정보통신자본과 R&D스톡변동이 국내 산업부문별 성장에 미치는 영향연구

박추환*

한국전자통신연구원 정보통신기술경영연구소

<Abstracts>

This paper examines the effects of information telecommunication (IT) capital and R&D stock' variation on the growth of Korean industry, using a time series approach. Most specifically, we apply the Granger causality and impulse response analysis to our examination of Korea's industrial growth, IT capital, and R&D stocks. The Johansen co-integration test is performed in order to analyze long-term relations among these variables. This research explores the way in which IT capital and R&D stock's variation from economic shocks affects the growth of Korea's industrial sector. The effects are ambiguous, however, across industrial sectors. An impulse response function analysis shows that the effects of IT capital and R&D stock fluctuations in each industrial sector are presented for different time periods.

* 정보통신기술경영연구소 선임연구원

대전시 유성구 가정동 161 번지, 전화번호: 042-860-5968, email:parkch@etri.re.kr, Fax:042-860-6504.

I. 서론

정보통신의 중요성이 날로 증대될 것이라는 믿음은 기업차원, 산업차원, 국가차원의 다양한 의사결정자들로 하여금 과감한 투자의사결정을 하도록 유도하고 있으며, 그 결과 타 부문의 전통적인 투자에 비하여 정보통신 투자는 급속한 증대 일로에 있는 실정이다. 이러한 경향은 비단 우리 나라[1]에만 국한된 것이 아니라 선진국과 개발도상국을 막론하고 향후의 경쟁력 확보라는 과제에 관심을 가진 곳에서라면 어디에서든 유사하게 진행되고 있는 현상이다.

산업내에서 정보통신자본[2]과 R&D 에 대한 투자가 경제적으로 어떠한 영향을 미치고 있는지에 대해서 많은 관심이 이루어지고 있지만 이에 대한 다각적인 분석이 이루어지지 않고 있어서 정보통신자본과 R&D 스톡이 단순히 산업부문으로서 양적 확대만을 하고 있는지, 또는 경제전체적으로 파급효과를 가지는지에 대한 답을 기대하기가 어려운 시점이다. 정보통신과 생산성[3]의 관계는 이미 선진 각국에서 다양하게 검토되어 왔으며, 우리 나라의 경우에도 최근 다수의 연구가 진행되고 있는 중이다.

기업차원[4]에서의 정보통신과 R&D 의 경제적 성과에 관한 연구로는 신일순, 송재경 (1999), 이기동 (2000)의 연구에서는 조직변화나 변환효율성(conversion efficiency)등의 개념을 강조하면서 정보통신투자를 하였다는 사실 자체가 성과향상을 보장하는 충분조건이 될 수 없다고 강조하고, 생산관행이 수반될 때 비로서 소기의 성과가 도출될 수 있다는 점을 다양한 자료와 방법론으로 설명하고 있다. 또한 산업차원[5]에서의 정보통신과 R&D 의 경제적 성과에 관한 연구로는 Brynjolfsson and Hitt(1998)는 산업차원에서는 긍정적 효과가 나타난 산업과 부정적 효과가 나타난 산업이 집계과정에서 상호 상쇄되는 효과가 있을 수 있기 때문에 산업차원에서는 반드시 긍정적 효과가 나타난다고 볼 수 없음을 강조하고 있다. Jorgenson and Stiroh (1999) 의 연구에서는 제조업 혹은 산업 전부문에 대하여 성장, 총요소생산성 등을 분석하면서 정보통신을 별도의 투입으로 간주하여

---

[1] 정보통신산업은 1990 년대 중반이후 급속한 발전을 거듭함으로써 우리나라의 경제성장을 주도하고 있음.

[2] 정보통신자본을 정의한다면, "정보 및 이의 처리, 전달, 시현(示現)과 관련된 제조, 가공 및 서비스 일체로서 생산과 부가가치를 창출할 수 있는 능력을 가진 자산"으로 정의할 수 있다. 여기에는 전통적인 의미의 전기통신을 비롯한 데이터통신 및 관련산업, 컴퓨터 및 컴퓨터관련 산업, 방송 및 컨텐츠산업 그리고, 특수하게 물리적 현상을 검출, 측정 및 기록하거나 통제하기 위한 전자처리 관련 사업 등이 포함된다. 컨텐츠 산업을 포함하느냐의 여부에 따라 OECD 에서 활용되는 "정보산업(Information Industry)"의 개념과 국내 정보통신부가 정의하는 "정보통신산업(Information & Communication Industry)"이 구분된다. 현재까지 정보통신부의 정보통신산업 분류에는 컨텐츠산업이 포함되지 않고 있다.

[3] 정보신기술 자본재에 대한 투자는 지식의 생산, 활용 및 유통을 원활하게 함으로써 네트워크 외부효과 또는 파급효과를 창출함.

[4] 기업차원의 연구는 개별기업 혹은 플랜트 수준에서 정보통신 설비투자 혹은 관련 지출이 해당단위의 경제적 성과를 향상시키는데 기여하는지에 대해 초점을 두고 이루어졌다.

[5] 산업차원에서의 연구개발과 정보통신에 관한 연구는 정보통신을 하나의 별도 산업으로 간주하고 분석하는 경우와 정보통신 산업자체보다는 각 산업에서의 정보통신을 별도의 투입요소로 간주한 산업별 성과에 초점을 맞추고 있다.

분석하거나(집계단위에서), 혹은 정보통신 생산, 중립, 활용산업의 성과를 부각시켜 살펴보는 등(산업별 단위에서)의 노력을 기울여 왔다. 또한 홍동표, 정시연(1998)에서는 산업연관표를 활용한 산업차원의 연구로서 구분할 수 있는데, 이는 기존의 산업연관 분석방법론을 정보통신을 중심으로 하여 적용한 사례로 볼 수 있으며, 생산유발계수, 수입유발계수, 부가가치계수 등이 주된 분석대상이 된다.

본 연구의 근원적인 초점은 국내 산업별 성장과 정보통신 자본 및 R&D 와의 관계규명에 있다. 즉, 본 논문의 목적은 첫째, 정보통신자본과 R&D 가 국내 산업별 성장에 미치는 영향을 1985~1998 년의 시계열자료를 이용하여 분석[6]하고자 한다. 둘째, Granger-causality 검증[7]을 통하여 국내 산업별 성장, 정보통신자본, R&D 간의 상호인과관계를 파악하고자 한다. 셋째는 벡터자기회귀모형(VAR)을 통하여 본 연구에 상정된 3 개 변수를 내생화하여 변수간 상대적 중요도를 손쉽게 파악하기 위하여 Impulse response Function 을 시도하였다. 즉, 상정된 3 개 변수로부터 각각의 예측오차분산에 의한 현재 또는 미래의 반응도를 분석하고자 한다. 넷째는 상기 VAR 모형을 위하여 변수를 차분화함으로써 장기적인 공적분관계에 대한 정보가 유실되는 문제점을 보완하기 위한 Johansen(1991) 공적분 검증을 하고자 한다. 즉, 공적분관계를 통하여 변수간 공적분 관계가 발견시 벡터자기수정모형(VEC)를 통해 분석할 수 있는 계기를 만들어 향후 연구 시 보완하고자 하였다.

본 논문은 제 2 장에서는 VAR 모형에 의한 실증분석에 앞서 산업부분별 변수에 대한 단위근 및 상호인과관계를 검정하고, 변수간 오차분산의 변동에 의한 충격반응효과를 분석하며 장기적인 균형관계를 파악하기 위한 공적분 검정을 실시하고, 제 3 장에서는 시계열 실증분석에 대한 요약 및 결론을 다루었다.

II. VAR 모형에 의한 실증분석

국내 산업의 세부부문별 성장이 정보통신자본과 R&D 스톡에 의한 영향을 분석하기 위하여 사용된 방법론은 백터자기회귀모형이다. 이모형을 사용하게 된 동기는 충격반응효과(Impulse Response Function)과 분산의 분해(Variance Decomposition)등을 통하여 산업별 성장을 설명하는데 있어서 정보통신자본 및 R&D 스톡이 각각 차지하는 상대적 중요도를 손쉽게 파악할 수 있고, 가급적이면 사전적 제약(a priori restriction)을 최소화한 모형을 통해 의도하는 분석을 수행하기 위해서이다. Sims(1980)에 의해 개발 발전된 이 모형은 다음과 같은 형태를 띤다.

$$X_t = \mu + A(L)X_t + u_t \qquad (1)$$

[6] 시계열적 상관관계라기 보다는 경제적, 구조적 상관관계로 보는 것이 바람직하다.
[7] 지금까지 시도된 인과성 분석은 Hardy(1980), Cronin et al.(1991) 등에서 다루어진 바와 같이 정보통신자본이 국가경제성장에 대하여 인과적 관계를 갖는 지의 문제를 분석하는데 활용되어 왔다.

식(1)에 대한 종속변수는 다음과 같이 정의하여 사용하고자 한다.

TPS_i = log(산업 부문별 불변 부가가치액)
ITS_i = log(산업 부문별 정보통신자본 스톡)
RDS_i = log(산업 부문별 R&D 스톡), i=S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8(국내 8 개 산업분류기호)

식(1)에서 $X_t=(TPS, ITS, RDS)'$
$u_t=(u_t^{TPS}, u_t^{ITS}, u_t^{RDS})'$
$\mu = (\mu_1, \mu_2, \mu_3)'$

위에서 X_t는 3x1 변수벡터, L 은 시차연산자, A(L)은 3x3 계수행렬(coefficient matrix), u_t는 순잡음 교란항이다. 따라서 VAR 은 3 개의 선형회귀방정식으로 구성되며 각방정식은 모형내 한 변수를 종속변수로 하고 모형내 모든 변수의 시차변수를 설명변수로 하는 모형이다.

하지만 식(1)의 추정결과로부터 얻어지는 계수들은 그 자체로는 별의미가 없다. 왜냐하면 모형자체가 경제이론에서 시사되는 가설을 검증하기 위한 것이 아닌데다가 계수의 해석에도 어려움이 따르기 때문이다. 따라서 일반적으로 추정결과의 해석에는 이동평균함수(Moving Average Representation: MAR)가 이용된다.

$$X_t = B(L)u_t \qquad (2)$$

식(2)에서 B_i, i=0,1,2…는 이동평균함수의 계수행렬(nxn)로서 B_i 행렬의 원소(element)인 b_i^{jk}, i=0,1,2,…는 X_t의 k 번째 변수인 x^k에 한단위 충격이 발생하였을 때 j 번째 변수인 x^j가 시간이 흐름에 따라 어떻게 반응하는가를 보여준다.

그러나 B_i 를 그 상태로 해석하는 데는 한가지 문제가 따른다. U_t 의 공분산 행렬(covariance matrix)이 대각행렬(diagonal matrix)이 아니고, U_t 의 원소들, 예컨대 u_{1t}와 u_{2t} 사이에 상관관계가 존재할 수 있기 때문이다. 이 경우에는 b_i^{12}, i=0,1,2…를 순수하게 x^2 의 변화에 따른 x^1 의 반응이라고 해석하기 어렵게 된다. 왜냐하면 x^2 의 변화의 일부분이 x^1 의 변화와 서로 상관관계를 맺고 있기 때문이다. 따라서 이동평균 함수의 올바른 해석을 위해서는 이 상관관계를 제거할 필요가 있는데, 이는 식(2)의 우변에 다음과 같은 변형을 위하는 방법으로 수행된다. 즉,

$$X_t= B(L)\Pi^{-1}\Pi U_t \qquad (3)$$

식(3)에서 Π행렬은 U_t 원소사이의 상관관계를 제거해 줌으로써 ΠU_t 의 공분산 행렬을 대각행렬화 시켜주는 역할을 한다. 위에서 $B(L)\Pi^{-1}= C(L)$, $\Pi U_t= \varepsilon_t$라고 하면 X_t는 다시

$$X_t = C(L)\,\varepsilon_t \qquad (4)$$

와 같이 나타낼 수 있고, 이제 ε_t 의 원소사이에는 상관관계가 존재하지 않게 된다. 따라서 C_i의 원소인 c_i^{jk}는 이제 순수하게 k 번째 변수의 한 단위 충격에 따른 j 번째 변수의 반응이라고 해석할 수 있게 된다.

1. 변수선정과 통계자료

분석의 대상은 아래의 <표 1>에 정리된 바와 같이 8 개 국내 산업부문을 대상으로 한다.

<표 1> 국내 산업별 분류표

산업연관표	분 류	1995*	1990**	1985**
1. 광 업	S1	31~45	35~50	38~51
2. 제조업	S2(M)	46~305	51~317	52~316
3. 전기, 가스, 수도업	S3	306~312	318~324	317~323
4. 건설	S4	313~329	325~341	324~342
5. 도,소매, 음식, 숙박업	S5	330~333	342~345	343~346
6. 운수, 창고, 통신	S6	334~351	346~360	347~363
7. 금융, 보험, 부동산,용역	S7	352~369	361~375	364~375
8. 사회 및 개인서비스	S8	370~399	376~402	376~399

주:*,**,***는 산업연관표상의 분류번호

<표 2> 통계자료의 내용과 출처

변수	통계자료	지료출처
TPS_i(산업 부문별 성장율)	산업 부문별 불변부가가치 산출액 (1990 년 10 억원 기준) (1985-1998)	한국은행 경제통계 년보
ITS_i(산업 부문별 정보통신 자본스톡)	한국의 산업별 자본스톡 추계결과치 (1985-1998)	표학길(1998)
RDS_i(산업 부문별 R&D 스톡[8])	한국의 산업 부문별 R&D 스톡(1900 년도 백만원 기준) (1985-1998)	과학기술부의 ' 과학기술 연구활동 조사보고서'

주: i= S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8. 의미함.

분석시구간은 수집된 자료는 국내 산업 부문별 불변부가가치 산출액, 산업 부문별 정보통신자본스톡과 연구개발 스톡을 1985-98 년까지 대상으로 하였다. 산업 부문별 부가가치는

[8] 본 논문에서 사용된 연구개발 스톡을 추정하기 위한 영구재고법은 다음과 같이 표현된다. 즉, $RD_t = RD_{it}+(1-\delta)RD_{it-1}$, 여기서 RD_{it}는 t 년도의 새로운 기술지식의 공급, RD_t는 t 년도의 연구개발스톡, δ는 연구배발스톡의 진부화율을 의미함. 참고로, 영구재고법은 Goldsmith(1951)에 고안한 자본추계방법으로서 지본추계에 획기적인 진전을 가져왔는데, 여럭가지 간접적인 추계방법중에서 가장 실제에 근접한 추계방법으로 활용되고 있다.

국민계정에 나타나 경상 GDP 를 한국은행 경제통계년보에 제시된 생산자물가지수를 이용하여 환가하고, 산업 부문별 정보통신자본스톡은 표학길(1998)의 한국의 산업별 자산별 자본스톡추계 결과치를 이용하였는데, 자본스톡이 1996 년까지만 추계된 결과가 제시되어 있어 1997 년 이후에는 국민계정상의 산업별 총고정자본형성과 한국은행의 산업별 감가상각률을 이용하여 영구재고법을 활용하여 연장하였다. 또한 연구개발스톡은 자본스톡의 개념과 비슷하기 때문에, 그 측정방법도 자본스톡의 측정방법과 유사하며, 연도별 연구개발투자를 축적해 구하게 된다. 연구개발투자관련 자료는 과학기술부의 과학기술연구활동조사보고서를 이용하였다.

2. 단위근검정

시계열 분석을 위해서는 시계열자료의 안정성이 보장되어야만 하는데, 이는 단위근검정에 의해서 확인할 수 있다[9]. 시계열자료에 대한 단위근검정에는 일반적으로 Dickey-Fuller(1979)에 의해 제시된 DF 검정과 DF 검정을 확장한 ADF 검정, 그리고 Phillips-Perron(1988)에 의해 제시된 PP 검정 등이 사용된다. PP 검정은 Phillips-Perron(1988)에 의해 소개된 내용으로 오차항이 i.i.d(0,$\sum$)해야만 한다는 가정이 충족되지 못하는 보다 포괄적인 상황, 즉 오차항이 자기상관 뿐만 아니라 이분산현상까지 갖고 있는 경우를 상정하면서 DF 검정을 수정·보완하고 있다. 따라서 PP 검정은 DF 검정[10]이나 ADF 검정보다는 넓은 범위의 변수를 검정할 수 있다는 장점이 있다.

즉, ADF 검정에서는 자기상관의 영향을 제거하기 위해서 차분항을 추가시키게 된다. 한편 PP 검정 방법은 잔차가 '0'의 평균과 일정한 분산을 갖는 상호 독립적이고 정규분포를 따른다는 것과 같은 교란항에 대한 가정이 충족되지 못하는 보다 포괄적인 상황, 즉 회귀잔차의 계열상관과 이분산 현상까지를 허용하는 단위근검정 방법이다.

ADF 검정을 위해서 다음과 같은 두개의 모형이 이용된다. 우선 일반적인 AR(1)모형은

$$\Delta Y_t = \mu + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (5)$$

식(5)에서 $-1<\rho<1$이면 AR(1)은 안정적인 시계열을 갖지만, $\rho=1$ 이면 불안정적인 시계열을 가지게된다. 따라서 ADF 검증을 위한 모형은 다음과 같이 수정된다.

$$\Delta Y_t = \mu + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (6)$$

여기서 $\gamma = \rho - 1$ 이고, H_o: $\gamma=0$

위 모형(2)에 대한 귀무가설(H_o: $\gamma=0$)이 기각되지 못하면 시계열 ΔY_t 는 비정상적이며 단위

---

[9] 만약 단위근이 존재하는 불안정적인 시계열간에 회귀분석이 실시하는 경우 통계적 유의성이 불분명해지는 '假性回歸(spurious regression) 현상'이 발생할 수 있다.

[10] DF 검정 방법은 처음으로 개발된 단위근검정 방법이라는 의의를 갖지만, 오차항이 자기상관을 내포하지 않는다는 비현실적 가정에 입각하고 있는 문제점을 내포하고 있다. 따라서 오차항간에 자기상관이 존재하는 일반적인 상황을 가정한 단위근검정 방법이 필요하며, 이를 위해서 DF 검정 방법을 보완한 것이 ADF 검정 방법이다.

근을 가지게 된다. 단위근검정 결과는 <표 3>에 제시되어 있다.

<표 3> 국내 산업 부문별 단위근 검정결과

변수/분류	국내 산업별 분류							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
불변부가가치 산출액 (TPS)	2.32 7.19***	1.97 5.97***	3.70** 3.05*	2.42 4.32**	1.07 4.89***	2.15 3.55**	1.92 2.96*	1.02 7.54***
정보통신자본스톡 (ITS)	2.62 3.49**	2.79* 3.66**	2.82* 3.71**	2.54 3.42**	2.77* 3.64**	2.75* 3.62**	2.76* 3.64**	3.20* 3.64**
R&D 스톡 (RDS)	3.87** 4.50***	3.77** 3.66**	3.56** 3.30**	2.59 4.23**	2.55 3.84**	5.57*** 4.07**	2.82* 3.23**	2.55 3.84**

주 : 1) 모형(2)에 대하여 시차수는 ' 1' 을 적용함

2) ***(**, *)는 1%(5%, 10%)의 유의수준에서 유의함을 나타냄(상단부문은 1 계차분, 하단부문은 2 계차분)

3) 모형 2 에서 1%, 5%, 10% 유의수준에서의 임계치는 각각 - 4.32, -3.219, -2.75 임.

<표 3>에서 보는 바와 같이 모형 2 에 의한 단위근검정 결과 1 계차분의 경우에 산업별 불변부가가치 산출액에서는 전기,가스,수도업(S3)를 제외하고는 단위근을 갖는 것으로 나타나지만, 2 계차분인 경우에는 전산업에 대해서 단위근의 존재를 기각할 수 있었다. 산업별 정보통신자본 스톡에서 1 계차분의 경우에 전산업이 10%유의수준에서 단위근을 갖는 것으로 나타나고 있으나, 2 계차분인 경우에는 전산업에 대해서 단위근의 존재를 기각할 수 있었다. 또한 산업별 R&D 스톡의 경우 1 계차분의 경우 건설업(S4), 도,소매,음식,숙박업(S5), 그리고 개인·서비스업(S8)의 경우를 제외하고는 단위근의 존재를 기각할 수 있었으며, 2 계차분인 경우에는 전산업에 대해서 단위근의 존재를 기각할 수 있었다.

이와 같이 <표 3>에 제시된 모형(2)에 의한 단위근검정 결과를 집약할 때 산업별 성장과 정보통신 자본 및 R&D 간에 존재하는 단위근을 확인할 수 있으며, 따라서 본 연구에서는 사용하는 통계자료의 수가 극히 제한되어 있다는 점을 고려하여 2 계차분변수가 안정적이라는 가정을 하고 논의를 전개하기로 한다.

3. Granger-Causality 인과관계 검정

산업경제변수간에 존재하는 인과관계 검정이란 시차분포모형에 기초하여 어떤 경제변수를 설명함에 있어 다른 경제변수의 설명력이 존재하는지의 여부를 검정하는 것이다. 원래 회귀분석에서는 어느 것이 원인변수(설명변수)이고 어느 것이 결과변수(종속변수)인지 하는 문제는 이미 경제이론에 의해 정하고, 그러한 인과관계를 통계자료를 사용하여 확인하는 것이

전통적으로 되어 있다. 따라서 원인과 결과가 불투명한 경우의 함수관계에 대해서는 뚜렷한 판정을 내릴 수 없으면, 이러한 문제에 대하여 시차분포모형을 이용하여 원인과 결과를 확인할 수 있는 방법이다. 즉, 인과관계분석은 시계열적 특성에 초점을 맞춘 분석으로서 특정 변수의 과거값이 또 다른 변수의 현재값을 예측하는데 도움을 주는지의 여부를 살펴보는데 목적이 있다. 비록 인과관계라는 이름으로 진행되는 분석이라 할지라도 단순히 변수 X 의 시계열적 특성을 고찰하는 것이 변수 Y 의 값을 예측하는데 도움을 주는가의 여부를 판정하는 것이므로 철학적인 인과관계와는 개념상 거리가 있다는 점이다.

계량적 분석에서 인과관계를 파악하는데는 여러가지 모형이 제시되어 있으나 본 연구에서는 Granger 인과성검증모형결과를 제시한다. 즉, 변수 X 와 Y 간에 인과성을 확인하기 위하여 명시적으로 표현된 다음과 같은 두방정식 체계 혹은 (X,Y)' 의 컬럼벡터로 형성된 벡터 자기회귀모형을 생각할 수 있다.

$$X_t=\sum_{i=1}a_iX_{t-1}+\sum_{j=1}b_jY_{t-j}+\varepsilon_{1t}$$

$$Y_t=\sum_{i=1}c_iY_{t-i}+\sum_{j=1}d_jX_{t-j}+\varepsilon_{2t} \qquad (7)$$

위의 식을 추정하고 H_o^1:a_i=0 와 H_o^2:d_j =0 라는 두개의 귀무가설을 생각하고, 각각의 귀무가설에 대하여 F 검정[11]을 실시하여 인과관계 여부를 판단한다. H_o^1:a_i=0 와 H_o^2:d_j =0 를 모두 기각하면 상호 인과관계가 존재하며, 모두 채택하면 존재하지 않는 것으로 판단한다. H_o^1:a_i=0 을 기각하되 H_o^2:d_j =0 를 기각하지 못하면 X 로부터 Y 로의 Granger 인과관계가 존재하며, 그 반대의 경우 Y 로부터 X 로의 Granger 인과관계가 존재하는 것으로 판단한다.

<표 4> 국내 산업별 변수간 인과관계 검정결과

산업 분류기호	RDS⇒ TPS	TPS⇒ RDS	ITS⇒ TPS	TPS⇒ ITS	RDS⇒ ITS	ITS⇒ RDS
광업(S1)	0.00 (0.99)	3.25 (0.10)	0.44 (0.65)	6.08* (0.02)	20.44* (0.00)	3.63* (0.08)
제조업 (S2)	0.06 (0.94)	0.21 (0.81)	3.11 (0.10)	1.44 (0.30)	0.54 (0.60)	0.02 (0.98)
전기,가스 업(S3)	0.10 (0.90)	2.95 (0.11)	2.62 (0.14)	1.01 (0.41)	1.83 (0.23)	0.27 (0.76)
건설업 (S4)	5.01* (0.04)	2.45 (0.15)	0.74 (0.51)	4.71* (0.05)	1.07 (0.39)	3.73* (0.07)
도,소매업 (S5)	0.97 (0.42)	2.60 (0.14)	6.24* (0.02)	2.73 (0.13)	13.76* (0.00)	1.47 (0.29)
운수,창고 업(S6)	0.75 (0.50)	1.71 (0.24)	1.05 (0.40)	0.42 (0.67)	0.57 (0.58)	12.35* (0.00)
금융,보험	1.24	2.73	9.08*	0.68	5.66*	7.59*

[11] F검증은 다음과 같은 통상적인 방법에 따른다. 즉, F=[(SSRR-SSRU)/q]/ [(SSRU)/(n-k)].여기서 n,k,q 는 각각 총자료의 수, 추정할 모수의 수, 그리고 제약조건의 수를 의미한다.

업(S7)	(0.34)	(0.13)	(0.01)	(0.53)	(0.03)	(0.01)
사회 및 개인서비스(S8)	0.47 (0.64)	2.82 (0.12)	20.42* (0.00)	0.86 (0.46)	14.07* (0.00)	1.57 (0.27)

주:()는 F 검증에 대한 P 값임

<표 4>에서 제시된 분석결과를 통하여 알 수 있듯이 국내 산업별로 보면 광업(S1)의 경우 부가가치 산출액의 증가는 정보통신자본 스톡에 영향을 미치고, R&D 스톡과 정보통신자본 스톡간에는 상호인과관계를 보이고 있다. 제조업(S2)과 전기, 가스, 수도업(S3)의 경우에는 변수간 상호인과관계가 전혀 나타나고 있지 않다. 건설업(S4)의 경우 R&D 스톡의 증가가 부가가치 산출액의 증가에 영향을 미치고 있으며, 부가가치 산출액의 증가는 정보통신자본 스톡에 영향을 미치고 있다. 도,소매업(S5)의 경우에는 정보통신산업 스톡의 증가가 부가가치 산출액의 증가에 영향을 미치고 있으며, R&D 스톡의 증가가 정보통신자본 스톡의 증가에 영향을 미치고 있다. 운수,창고,통신업(S6)의 경우에는 정보통신자본 스톡의 증가가 R&D 스톡의 증가에 영향을 미치고 있지만, 타 변수간 인과관계는 나타나고 있지 않다. 금융, 보험, 부동산업(S7)의 경우 정보통신자본 스톡의 증가는 부가가치 산출액의 증가에, R&D 스톡과 정보통신자본 스톡 간에는 상호 인과관계가 존재하고 있다. 개인·서비스업(S8)의 경우에는 정보통신자본 스톡의 증가는 부가가치 산출액의 증가에, R&D 스톡은 정보통신자본 스톡의 증가에 영향을 미치고 있는 것으로 나타나고 있다.

본 연구에서 시도된 Granger-Causality 인과관계 검증을 통한 경제적 의의를 보면, 정보통신자본과 R&D 가 산업별 성장에 대해 인과관계를 갖는 것은 거의 없고, 정보통신자본의 증가가 R&D 에 대해 인과관계를 갖는 경우가 다수 발견되고 있다. 위 결과는 일단 최소한 시계열적 예측이라는 관점에서 연구개발 및 정보통신스톡의 수준이 늘어난다는 사실만으로 산업별 성장이 증가될 것이라는 기대를 할 수 없음을 의미하는 것이다. 하지만 염두에 두어야 할 점은 첫째, Granger-causality 인과관계가 없다는 것이 정보통신이나 R&D 에 투여된 노력이 무용하다는 것을 의미하는 것이 아니며, 둘째, 인과관계 자체만을 놓고 볼 때도 보다 엄격한 시계열 분석을 통하여 확정적인 결론을 얻기까지 잠정적인 해석에 그쳐야 한다는 점이다.

4. 충격반응효과(IMPULSE RESPONSE FUNCTION)분석

이장에서는 본 연구에 상정된 세개의 변수(산업별 부가가치 산출액, 정보통신자본 및 R&D 스톡)로부터의 충격에 의한 변수간 반응을 분석하고자 한다. 즉, 내생변수의 예측오차 분산에 의한 현재 또는 미래의 반응을 추적하고자 한다. 하지만 충격반응효과분석은 변수간 순잡음항간에 상관관계가 존재하지 않는다는 가정하에서 그 효과를 정확하게 추적할 수 있지만 본 연구에서는 통계자료의 저빈도(연간자료) 및 충분치 못한 통계자료 때문에 모호한 결과를 가질 수 있다는 단점을 가지고 있다. 충격반응효과분석 결과는 첨부하였다.

1) 광업(S1)의 충격반응효과

첨부(그림 1)에서 보면 광업(S1)의 성장은 정보통신자본과 R&D 스톡증가에 대한 반응이 거의 없지만, 자체 충격에 의한 반응은 초기부터 규칙적으로 반응하다 장기적으로는 균형에 수렴을 보이고 있다. 정보통신자본은 자체 충격과 R&D 스톡에 의한 충격에 대하여는 균형에 수렴하는 미미한 반응을 보이고 있으나, 부가가치산출액의 변동에 의한 충격에는 불규칙적인 심한 반응을 보이고 있으며, R&D 스톡은 자체충격과 정보통신자본의 변동에 의한 충격에는 미미한 반응을 보이지만, 부가가치 산출액의 변동에 의한 충격에는 불규칙적으로 반응을 보이는 것으로 나타나고 있다.

2) 제조업(S2)의 충격반응효과

첨부(그림 2)에서 보면 제조업(S2)의 성장은 자체변동과 정보통신자본 스톡의 충격에 전혀 반응을 보이고 있지 않다가 장기적으로 반응이 확산되고 있으며, R&D 스톡에 대해서는 거의 반응을 보이고 있지 않다. 정보통신자본 스톡은 부가가치산출액과 자체변동으로 인한 충격에 미미한 반응을 보이다가, 장기적으로 반응이 확산되는 경향을 보이고 있으나, R&D 스톡의 충격에 대해서는 거의 반응을 보이지 않는 것으로 나타나고 있다. 또한 R&D 스톡은 부가가치 산출액과 정보통신자본 스톡의 변동에 의한 충격에는 미미한 반응을 보이다가 장기적으로 반응이 확산되고 있으나, 자체변동에 의한 충격에는 전혀 반응을 보이지 않고 있다. 상기결과는 제조업내 정보통신자본과 R&D 간에 상이한 효과로 인해 전체적으로는 충격에 대한 반응이 미약하게 나타나고 있다.

3) 전기, 가스, 수도업(S3)의 충격반응효과

첨부(그림 3)에서 보면 전기, 가스, 수도업(S3)의 성장은 R&D 스톡의 충격에 대해서는 균형에 수렴하는 안정적인 반응을 보이지만, 자체변동과 정보통신자본 스톡의 변동에 의한 충격에는 초기에 큰 반응을 보이면서 확산되다가 균형에 수렴하는 양상을 보이고 있다. 정보통신자본 스톡은 R&D 스톡의 충격에는 거의 반응을 보이지 않지만, 부가가치산출액의 변동에 의한 충격에는 불규칙적으로 반응을 보이고 있고, 자체변동에 의한 충격에는 초기에 큰 반응을 보이지만 점차 균형에 수렴하고 있음을 보이고 있다. R&D 스톡은 자체변동에 의한 충격에는 균형에 수렴하는 안정적인 반응을 보이지만, 부가가치산출액과 정보통신자본의 변동에 대해서는 불규칙적인 반응을 보이고 있다.

4) 건설업(S4)의 충격반응효과

첨부(그림 4)에서 보면 건설업(S4)의 성장은 R&D 스톡의 변동에 의한 충격에는 거의 반응을 보이고 있지 않지만, 자체변동과 정보통신자본 스톡의 충격에 대해서는 규칙적으로 균형에 수렴하는 반응을 보이고 있다. 정보통신자본 스톡은 R&D 스톡의 충격에는 거의 반응을 보이지 않지만, 자체변동과 부가가치산출액에 의한 충격에는 초기에 큰 반응을 보이다가 균형에 수렴하고 있음을 보이고 있다. 또한 R&D 스톡은 자체충격에는 반응을 보이지 않지

만, 부가가치산출액과 정보통신자본의 변동에 대해서는 균형에 수렴하는 반응을 보이고 있다.

5) 도,소매,음식,숙박업(S5)의 충격반응효과

첨부(그림 5)에서 보면 도, 소매, 음식, 숙박업(S5)의 성장은 정보통신자본 스톡의 충격에 대해서는 미미하지만, 불규칙적으로 반응을 보이고 있고, 자체변동과 R&D 스톡의 변동에 의한 충격에는 불규칙적으로 크게 반응을 보이고 있다. 정보통신자본 스톡은 세 변수의 변동에 의한 충격에 대해서 불규칙적으로 큰 반응을 보이고 있다. 또한 R&D 스톡도 세변수의 변동으로 인한 충격에 대하여 불규칙적으로 큰 반응을 보이고 있다.

6) 운수,창고,통신업(S6)의 충격반응효과

첨부(그림 6)에서 보면 운수,창고,통신업(S6)의 성장은 R&D 스톡의 변동으로 인한 충격에는 전혀 반응을 보이지 않지만, 자체변동과 정보통신자본 스톡의 충격에 대해서는 초기에 미미한 반응을 보이다가 중장기적으로 확산되고 있음을 보이고 있다. 정보통신자본 스톡도 R&D 스톡에 대해서는 미미한 반응을 보이고 있고, 부가가치산출액과 자체변동에 의한 충격에는 초기에 미미한 반응을 보이다가 점차로 반응정도가 확산되고 있음을 보이고 있다. 또한 R&D 스톡도 자체변동에 의한 충격에는 전혀 반응을 보이지 않지만, 부가가치산출액과 정보통신자본 스톡의 변동으로 인한 충격에는 초기에 미미한 반응을 보이다가 점차로 큰 반응을 보이고 있다.

7) 금융,보험,부동산업(S7)의 충격반응효과

첨부(그림 7)에서 보면 금융,보험,부동산업(S7)의 성장은 정보통신자본 스톡의 변동으로 인한 충격에 안정적인 반응을 보이고 있으며, 자체변동에 의한 충격에는 초기에 큰 반응을 보이다가 점차로 균형에 수렴하고 있으며, R&D 스톡의 변동으로 인한 충격에는 불규칙적으로 큰 반응을 보이고 있다. 정보통신자본 스톡은 자체변동에 의한 충격에는 안정적으로 균형에 수렴하고 있으며, 부가가치산출액에 대해서는 초기에 큰 반응을 보이다가 점차로 균형에 수렴하고 있으며, R&D 스톡의 변동에 의한 충격에 대해서도 초기에는 큰 반응을 보이다가 균형에 수렴하는 것으로 나타나고 있다. 또한 R&D 스톡은 정보통신자본 스톡의 변동에 의한 충격에는 균형에 수렴하는 반응을 보이고 있고, 부가가치 산출액과 R&D 스톡의 변동으로 인한 충격에는 초기에 큰 반응을 보이지만 점차로 균형에 수렴하고 있는 것으로 나타난다.

8) 사회 및 개인서비스업(S8)의 충격반응효과

첨부(그림 8)에서 보면 사회 및 개인 서비스(S8)의 성장은 R&D 스톡의 충격에는 균형에 수렴하는 안정적인 반응을 보이고 있지만, 자체변동과 정보통신자본 스톡의 변동으로 인한 충격에는 불규칙적인 반응을 보이고 있다. 정보통신자본 스톡은 R&D 스톡의 충격에는 균형

으로부터 크게 이격되지 않는 것으로 나타나지만, 자체변동과 정보통신자본스톡에 대해서는 점차로 반응의 정도가 확산되고 있음을 보이고있다. 또한 R&D 스톡은 부가가치산출액과 정보통신자본 스톡의 변동으로 인한 충격에 대해서는 불규칙적인 반응을 보이고 있지만, R&D 스톡의 변동으로 인한 충격에는 안정적인 반응을 보이고 있다.

5. 공적분검정

단위근을 갖는 불안정한 변수는 차분함으로써 안정적 과정으로 전환하여 사용할 수 있다. 그러나 이 경우 장기적인 변화에 대한 정보가 유실되는 문제점이 발생할 수 있고, 따라서 장기 분석을 위한 해결은 변수간에 공적분 관계를 찾는 것을 의미하는데, 공적분 관계란 둘 또는 그 이상의 시계열 과정이 개별적으로는 불안정적이라 할지라도 이들을 선형 결합한 함수는 안정적일 수도 있다는 것이다. 즉, 공적분 관계가 존재하는 일련의 변수들은 단기적으로 상호 괴리를 보이지만, 장기적으로는 일정한 관계를 유지할 것이라는 가정에 부합하게 된다는 것이다.

공적분검정에는 여러 가지 공적분 기법들이 소개되어 있지만, 본 연구에서는 Johansen(1991)에 의한 Johansen 검정방법을 이용하여 공적분의 수(cointegration rank)를 결정하는 방법으로 두 변수간 공적분 관계를 발견하기 위한 것이며, 여기서는 각각 첨가된 공적분 방정식에 대한 유사비율통계(likelihood ratio statistic)량을 추정하여 공적분 수[12] 를 결정하는 검정방법이다. 이 방법을 이용한 공적분검정에서 사용되는 추정방정식은 다음과 같다.

두 변수간 공적분 방정식이 다음과 같이 상수항을 포함하는 선형방정식이라 한다면

$$y_t = \mu + \beta x_t \qquad (8)$$

Johansen 검정에서 사용되는 추정방정식은

$$\Delta y_t = \gamma_1 (x_{t-1} - \mu - \beta y_{t-1}) + \varepsilon_{1,t}, \qquad (9)$$

검정통계량은 위의 두개의 식을 추정함으로써 계산되는 유사비율통계량(likelihood ratio statistic)이며, 귀무가설은 공적분 관계가 없다는 것에 대하여 유사비율통계량(likelihood ratio statistic)이 유의성을 갖고 귀무가설을 기각하면 y 와 x 의 두 변수간에 공적분 관계가 성립함을 의미한다. 위와 같은 추정방정식에 기초하여 분석대상인 3 개의 내생변수간에 존재하는 공적분관계의 유무를 검정한 결과는 아래 <표 5>에 제시되어 있다.

[12] 본 실증분석에서 3 개의 내생변수에 대하여 만약 3 개의 공적분 방정식이 존재한다면 VAR 모형에 사용된 시계열에 의한 추정치에 대한 경제적의의를 발견하기 어렵게 된다.

<표 5> 국내 산업별 변수간 Johansen 공적분 검정결과

분류기호	TPS ⇔ RDS	RDS ⇔ ITS	ITS ⇔ TPS
광업(S1)	19.15*	25.72**	16.89*
제조업 (S2)	12.99	22.77**	13.35
전기,가스 업(S3)	27.25**	23.32**	19.63*
건설업 (S4)	21.73**	14.89	14.67
도,소매,숙 박업(S5)	7.59	36.64**	11.76
운수,창고 업(S6)	22.62**	25.20**	30.33**
금융,보험 업(S7)	12.67	29.70**	13.16
사회 및 개인서비 스(S8)	7.58	36.50**	7.01

주: (1) **(*)는 1%(5%)의 유의수준에서 유의함을 나타냄.

(2)모형(9)로부터 1%(5%)유의수준에서의 유사비율통계(Likelihood Ratio)는 20.04, 15.41 임.

<표 5>의 결과에 의하면 광업(S1)의 경우에는 세변수간 유의한 공적분 관계를 보이고 있고, 제조업(S2)의 경우에는 정보통신자본스톡과 R&D 스톡간의 공적분 관계를 제외하고는 타 변수간에는 장기적인 균형관계를 찾을 수 없으며, 전기,가스,수도업(S3)의 경우에는 세 변수간 공적분 관계를 확인할 수 있으므로 장기적인 균형관계를 가진다고 할 수 있다. 건설업(S4)의 경우에는 부가가치 산출액과 R&D 스톡간에만 장기적인 공적분 관계를 가질 뿐 나머지 변수에 대해서는 공적분 관계를 확인할 수 없다. 도,소매,음식,숙박업(S5)의 경우에는 R&D 스톡과 정보통신자본간에만 장기적인 공적분 관계를 확인할 수 있고, 타변수에 대해서는 공적분관계를 확인할 수 없다. 운수,창고,통신업(S6)의 경우에는 세 변수간 공적분관계를 확인할 수 있다. 금융,보험,부동산업(S7)과 사회 및 개인서비스업(S8)의 경우에는 R&D 스톡과 정보통신자본 스톡간에는 공적분관계를 확인할 수 있지만 타 변수간에는 확인할 수 없다. 전산업에 걸친 공적분 검정에서도 R&D 스톡과 정보통신자본 스톡간에만 장기적인 공적분 관계를 확인할 수 있고, 타 변수에 대해서는 확인할 수 없는 것으로 나타나고 있다.

III. 요약 및 결론

국내 산업부문별로 내재된 정보통신자본과 R&D 스톡의 잠재적인 효과를 파악하기 위한 분석에서 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있었다.

변수간 상호 인과관계를 분석하기 위한 Granger Causality 검정에서는 <표 4>에서 제시된 결과를 볼 때 다수의 산업에서 산업별 성장, R&D, 그리고 정보통신 자본간에 유의미한 인과관계가 존재하고 있다고 말하기 어렵다. 즉, 이상의 인과관계 분석결과는 산업별 성장과

R&D 및 정보통신 자본간에 시계열적 관점에서 인과관계를 다수 발견할 수 없다는 것으로 요약될 수 있다. 하지만, 인과관계 자체만을 놓고 볼 때도 보다 엄격한 시계열 분석을 통하여 확정적인 결론을 얻기까지 잠정적인 해석에 그쳐야 한다는 점이다.

또한 변수간의 오차변동에 의한 충격반응효과 분석에서는 산업별로 다양한 반응효과를 보이고 있어서 정보통신자본과 R&D 의 변동으로 인한 충격에 산업별로 반응이 다양하게 나타나고 있으며, 산업별 성장의 변동도 정보통신자본 및 R&D 에 산업별로 다양한 반응을 보이고 있는 것으로 나타나고 있다. 다시 말하면, 일부 산업에서는 정보통신자본과 R&D 가 긍정적인 기여를 하는 산업도 발견할 수 있었으나, 많은 수의 산업에서는 여타 투자에 비해 더 높은 효과를 가져다 주지 못하는 것으로 나타나고 있다. 즉, 아직 대부분의 산업에서 정보통신자본과 R&D 가 생산과정에 완전히 체화되지 못한 단계로 볼 수 도 있을 것이다. 마지막으로 Johansen Test(1991)에 의한 공적분 검정결과에서는 <표 5>의 결과에서 보듯이 세부산업별로 변수간 다양한 공적분 관계를 보이고 있어서 향후 연구 시 공적분관계가 발견되는 세부부문별로 벡터오차수정모형(VEC)를 통한 분석이 선행되어야 함을 알 수 있다.

본 연구의 의의는 시계열 분석에 의한 국내 산업부문별 정보통신자본과 R&D 스톡이 산업별 성장에 미치는 영향을 변수간 상호인과성 검정과, 변수들의 오차분산에 의한 변동으로 인한 변수간 현재 및 미래의 충격반응효과분석이라는 측면에서 국내 산업에 중요한 경제적 의의를 가진다고 할 수 있다. 하지만 연간자료의 사용제약으로 인한 분석에는 한계가 있을 수 있다는 점을 지적하고 싶고 향후 이러한 점을 보완할 수 있는 패널자료분석이 추가로 병행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

국민계정 (Quarterly National Accounts), 한국은행, 2000,

신일순, 송재경, 정보기술의 발전이 생산성에 미치는 영향에 대한 몇 가지 가설의 검증, 정보통신정책연구원, 1999.7.

신일순, 정부연, 정보화 정책지표 개발 방법론 연구 - 정보기술 이용자료 추계 및 분석을 중심으로, 정보통신정책연구원, 1997. 12.

이기동, 섬유산업의 정보화와기업성과, 국제경제연구 제 6 권 제 2 호 pp. 145-174, 2000

한국은행, 산업연관분석 해설, 1987

한국전산원, 정보화 통계집, 1999.

홍동표, 정시연, 산업연관 분석을 이용한 정보통신산업의 국민경제적 기여도 분석 (1985~1995), 정보통신정책연구원, 1998

통계청, 정보통신산업통계보고서, 1998.

표학길, 한국의 산업별,자산별 자본스톡추계, 한국조세연구원, 1998,

표학길, A Synthetic of the National Wealth of Korea, 1953-1990, 1992

Brynolfsson, E. and L.M. Hitt (1998), Beyond the productivity paradox: Computer are the catalyst for bigger changes, Communications of the ACM 41(8), 49-55

Dickey, D.A & W.A. Fuller(1979), " Distribution of the Estimates for Autoregressive Time series with a Unit Root," Journal of American Statistical Association, 74, pp.427-31.

Grossman. G. M. & C. Shapiro(1986), " Optimal Dynamic R&D Programs," RAND Journal of Economics, Vol17(4),pp.581-593.

Jorgenson, D.W. & K. Stiroh(2000), Information Technology and Growth.

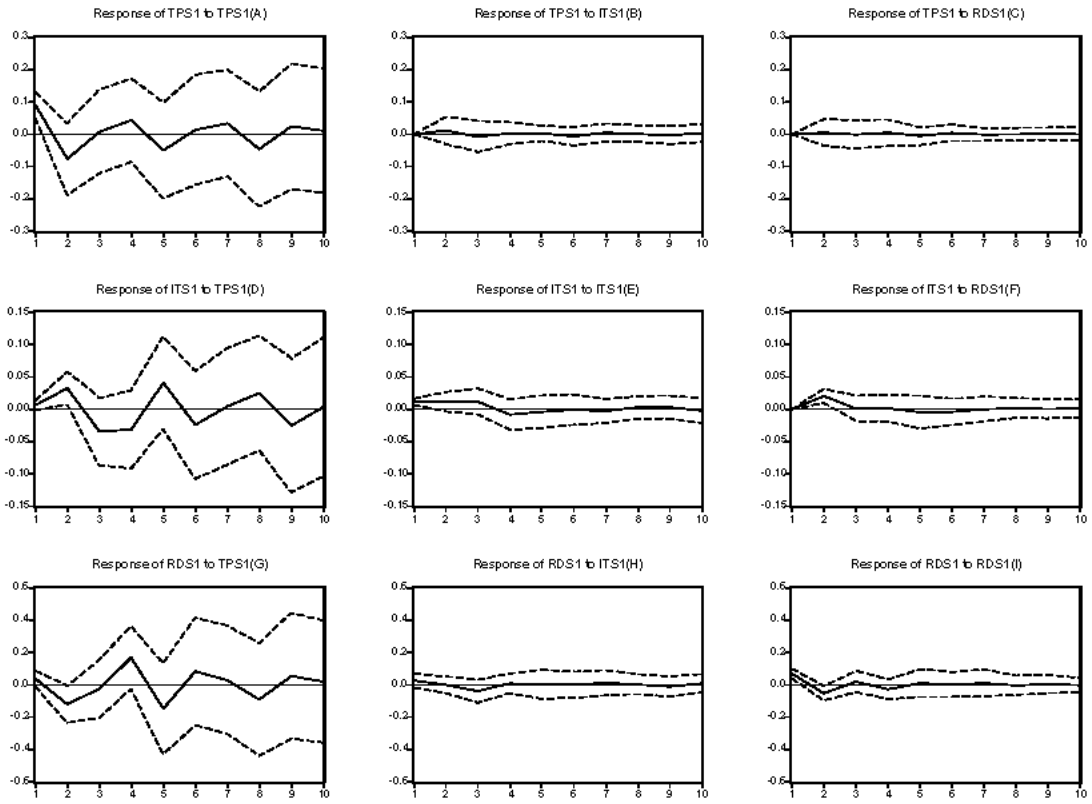
Johansen, Soren(1991)., " Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models," Econometrica, 59, pp1551-1580

Oliner, S.D. & D.E. Sichel(2000), The Resurgence of Growth in the Late 1990s : Is Information Technology the Story?, "Finance and Economics Discussion Series" # 2000-20 (Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.)).

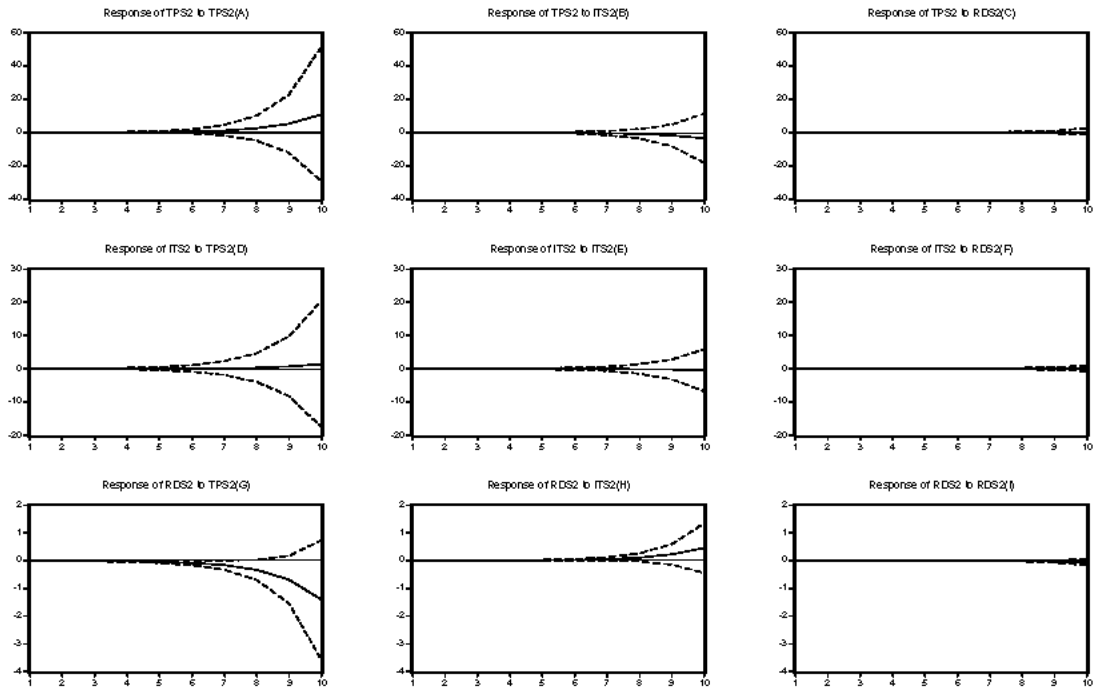
Phillips, P.C. & P. Perron(1988), " Testing for a Unit Root in Time Series Regression," Biometrika, 75(2),pp.335-346

Sims, Christoper A.(1980), " Macroeconomics and Reality," Econometrica, 48, pp.1-48.

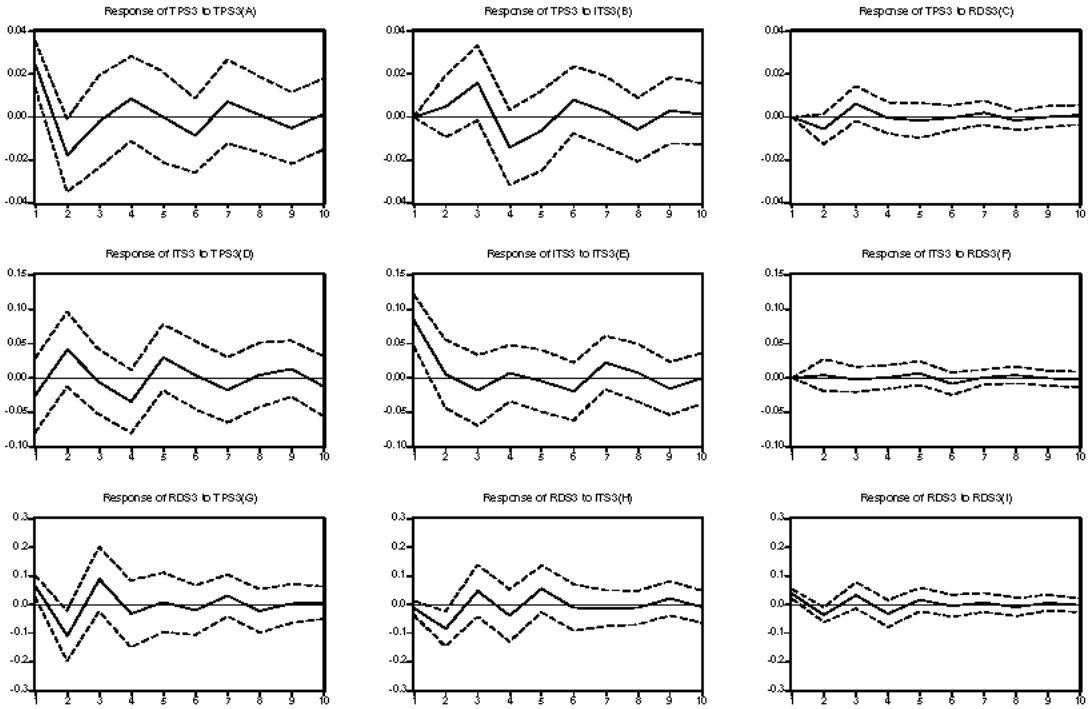
Sichel, D.E.(1999), " Computers and aggregate economic growth : an update, Business Economics, April," v34, i12, pp18(7).



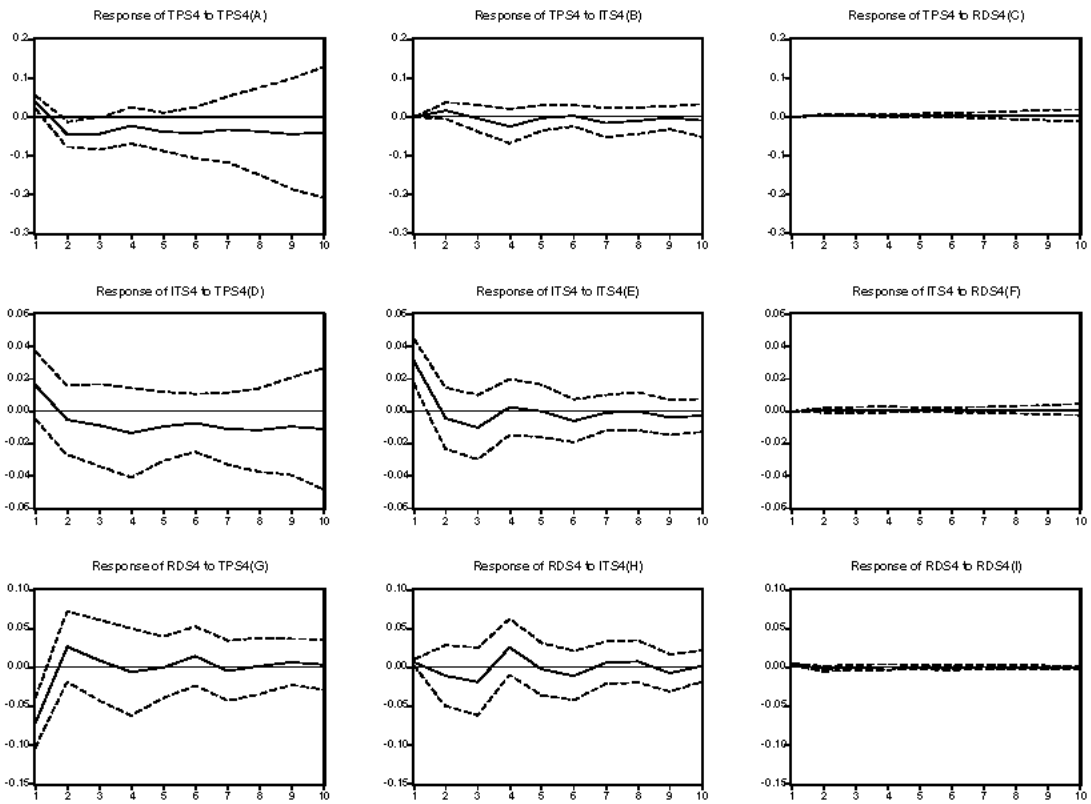
(그림 1) 광업(S1)의 충격반응효과



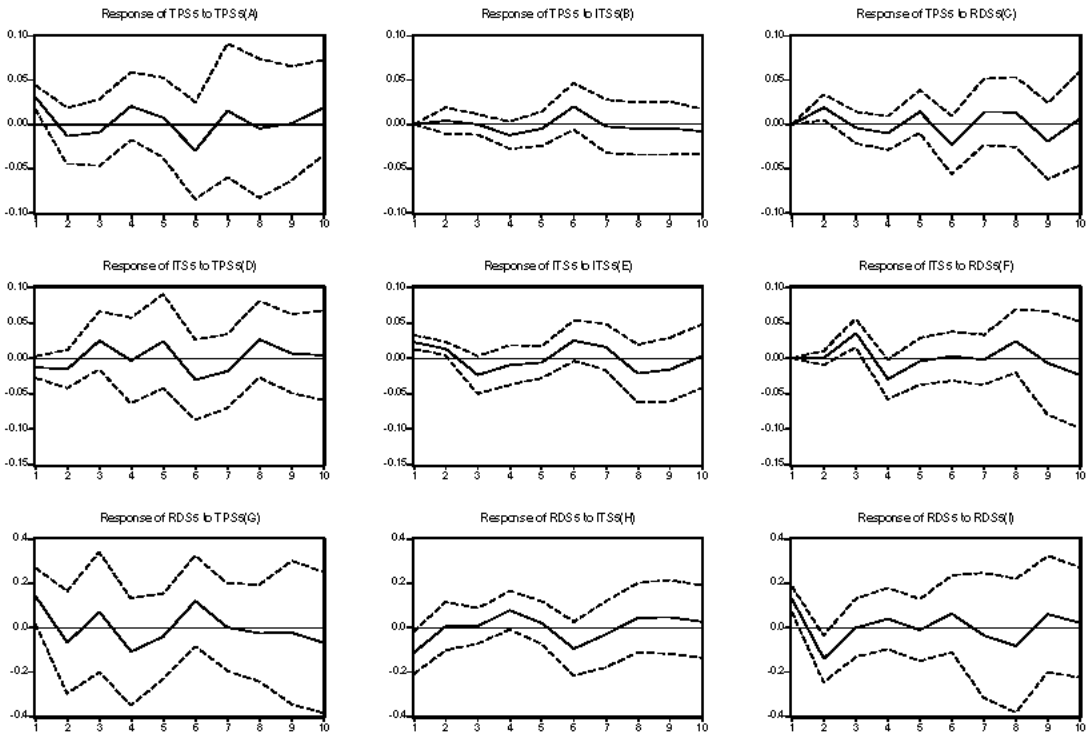
(그림 2) 제조업(S2)의 Impulse Response Function



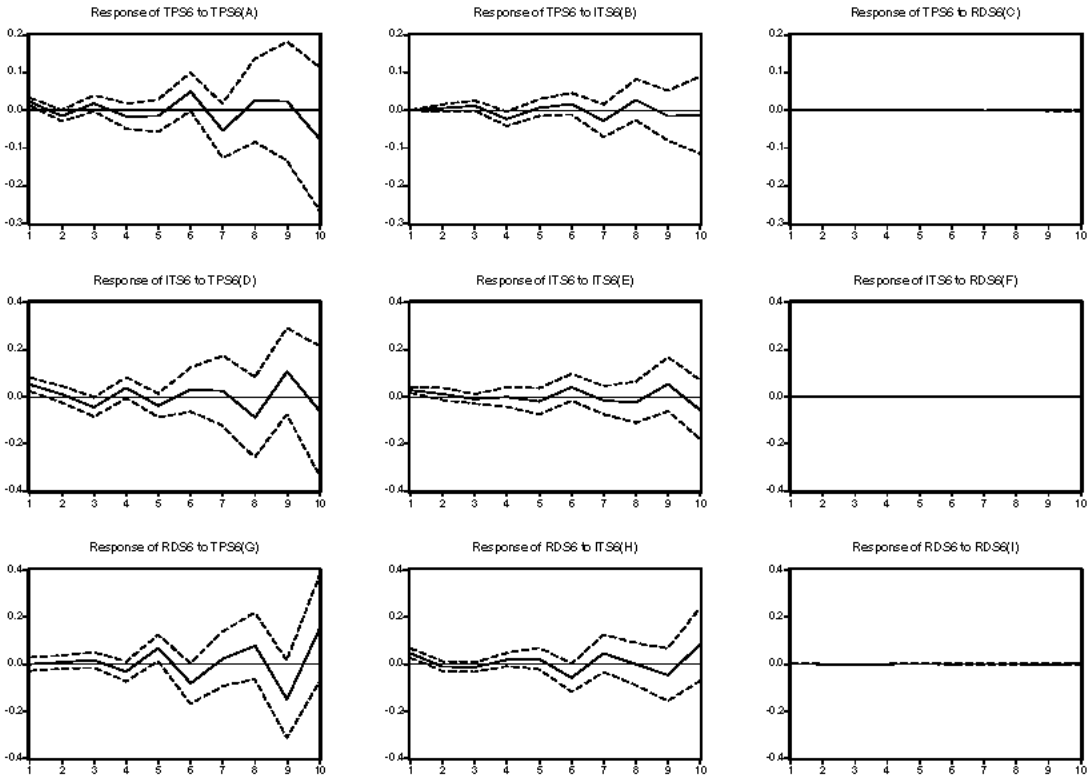
(그림 3) 전기,가스, 수도업(S3)의 충격반응효과



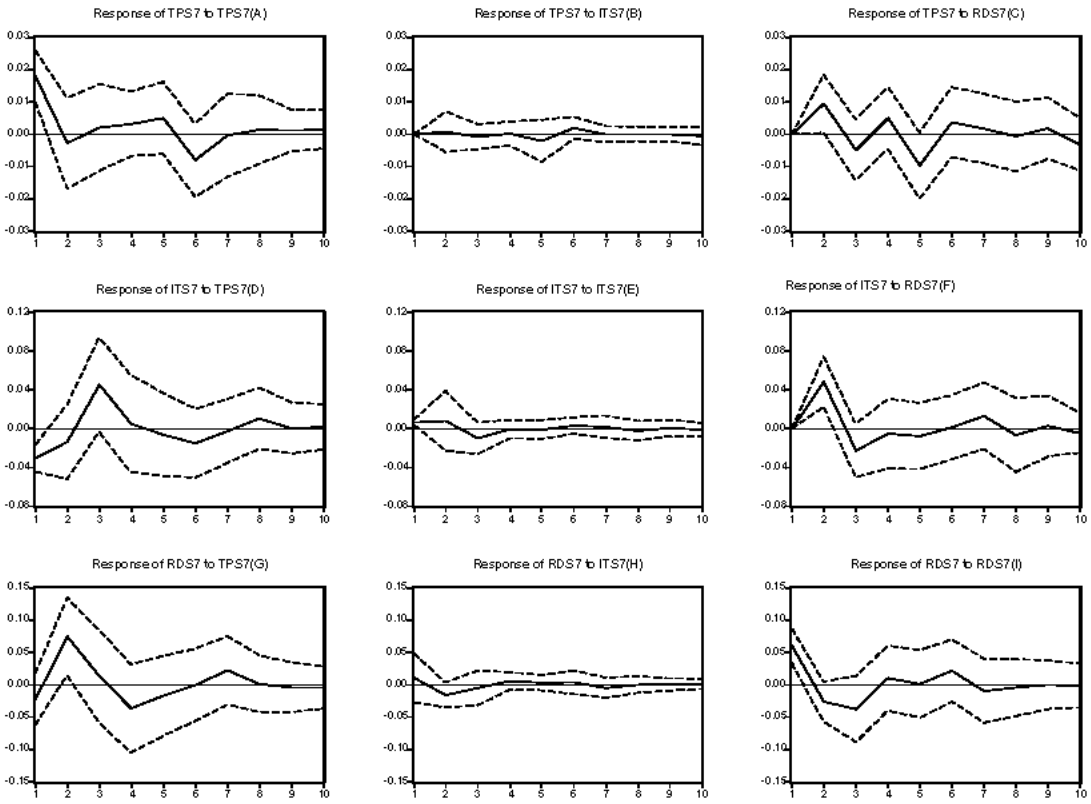
(그림 4) 건설업(S4)의 충격반응효과



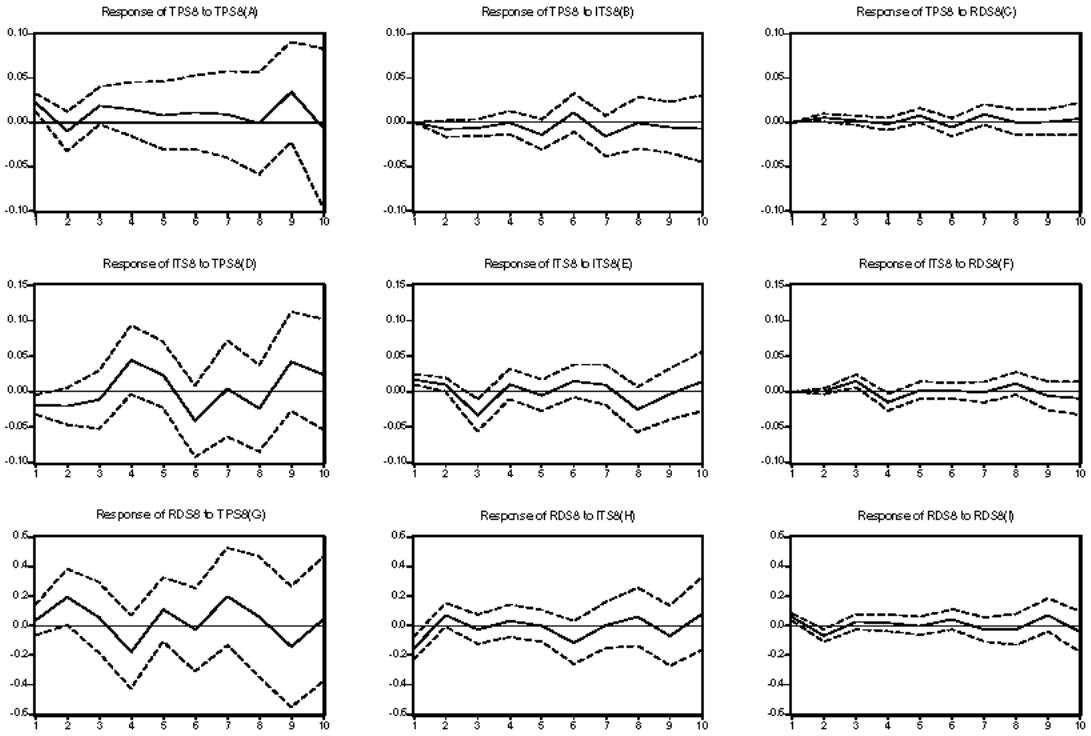
(그림 5) 도,소매,음식,숙박업(S5)의 충격반응효과



(그림 6) 운수,창고,통신업(S6)의 충격반응효과



(그림 7) 금융,보험,부동산업(S7)의 충격반응효과



(그림 8) 사회 및 개인서비스업(S8)의 충격반응효과