차 산업혁명이 노동의 수요를 축소시킬 수 있다는 우려를 실증적으로 보이는 결과일 수 있다. 둘째, 현재의 연구는 다른 연구 방법을 이용하여 동일한 상황이나 현상을 분석하는 방법

론적 확장(method extension)이다(Berthon *et al.*, 2002). 이는 IT와 경제적 성과 연구 결과의 일반화에 기여할 수 있다. 인과 관계에는 원인과 결과의 연관성(association), 원인은 결과보다 시간적으로 먼저 발생해야 하는 시간적인 순서(temporal precedence), 원인과 결과 사이에 제3의 요인이 없어야 하는 격리(isolation)가 모두 만족될 필요가 있다(Gefen *et al.*, 2000). 인과 관계의 세 가지 조건에서 연관성만을 충족시키는 상관분석이 아니라 연관성과 시간적인 순서를 고려하는 그레인저 인과 모형을 사용한 발견이기에 IT와 경제적 성과의 인과 관계가 보다 명확해질 수 있다. 셋째, 다른 자료를 이용하여 동일한 상황이나 현상을 분석하는 상황의 확장(context extension)을 통하여 관련된 연구 결과의 일반화에 기여할 수 있다(Berthon *et al.*, 2002). 현재의 연구는 닷컴 버블 붕괴, 글로벌 금융 위기, IT의 눈부신 발전 속도를 반영하고 있는 가장 최신의 자료(1998~2017)를 이용한 분석 결과이다. 2019년 11월 현재 산업 수준에서 획득 가능한 최선의 자료이다. 산업 수준에서 분석한 다른 연구(예: 이상호, 유영욱, 2017)가 있기는 하지만, 자료 획득의 제약으로 2007년 이전의 자료를 이용한 연구이다.

대부분의 연구와 같이 이 연구에는 한계점이 있다. 첫째, 두개의 시계열 자료인 IT자본과 부가가치와의 관계 분석을 위한 그레인저 인과 분석은 생산함수 이론과 모형 자체의 특성에 의하여 연관성과 시간적인 순서는 각각 만족되지만, 이 두 변수에 영향을 줄 수 있는 경제 변동(경제의 상승기, 하강기)과 같은 제3의 요인을 통제(격리)할 수는 없었다. 이는 IT의 효과를 연구하였던 많은 연구들(예: Cheng and Nault, 2007; Dewan and Kraemer, 2000; Dutta, 2001; Lee *et al.*, 2005; Park *et al.*, 2007; Shih *et al.*, 2007)에서도 유사하게 발견되는 현상으로, 기존 연구들도 제3의 요인 문제를 해결하지 못하였다. 아마도 경제적 상황에서는 자연과학과 달리 개입 집단과 통제 집단을 나누어 비교하는 실험연구를 진행하기 어렵기 때문일 수 있다. 경제

변동을 고려하여 표본을 나누거나 경제변동의 통제를 시도할 수 있지만, 현재의 연구는 제한된 표본 수를 제공하는 연도별 자료를 이용하기 때문에 통제를 수행할 수 없었다. 그레인저 인과 분석은 기본적으로 시계열 자료의 회귀분석을 사용하는데, 회귀분석에서 과적합(overfitting)을 피하기 위해서는 일반적으로 표본 수는 독립변수의 수에 비하여 5배 이상으로 권고된다(Hair *et al.*, 2005, p. 166). 현재의 연구에서 표본 수는 20이며, 식 (2) 또는 식 (5)에서 최대 시차를 2년으로 적용하면 독립변수는 4개이다. 통제변수도 독립변수에 포함되기에, 경제 변동을 위한 통제변수를 추가하면 표본 수가 부족하여 과적합을 피하기 쉽지 않다. 두 번째 한계점으로, IT의 효과 연구에서 중요하게 언급되고 있는 보완 자산이 충분하고 IT 집약도가 높은 산업인 미국 전자산업에서의 분석 결과이다. 따라서 연구 결과의 일반화에 한계점이 있을 수 있다. 셋째, 자료의 부족으로 제한된 최대 시차를 고려해야 했다. 첫 번째 한계점과 마찬가지로 표본 수가 충분하지 않기 때문에 발생하는 한계점이다. 식 (2) 또는 (5)와 같이 추가적인 통제변수를 고려하지 않는 그레인저 인과 분석에서는 이용하는 시차의 2배의 독립변수가 사용된다. 현재의 연구는 20년 동안의 연간 자료를 이용하므로, 과적합을 피할 수 있는 최대 시차는 2년이다.

미래에는 현재 연구의 한계점들을 극복할 수 있는 연구가 필요하다. IT자본과 부가가치에 동시에 영향을 주는 제3의 요인을 현재는 고려할 수 없었지만, 그러한 요인(예: 경제 변동)을 적절하게 통제할 수 있는 연구가 필요하다. 물론 시계열 자료를 이용한 그레인저 인과 모형에 제3의 요인을 추가하기 위해서는 장기간의 자료이거나 분기별 또는 월별 자료를 이용하여 관측치의 수를 늘리는 것이 필요하다. 또한 연구 결과의 일반화를 위하여 미국이 아닌 다른 국가나 전자산업이 아닌 다른 산업 자료를 이용한 분석 등이 추가적으로 필요하다. 장기간의 자료나 분기별 또는 월별 자료가 확보될 수 있다면, 최대 시차를 확대하거나 경제 변동(상

승기, 하강기 등)을 반영하여 분석 기간을 구분하는 연구도 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] 김수경, 이상용, “한국의 ICT산업의 발전과 고용 간의 인과관계에 관한 실증적 분석”, *Information Systems Review*, 제16권, 제2호, 2014, pp. 77-95.
- [2] 이상호, 김성희, “미국의 정보기술 투자와 경제성 성과 사이의 인과성 연구”, *경영정보학연구*, 제16권, 제2호, 2006, pp. 111-122.
- [3] 이상호, 유영욱, “산업의 경제 성장과 IT 투자: 경제 성장은 IT 투자의 효과인가, 아니면 IT 투자 결정의 요인인가?”, *Information Systems Review*, 제19권, 제1호, 2017, pp. 185-202.
- [4] Afxentiou, P. and A. Serletis, “Output growth and variability of export and import growth: International evidence from Granger causality tests”, *The Developing Economies*, Vol.38, No.2, 2000, pp. 141-163.
- [5] Berthon, P., L. Pitt, M. Ewing, and C. L. Carr, “Potential research space in MIS: A framework for envisioning and evaluating research replication, extension, and generation”, *Information Systems Research*, Vol.13, No.4, 2002, pp. 416-427.
- [6] Brynjolfsson, E. and L. M. Hitt, “Computing productivity: Firm-level evidence”, *The Review of Economics and Statistics*, Vol.85, No.4, 2003, pp. 793-808.
- [7] Bureau of Economic Analysis (BEA), 2019, Available at <https://www.bea.gov/>.
- [8] Bureau of Labor Statistics (BLS), 2019, Available at <https://www.bls.gov/>.
- [9] Chae, H. C., C. E. Koh, and V. R. Prybutok, “Information technology capability and firm performance: Contradictory findings and their possible causes”, *MIS Quarterly*, Vol.38, No.1, 2014, pp. 305-326.
- [10] Cheng, Z. and B. R. Nault, “Industry level supplier-driven IT spillovers”, *Management Science*, Vol.53, No.8, 2007, pp. 1199-1216.
- [11] Dakurah, A. H., S. P. Davies, and R. K. Sampath, “Defense spending and economic growth in developing countries: A causality analysis”, *Journal of Policy Modeling*, Vol.23, Issue 6, 2001, pp. 651-658.
- [12] Dedrick, J., V. Gurbaxani, and K. L. Kraemer, “Information technology and economic performance: A critical review of the empirical evidence”, *ACM Computing Survey*, Vol.35, No.1, 2003, pp. 1-28.
- [13] Devlin, N. and P. Hansen, “Health care spending and economic output: Granger causality”, *Applied Economics Letters*, Vol.8, Issue 8, 2001, pp. 561-564.
- [14] Dewan, S. and K. L. Kraemer, “Information technology and productivity: Evidence from country-level data”, *Management Science*, Vol.46, No.4, 2000, pp. 548-562.
- [15] Dobson, S. M. and J. A. Goddard, “Performance and revenue in professional league football: Evidence from Granger causality tests”, *Applied Economics*, Vol.30, Issue 12, 1998, pp. 1641-1651.
- [16] Dutta, A., “Telecommunications and economic activity: An analysis of Granger causality”, *Journal of Management Information Systems*, Vol.17, No.4, 2001, pp. 71-95.
- [17] Gefen, D., D. W. Straub, and M. C. Boudreau, “Structural equation modeling and regression: Guidelines for research practice”, *Communications of the Association for Information Systems*, Vol.4, Article 7, 2000, pp. 1-77.
- [18] Giles, D. E. A., L. M. Tedds, and G. Werkneh,

- “The Canadian underground and measured economies: Granger causality results”, *Applied Economics*, Vol.34, Issue 18, 2002, pp. 2347-2352.
- [19] Gordon, R. J., “Does the “new economy” measure up to the great inventions of the past?”, *Journal of Economic Perspectives*, Vol.14, No.4, 2000, pp. 49-74.
- [20] Granger, C. W. J., “Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods”, *Econometrica*, Vol.37, No.3, 1969, pp. 424-438.
- [21] Gujarati, D. N., *Basic Econometrics* (4th ed.), McGraw-Hill, New York, NY, 2003.
- [22] Gurbaxani, V., “The demand for information technology capital”, *Decision Support Systems*, Vol.8, No.5, 1992, pp. 387-403.
- [23] Hair, J. Jr., R. E. Anderson, R. L. Tatham, and W. C. Black, *Multivariate Data Analysis* (5th ed.), Prentice-Hall International, Upper Saddle River, NJ, 2005.
- [24] Hu, Q. and J. J. Quan, “Evaluating the impact of IT investments on productivity: A causal analysis of industry level”, *International Journal of Information Management*, Vol.25, No.1, 2005, pp. 39-53.
- [25] Hu, Q. and J. J. Quan, “The institutionalization of IT budgeting: Empirical evidence from the financial sector”, *Information Resources Management Journal*, Vol.19, No.1, 2006, pp. 84-97.
- [26] Hu, Q. and R. Plant, “An empirical study of the casual relationship between IT investment and firm performance”, *Information Resources Management Journal*, Vol.14, No.3, 2001, pp. 15-26.
- [27] Hudson, J., “Granger causality, rational expectations and aversion to unemployment and inflation”, *Public Choice*, Vol.80, No.1/2, 1994, pp. 9-21.
- [28] Jaeger, D. A. and M. D. Paserman, “The cycle of violence? An empirical analysis of fatalities in the Palestinian-Israeli Conflict”, *American Economic Review*, Vol.98, No.4, 2008, pp. 1591-1604.
- [29] Kapuria-Foreman, V., “Population and growth causality in developing countries”, *The Journal of Developing Areas*, Vol.29, No.4, 1995, pp. 531-540.
- [30] Kaufmann, R. K. and D. I. Stern, “Evidence for human influence on climate from hemispheric temperature relations”, *Nature*, Vol.388, No.6637, 1997, pp. 39-44.
- [31] Kohli, R., S. Devaraj, and T. T. Ow, “Does information technology influence a firm’s market value? A case of non-publicly traded healthcare firms”, *MIS Quarterly*, Vol.36, No.4, 2012, pp. 1145-1163.
- [32] Kobelsky, K., V. J. Richardson, R. E. Smith, and R. W. Zmud, “Determinants and consequences of firm information technology budgets”, *Accounting Review*, Vol.83, No.4, 2008, pp. 957-995.
- [33] Lee, S. and S. H. Kim, “A lag effect of IT investment on firm performance”, *Information Resources Management Journal*, Vol.19, No.1, 2006, pp. 43-69.
- [34] Lee, S. Y. T., R. Gholami, and T. Y. Tong, “Time series analysis in the assessment of ICT impact at the aggregate level: Lessons and implications for the new economy”, *Information and Management*, Vol.42, No.7, 2005, pp. 1009-1022.
- [35] Lee, S., Y. U. Ryu, and J. K. Kim, “IT investment and economic performance growth: A causality analysis over multiple countries”, *2008 Workshop on Information Technologies and Systems (WITS 2008)*, 2008, pp. 230-235.
- [36] Madden, G. and S. J. Savage, “CEE telecom-

- munications investment and economic growth”, *Information Economics and Policy*, Vol.10, No.2, 1998, pp. 173-195.
- [37] Melville, N., K. L. Kraemer, and V. Gurbaxani, “Review: Information technology and organizational performance: An integrative model of IT business value”, *MIS Quarterly*, Vol.28, No.2, 2004, pp. 283-322.
- [38] Mithas, S. and R. T. Rust, “How information technology strategy and investments influence firm performance: Conjecture and empirical evidence”, *MIS Quarterly*, Vol.40, No.1, 2016, pp. 223-245.
- [39] Mitra, S., “Information technology as an enabler of growth in firms: An empirical assessment”, *Journal of Management Information Systems*, Vol.22, No.2, 2005, pp. 279-300.
- [40] Narayan, P. K., “New Zealand’s trade balance: Evidence of the J-curve and granger causality”, *Applied Economics Letters*, Vol.11, Issue 6, 2004, pp. 351-354.
- [41] Park, J., H. H. Shin, and S. K. Shin, “The intensity and externality effects of information technology investments on national productivity growth”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol.54, No.4, 2007, pp. 716-728.
- [42] Sabherwal, R. and A. Jeyaraj, “Information technology impacts of firm performance: An extension of Kohli and Devaraj(2003)”, *MIS Quarterly*, Vol.39, No.4, 2015, pp. 809-836.
- [43] Saunders, A. and E. Brynjolfsson, “Valuing information technology related intangible assets”, *MIS Quarterly*, Vol.40, No.1, 2016, pp. 83-110.
- [44] Saunders, P. J., “A Granger causality approach to investigating the impact of fiscal policy on the U.S. economy: 1970. I-1990. III”, *Studies in Economics and Finance*, Vol.16, No.1, 1995, pp. 3-22.
- [45] Shih, E., K. L. Kraemer, and J. Dedrick, “Determinants of country-level investment in information technology”, *Management Science*, Vol.53, No.3, 2007, pp. 521-528.
- [46] Sims, C. A., “Money, income, and causality”, *American Economic Review*, Vol.62, No.4, 1972, pp. 540-552.
- [47] Tang, C. F. and E. C. Tan, “Does tourism effectively stimulate Malaysia’s economic growth?”, *Tourism Management*, Vol.46, 2015, pp. 158-163.

## **Causal Effect from IT Capital in the US Computer and Electronic Products Industry: Value Added Increase or Labor Decrease**

Sangho Lee\*

### **Abstract**

Since many researchers were interested in measuring the performance of information technology investment, many studies have been conducted with various data sources and analysis methods, and most studies report that IT investment produces significant and positive results. Many of these studies have been conducted at the enterprise level, but different results may occur at the industry level. In the case of the electronics industry, if the performance of the IT highly increases, the sales of the IT produced in the electronics industry may decrease, and the added value of the electronics industry may also decrease. As a result of analysis, the increase in the IT capital of the US electronic industry did not increase the added value of the industry, but the increase in IT capital per worker in the industry had a positive effect on the increase in value added per worker (labor productivity) in the industry. In addition, the increase in IT capital in the US electronics industry has resulted in a decrease in the number of workers.

***Keywords: IT Investment Performance, Labor Productivity, Industry Value-added, Granger Causality***

---

\* Associate Professor, Department of IT Management, Sun Moon University

## ○ 저 자 소 개 ○



**이 상 호 (slee@sunmoon.ac.kr)**

선문대학교 IT경영학과 부교수이며, 국방과학연구소(ADD) 선임연구원, 한국국방연구원(KIDA) 선임연구원을 역임하였다. 성균관대학교 경영학과에서 학사 및 석사학위를, 한국과학기술원(KAIST) 경영대학에서 경영공학박사(MIS)를 취득하였다. 주요 관심분야는 정보기술 투자 성과 측정, S/W개발 프로젝트관리, S/W프로세스 개선, 인과성 분석 등이다.

논문접수일 : 2019년 11월 09일

게재확정일 : 2020년 01월 30일

1차 수정일 : 2019년 12월 23일