

정보통신산업 공공 연구개발(R&D)투자의 파급효과 분석

†양창준* · 홍정식** · 고상원***

Impulse Responses Analysis of Government and Public Sector R&D in IT Industry

†Chang joon, Yang · Jung sik, Hong · Sang won, Ko

■ Abstract ■

We investigate the effect of government and public sector R&D investment at IT industry on the amount of production, export and nongovernment R&D investment at IT industry. We, firstly, examine the stationarity of each variable by the unit root t-test and perform the co-integration test for the pairs of variables. We use VECM(Vector Error Correction Model) according to the results of co-integration test for the examination of Granger-causality between variables. It is found that there exist an Granger-causality between public sector R&D investment and nongovernment R&D investment and also between public sector R&D investment and export. Secondly, we analyze the impulse response of government and public sector R&D investment at IT industry on the amount of production, export and nongovernment R&D investment at IT industry based on VECM model. It is found that the response of the amount of production is highest at 3th period and is lowest at 8th period and that of export shows similar pattern.

Keywords : Government and Public R&D Investment, IT R&D Effect, VECM, Granger Casualty, Impulse Response Function

논문접수일 : 2008년 08월 01일 논문수정일 : 2008년 10월 21일 논문게재확정일 : 2008년 10월 31일

* 서울산업대학교 IT정책전문대학원, 한국정보통신산업협회 IT통계정보센터 IT연구부문 부장(팀장)

** 서울산업대학교 산업정보시스템공학과 교수

*** 정보통신정책연구원 미래융합전략연구실 실장

† 교신저자

1. 서 론

1.1 IT산업 현황

IT산업은 국민 경제 성장에 필요한 중요한 국가 인프라로서, 우리 국민의 삶의 질을 높이는 데 기여한 공이 매우 크다. 한국은행의 발표에 따르면, <표 1-1>에서 보는 것과 같이, IT산업의 성장률은 2007년도에 전체산업의 성장률보다 2배 가까이 되는 9.5%이며 IT산업 GDP비중도 2002년도에 11.1%에서 2006년도에 16.9%에 이르는 등 꾸준한 성장세를 이어가고 있다.

<표 1-1> IT산업의 성장률 및 비중(실질, %)

구 분	2002	2003	2004	2005	2006	2007 ^P
전산업 성장률	7.0	3.1	4.7	4.2	5.1	5.0
IT산업 성장률	17.6	14.2	17.5	13.5	13.3	9.5
IT산업의 GDP 비중	11.1	12.3	13.8	15.0	16.2	16.9

자료 : 한국은행(각분기 보도자료), p는 잠정치.

그러나, <표 1-2>에서와 같이, IT산업은 1990년부터 1999년까지 생산액에 대한 연평균 성장률은 22.6%로 전체산업의 11.7%에 비해 2배에 달하고 있어 IT산업이 전체산업의 성장을 견인했다고 할 수 있으나, 2000년부터 2006년까지 IT산업의 성장률(8.9%)과 전체산업 성장률(8.4%)이 동조화 현상을 보이고 있다. 또한 수출 면에서도 1990년대에는 IT산업의 성장률(13.4%)이 전체산업의 성장률(10.2%)을 앞지르고 있었으나, 2000년 이후에는 오히려 IT산업 성장률(10.2%)은 전체산업 성장률(11.2%)보다 다소 떨어지는 현상을 보이고 있다. 이는 그동안 IT산업의 성장이 고속·압축 성장을 하였으나, 최근 몇 년 동안은 성장동력이 다소 미흡했다는 반증이기도 하다. 물론 IT산업이 매출액 중 수출액이 70% 이상을 차지하는 수출 의존형 산업임을 감안하면, 환율·유가 등 대외변수들의 불

안정성에 의해 IT산업의 성장률은 일정부분 제약을 받는 측면이 있다. 그럼에도 불구하고, IT산업은 초고속인터넷 가입자 정체, 이동통신 가입자의 포화상태를 고려하면, 새로운 성장동력 마련을 위한 고심이 필요한 때라고 할 수 있다.

<표 1-2> IT산업과 전체산업간 연평균 성장률 (단위 : %)

구 분		CAGR(1990~1999)	CAGR(2000~2006)
생산액	전체산업	11.7%	8.4%
	IT산업	22.6%	8.9%
수출액	전체산업	9.2%	11.2%
	IT산업	13.4%	10.2%

주) CAGR(Compound Annual Growth Rate) : 연평균 증가율.

자료 : 중소기업중앙회(중소기업현황 각년도), IT산업 -한국정보통신산업협회(KAIT).

원자료 : 통계청, 광업제조업통계조사, 각년도에서 가공.

1.2 연구의 의의

IT분야에서 새로운 성장동력을 찾기 위해서는 IT분야 투자가 활성화되어야 한다. 투자확대는 일자리 확충으로 이어지고, 일자리 확충은 소비확대, 경기회복으로 이어지며, 이는 다시 투자확대로 이어지는 선순환고리에서 투자는 시발점이 되고 있다. 그런데, 이러한 투자가 효율적으로 이루어지기 위해서는 그간의 IT분야 투자의 경제적 파급효과를 깊이 있게 분석하여야 한다. IT투자가 타 산업에 미치는 파급효과에 대해서는 여러 전문가들이 분석을 하였으나^{6, 13, 14}, IT투자가 IT산업 자체에 미치는 영향에 대한 심층적인 연구는 미흡하였다.

본 연구에 사용할 IT부문 투자 통계는 한국산업기술진흥협회(Korea Industrial Technology Association, 이하 KOITA)에서 생산하는 통계를 사용하였으며, KOITA 통계는 MIC분류¹⁾를 토대로 하여

1) MIC(정보통신부, Ministry of Information and Communication)분류의 고유 명칭은 “정보통신부문 상품 및 서비스분류”로서, 통상 ‘MIC분류’라 하며 1994년

<표 1-3> 연도별 연구개발비, 생산액 및 수출액

연도	IT분야 연구개발비 (억원)		IT품목 생산액 (억원)	IT품목 수출액 (백만\$)
	공공R&D	민간R&D		
1993	1,887	8,988	256,908	14,363
1994	3,046	13,297	343,978	20,210
1995	3,826	29,139	514,526	31,721
1996	4,464	35,464	594,411	38,404
1997	6,785	43,393	755,310	38,504
1998	4,003	39,795	898,883	36,061
1999	3,354	58,067	1,178,357	48,493
2000	3,300	61,105	1,531,873	63,089
2001	7,720	63,379	1,609,104	48,476
2002	11,196	60,995	1,860,866	57,126
2003	9,624	68,839	1,991,783	70,549
2004	11,399	92,308	2,292,323	93,681
2005	12,028	100,802	2,381,081	102,333
2006	13,656	116,627	2,561,127	113,261
보고서명	정보통신연구개발통계조사보고서(각연도)		정보통신산업통계연보(각연도)	정보통신산업통계연보(각연도)
자료출처	한국산업기술진흥협회(KOITA)	한국정보통신산업협회(KAIT)	한국정보통신산업협회(KAIT)	한국정보통신산업협회(KAIT)

KSIC(Korea Standard Industry Classification)와 연계하여 재분류를 통해 통계를 생산하고 있다. 그리고 MIC분류와 KSIC 코드를 정확하게 연계하는 것은 매우 어렵다. 통계의 기본단위는 '사업체'이며, 사업체가 겸업을 하는 경우에 MIC 품목분류와 KSIC분류간 연계가 어렵기 때문에 통계청에서도 분류체계를 연계하여 '광업·제조업 실태조사'에 적용하고는 있으나, 통계를 적용할 때에는 산업통계와 품목통계는 별개로 제공하고 있다. 본 연구에 사용된 자료는 <표 1-3>와 같으며 생산액은 연간 생산액으로서 부가세를 포함한 공장도가격의 총액

을 의미한다[17]. IT 품목에 대한 생산액은 'MIC분류'에 따라 해당품목을 생산하는 기업의 IT 품목 생산액의 총 합계라 할 수 있다. IT수출액은 관세청의 통관기준에 의한, 수출면장에 나타난 본선인도가격 기준의 제품 수출 총액을 사용하였으며, HS_code 10단위 자료를 통해 IT 품목에 대한 통계를 산출한 것이다. IT분야 연구개발비는 정부 등 공공기관에서 IT산업에 투자한 연구개발비(이하 '공공R&D')와 기업 등 민간기관에서 IT산업에 투자한 연구개발비(이하 '민간 R&D')로 구분하며 이는 KOITA에서 매년 조사하여 발표하는 자료를 사용하였다. 본 연구의 시계열 분석을 위해 많은 데이터가 필요하기 때문에 생산액과 수출액은 1993년부터 산출한 분기자료이며, 연구개발비는 연간자료를 분기별 자료로 확장하여 분석을 실시하였다.

<표 1-3>의 데이터를 토대로, 본 연구에서는 공공부문 R&D투자의 경우, 몇 년 후에 최대 효과가 발생하는지, 그 파급효과의 규모에 대하여 분석하였다. 연구방법으로는 VECM(Vector Error Correction Model)모형을 사용하였다. 모형의 설명변수는 공공R&D 투자액이며, 종속변수는 IT분야 생산액과 수출액, 그리고 IT분야 민간 R&D투자액을 설정하였다.

본 연구의 의의를 기술하면 다음과 같다. 첫째, 기존의 연구는 투입산출법에 의한 파급효과를 분석하였으나 본 연구는 통계를 적용한 시계열분석을 기반으로 하여, 계량경제학에서 주로 사용하는 소프트웨어 솔루션을 활용하여 공공R&D 투자가 기업의 IT생산액과 IT수출 및 민간 R&D에 미치는 파급효과를 실증적으로 분석하였다. 둘째, 기존의 연구는 포괄적인 산업에 대한 자료 수집을 토대로 전체산업과 IT산업간 비교 등을 주제로 다루었으나, 본 연구는 생산액의 경우는 매월 400여 IT 품목 및 서비스를 세분화하여 표본 조사한 결과를 토대로 하였으며, 수출액은 관세청 통관기준에 의한 품목별 세분화된 자료를 토대로 집계하여 기존 연구보다 데이터의 신뢰성 측면에서 개선되었다. 셋째, 공공의 연구개발투자가 시장에 미치는 파급

한국전자통신연구원(ETRI), 통신개발연구원(현 KISDI) 등 7개 기관이 공동개발하여 한국정보통신산업협회(KAIT)에서 연·월보 등에 사용하고 있으며, 2003년부터 매해 이용자 의견수렴을 거쳐 개정작업을 통해 통계작업을 수행함.

효과를 계량적인 분석방법으로 시도해 봄으로써 향후, 반도체, 소프트웨어 등 산업뿐만 아니라, LCD 패널, 무선휴대인터넷(WiBro) 분야 등 세부 분야별로 인과관계, 파급효과(Impulse response) 분석 등에 본 연구에서 제시된 분석절차가 적용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 제 2장에서는 유사사례 및 연구모형을 기술하고, 제 3장에서는 단위근검정 및 공적분 검정, Granger 인과성 검정, VECM 모형, 그리고 충격반응분석 등 실증분석을 실시하며, 제 4장에서는 결론을 제시한다.

2. 기존사례 연구 및 연구모형

2.1 연구개발(R&D) 투자의 경제적 파급효과

IT부문 투자가 국가 경제에 미치는 파급효과에 대한 연구는 2000년도부터 본격적으로 시작되었다. 윤충한[14] 등은 “정보통신 연구사업의 국가경제에 대한 파급효과 및 기여도 분석”에서 민간의 연구개발투자가 GDP에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구는 기업 재무제표를 이용하여 “영상, 음향 및 통신장비 제조업”을 중심으로 총 61개 기업에 대하여 1980년에서 1998년까지의 자료를 대상으로 Cobb-Douglas 생산함수 모형을 토대로 분석을 실시하였다. 또한, 윤충한[13]은 ‘IT기업 R&D투자의 파급효과 추정’이란 연구에서 기업의 연구개발비, 기업의 순금융비용, 기업의 산출량, 기업의 노동투입, 기업의 자본투입 등 독립변수가 기업의 부가가치와 총요소생산성 증대에 미치는 파급효과를 Cobb-Douglas 생산함수 추정모형에 의해 추정하였다. 유홍림[12]은 ‘중소기업 R&D 지원정책 성과의 영향요인에 관한 실증연구’에서 독립변수를 연구개발 인력, 기업의 연구개발비로 하고 종속변수로는 기술적 성과, 상업적 성과 변수를 사용하여 설문조사를 통한 다중회귀분석 방법으로 연구하였다.

김정언 외[7]은 IT산업에 대한 파급효과를 분석

한 결과에서, 산업내 파급효과 중 같은 산업에 포함된 국내 기업들의 총 특허건수는 국내 개별기업들의 기술혁신 활동에 유의하고 긍정적인 영향을 주는 것을 보여주었다. 따라서 국내 기업들의 특허출원은 기업들에게 정보습득 및 학습통로로 작용하여 기업들은 이 기술을 기초로 새로운 기술을 개발하고 공정을 혁신하는 기술혁신활동을 촉진한 결과로 해석된다. 반면에 외국인 특허출원은 국내 기업들의 기술혁신 활동에 긍정적인 영향을 주지는 못하는 것으로 나타났다. 연구개발 투자의 효과를 분석한 기존 연구결과를 정리하면 <표 2-1>과 같다[6, 8, 11, 16, 25].

한편, 고상원 외[3]은 IT부문의 요소산업인 소프트웨어 산업의 파급효과가 어떠한 산업에서 중요하게 나타나는지를 살펴보기 위해 Rits-Spaulding의 승수(RS 승수) 분석을 실시하였다. 연구결과 개별 소프트웨어 산업에 대한 영향이 큰 5개의 산업을 순위별로 부동산 및 사업서비스(0.21), 금융 및 보험(0.03), 통신 및 방송(0.03), 음식점 및 숙박(0.03), 화학제품(0.02) 순으로 나타났다. 즉 소프트웨어 산업에서 1원만큼 산출량이 증가할 때 부동산 및 사업서비스 분야는 0.21원의 산출량이 증가한다는 결론을 내리고 있다.

위의 연구결과들은 주로 정태적인 측면의 분석에 한정되어 있다. 최근에는 보다 동태적이고 실증적인 분석에 대한 시도가 많이 이루어지고 있다. 김병우[6]은 R&D와 물적 투자간 관계를 알아보기 위해 실증분석을 시도하였다. 실증분석은 1) Granger 인과관계 검정, 2) 횡단면 분석, 3) 패널자료 분석, 4) 장기균형관계 분석 등 네 가지 시각으로 접근하였다. 실증분석 결과, 공공 R&D가 민간 R&D를 유발하기 위해서는 최소 4년 그리고 민간 R&D가 설비투자로 이어지기까지 추가로 2년이 소요된다고 하였다. 또한, R&D투자의 설비투자 유발효과를 증대하기 위해서는 R&D투자의 양적 확대뿐만 아니라 사회 전체의 혁신역량을 강화하는 것이 필요하다고 주장하였다.

<표 2-1> 기존연구의 비교

구 분		권남훈 등 (2000)	윤중환 (2003)	김종권 (2003)	유홍립 (2007)	김병우 (2007)
참고 문헌		[15]	[14]	[8]	[13]	[7]
종속 변수	중요소생산성		○			
	국민총생산(GDP)	○				
	기술적 성과 (기술이전건수, 특허출원건수 등)				○	
	상업적 성과 (매출액 증가, 비용절감 효과)				○	
	수익성(경상이익)			○		
	전체산업 설비투자					○
독립 변수	부가가치액		○			
	총종사자 수		○			
	연구개발인력				○	
	자본금(유형자산)		○			
	개별기업연구개발비	○	○	○	○	
	IT산업연구개발비	○	○			
	전체 및 비IT산업 연구개발비	○	○			○
	기초·융용연구비	○				
분석틀	Cobb-Douglas 추정 모형	Cobb-Douglas 추정 모형	VAR모형	설문조사(344개 업체)에 의한 다중회귀분석	VECM모형	

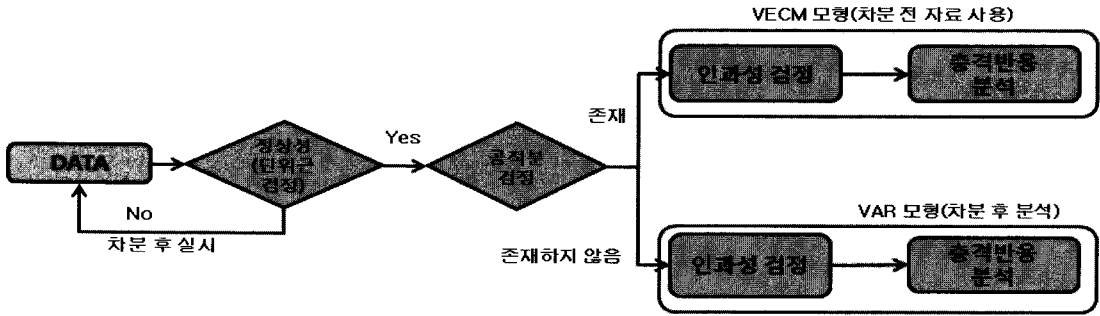
2.2 연구모형

거시경제지표에서 가장 중요한 지표인 생산, 수출 및 물가 등을 3대 지표라 한다. 이와 달리 산업에 대한 경기를 파악 하는데 있어서는 생산, 수출, 고용 지표가 더 의미가 있다. 이를 말해주듯 기존 연구에서 생산액과 수출액 및 고용은 가장 많이 사용되는 측정항목 들이다. 사례분석 결과를 토대로 설명변수로는 R&D 투자액의 합계를 선정하였으며, 종속변수는 중요소생산성의 중요항목인 생산액과 수출액을 선정하였다. 그런데, R&D 투자액은 공공 R&D와 민간 R&D로 나누어진다. 민간 R&D는 기업 자체적으로 결정되는 항목이므로, 본 논문에서는 연구결과의 정책적 활동을 위해 공공 R&D 투자액을 설명변수로 설정하였고, 민간 R&D 투자액은 종속변수로 설정하였다. 중요소생산성의 중요한 항목인 고용인자는 데이터의 정합성을 고려하

여 종속변수에 포함하지 않았다. 그 이유는 IT 품목에 대응하는 생산에 기여한 종사자를 분리해서 산출하고자 할 때, 객관적인 분리 기준을 정립하기가 매우 힘들기 때문이다.

따라서, 본 연구에서는 IT부문 공공 R&D를 독립변수로 설정하고, IT부문 생산액과 수출액 및 민간R&D를 종속변수로 하여, 공공 R&D의 경제적 파급효과를 분석하고자 한다. 이 경우 기본적인 분석모형은 회귀분석을 토대로 하고 있다. 그러나 독립변수와 종속변수 모두 시계열 변수이므로 단순 회귀분석으로는 한계가 있다. 시계열 변수간의 상관관계 및 독립변수의 파급효과를 정확히 분석하기 위해서는 Granger 인과분석과 충격반응분석 모형이 보다 적합하다고 할 수 있다.

Granger 인과성분석과 충격반응분석을 하기 전에 개별 단위의 시계열이 정상성이 있는지를 확인



<그림 2-1> 연구모형

하는 단위근 검정과 개별시계열간 공적분 검정을 실시하여야 한다[1, 9]. <그림 2-1>은 이러한 분석 방법론에 따른 연구모형을 보여주고 있다. 공적분 검정을 실시한 결과 시계열간 공적분이 존재하면 VECM을 적용한다. 그 이유는 변수간의 고유 특성을 보전한 상태에서 분석하기 위한 것이다. 개별 변수들이 불안정하더라도 변수들의 선형결합이 안정적인 특성을 가질 때, 이들 회귀모형은 공적분 관계에 있다고 한다[16]. 따라서, 공적분 검정은 개별 시계열이 단위근을 가지고 있더라도 이들 시계열간에 가성적(spurious) 관계가 성립하지 않을 조건을 발견하도록 함으로써 회귀분석의 결과를 의미있게 할 수 있다는 데 의의가 있다.

3. 실증분석

3.1 단위근 검정과 공적분 검정

시계열 분석이란 시간이 지남에 따라 연속해서 관측된 자료를 분석하는 것을 말한다. 회귀분석에서 사용되는 자료는 주로 시계열 자료이며, 시계열 분석과 회귀분석을 결합한 모형을 시계열회귀모형(time series regression model)이라고 한다. 시계열 회귀모형 적용시 시계열 자료가 비정상성(non-stationarity)을 가지고 있으면 기존의 통계적 추론 과정에 오류가 발생한다. 정상성(stationarity)이란 시간에 관계없이 평균과 분산이 일정한 성질을 말

한다[15].

$$\text{즉, } \mu_t = \mu, \sigma_t^2 = \sigma^2 \text{ for all } t$$

시계열 자료가 정상성인지 비정상성 인지를 살펴보기 위해 단위근(unit root test) 검정을 실시한다. 주요 단위근 검정 방법으로는 ADF(Augmented Dickey Fuller)검정과 PP(Phillips-Perron)검정법 등이 있다. 본 논문에서는 비정상성을 검정하는 방법들 중 가장 많이 사용되고 가장 신뢰할 만한 검정으로 알려진 ADF 검정을 실시한다[5, 15, 16, 20].

ADF 검정시 검정회귀식에 포함된 시차변수의 시차길이는 AIC(Akaike Information Criteria)와 SIC(Schwarz Information Criteria)기준에 의해 최소값을 갖는 시차를 적정시차로 결정한다[5, 9, 16]. ADF 검정절차는 다음과 같이 t-검정방법으로 수행된다. 자세한 내용은 이홍재[16]를 참조하라.

시계열 Y_t 가 AR(1) 모형일 경우,

$$Y_t = \beta Y_{t-1} + e_t \quad (3-1)$$

$$Y_t - Y_{t-1} = \beta Y_{t-1} - Y_{t-1} + e_t$$

$$\Delta Y_t = (\beta - 1)Y_{t-1} + e_t \quad (3-2)$$

$\delta = (\beta - 1)$ 로 두면, 식 (3-2)는 다음과 같이 대

제할 수 있다.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + e_t \quad (3-3)$$

여기서, e_t : 오차항

식 (3-3)를 AR(p) 모형으로 확장하되, 시차추세가 있는 경우와 상수항이 없는 경우를 고려하면, 다음 세가지 회귀식이 도출된다.

$$\Delta Y_t = \beta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (3-4)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (3-5)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \gamma T + \beta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (3-6)$$

식 (3-4)은 상수항과 추세가 없는 경우이며, 식 (3-5)은 상수항을 갖는 경우, 식 (3-6)은 상수항과 추세가 있는 경우이다.

식 (3-2)에서 $\beta < 1$ 인 경우, Y_{t-1} 값들은 s값이 증가함에 따라 Y_t 에 영향을 주지 못하게 되고 따라서 Y_t 는 정상 시계열이 된다. 반대로 $\beta = 1$, 즉 $\delta = 0$ 이면, Y_t 는 비정상 시계열이 된다. 따라서 정상성을 판별하기 위한 가설은 다음과 같다.

$$H_0 : \delta = 0$$

$$H_1 : \delta < 0$$

회귀분석에서 회귀계수 ρ 값에 대한 검정은 오차항의 분산이 알려져 있지 않은 경우, 다음과 같은 t-검정 통계량에 의거하여 실시된다.

$$t = \frac{\hat{\delta} - \delta}{\sqrt{\frac{MSE}{S_{(yy)}}}} \quad (3-7)$$

$\delta = 0$ 이므로,

$$t = \frac{\hat{\delta}}{\sqrt{\frac{MSE}{S_{(yy)}}}} \quad (3-8)$$

여기서,

$$S_{(yy)} = \sum_i (y_{t-1} - \overline{y_{t-1}})^2$$

$$MSE = SSE/\phi_E$$

SSE : 회귀식 (3-2)의 오차자승합, 즉

$$\sum_i (y_{t-1} - \widehat{y_{t-1}})^2$$

ϕ_E : SSE의 자유도

식 (3-4)~식 (3-8)를 토대로 공공투자액, 생산액, 수출액, 그리고 민간투자액에 대해, 정상성 검정 가설을 t-검정 통계량에 의거하여 실시한 결과는 <표 3-1>에 나와 있다. <표 3-1>을 보면 공공투자, 생산액, 수출액, 민간투자 등 수준(level)변수와 1차 차분변수에 대해 1%, 5%, 10% 유의수준의 임계치와 비교하여, 유의수준 임계치보다 작으면, 귀무가설 ' H_0 : 단위근이 존재한다'라는 귀무가설이 기각되게 된다[16]. 즉, 단위근이 존재하지 않는다'는 의미이며, 이럴 경우에 정상시계열이라고 판정할 수 있다. 단위근 검정 결과 공공투자, 생산액, 수출액 그리고 민간투자 모두 상수항이 포함될 경우와 상수항 및 추세가 포함될 경우에 1차 차분에서 안정적인 시계열이 됨을 알 수 있었다. 다만 생산액은 수준변수에서도 상수항과 추세가 포함되는 경우에 안정성을 보였다. 그런데, 추세가 있는 모형에서 안정성을 보인 시계열의 경우, 인과성 분석이나 벡터 시계열 분석시, 추세를 제거하게 되는데, 추세항 제거 과정 역시 차분과 유사한 과정이므로, 본 논문에서는 모든 변수들에 대해 1차 차분한 변수를 분석대상으로 한다.

차분 변수를 사용하면 불안정 시계열 변수간의 가성회귀현상(spurious regression)을 피할 수 있으나, 다른 한편 데이터가 갖고 있는 많은 정보가 소실되어 정확한 충격반응 분석이 어려울 수 있다. 이럴 경우, 공적분 검정을 활용하여야 한다. 공적분 검정은 개별시계열이 단위근을 가지고 있다고 하더라도 이들 시계열 간에 가성적 관계가 성립하지 않을 조건을 찾게 함으로써 회귀분석의 결과가 의미를 가지게 할 수 있다는데 의의가 있다[5, 16].

〈표 3-1〉 ADF 단위근 검정 결과표

구 분	변 수 명	상수항 포함	상수항과 추세항 포함	상수항과 추세항 불포함
수준 변수	공공투자(GRND)	0.5505	-1.3543	2.0632
	생산액(PROD)	0.6926	-4.5422***	2.3937
	수출액(EXPORT)	0.5809	-1.5135	2.7311
	민간투자(ERND)	1.0517	-1.1970	2.3522
1차 차분 변수	공공투자(DGRND)	-4.9496***	-5.0773***	-4.3756***
	생산액(DPROD)	-7.8617***	-7.9089***	-0.6354
	수출액(DEXPORT)	-6.4795***	-6.5648***	-5.8126***
	민간투자(DERND)	-3.5061**	-3.6699**	-2.5112**

주) **는 5%, ***는 1% 유의수준에서 귀무가설이 기각됨을 의미함.

공적분 검정의 방법으로는 최근에 다변량 시계열분석에 의한 Johansen 공적분검정(Johansen's Cointegration Test)이 다른 어떤 공적분 검정법보다 우월한 것으로 인정되어 널리 사용되고 있다 [10].

공적분의 존재여부는 시차(time lag)변수를 사용한 경우와 차분(difference)한 경우의 일치성 여부에 따라 결정할 수 있는데 일치한 경우 공적분이 존재하지 않고 일치하지 않을 경우 공적분이 존재한다. 식 (3-4)~식 (3-6)에서, 만일 추세를 갖는 시계열의 오차항 e_t 가 1기간 이상 장기상관을 갖는다면, 공적분 검정을 위한 일반화된 모형식은 다음 식 (3-9)과 같다.

$$\nabla Y_t = \alpha + \gamma T + \beta \nabla Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \nabla Y_{t-i} + e_t \quad (3-9)$$

위 식에서 귀무가설은 $H_0 : \alpha = \beta = \gamma = 0$ 이며, 귀무가설이 기각되면 공적분 관계가 성립되는 것으로 판정된다. 공적분 검정을 위해 차수를 결정하게 되는데, 이 경우에 AIC와 SIC를 비교하여 최소가 되는 차수(p)를 결정한다[5, 16].

AIC, SIC는 일종의 정보기준(Information Criterion)으로 그 값이 작을수록 더 좋은 모형이라 할 수 있다. VECM에서 시차를 결정할 때 위 두 기준

을 가지고 가장 작게 만드는 적정 시차값을 결정할 수 있다[21]. VECM을 적용한 AIC와 SIC의 결과는 <표 3-2>에서 보는바와 같으며, 시차를 1~5차한 결과 4차에서 AIC는 65.66985, SIC는 68.54865로 가장 작게 나타나 적정 시차는 4차임이 나타났다.

〈표 3-2〉 VECM을 적용한 AIC와 SIC

Lag	AIC	SIC
1	67.07798	68.10930
2	66.71963	68.35534
3	66.78631	69.03775
4	65.66985	68.54865
5	65.83518	69.35330

적정시차가 주어진 상태에서 공적분 검정을 실시한 결과가 <표 3-3>과 <표 3-4>에 나와 있다. 통계량 값이 유의수준 0.05에서의 임계치보다 작으면, 귀무가설을 기각할 수 없으며, $r = 0$ 부터 $r \leq 1$, $r \leq 2$ 순서로 진행해서, 귀무가설을 기각할 수 없는 단계에서 공적분계수가 정해진다. 두 통계량 모두 $r \leq 1$ 귀무가설을 기각할 수 없으므로, 공적분 계수(h)는 1이며, 결과적으로 선형결합이 있는 시계열이 1개가 존재한다는 의미이다.

〈표 3-3〉 Trace 통계량에 따른 공적분 검정결과표

귀무가설	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob**
r = 0	0.648288	77.10158	47.85613	0
r ≤ 1	0.251814	23.80948	29.79707	0.2086
r ≤ 2	0.122338	9.014208	15.49471	0.3641
r ≤ 3	0.045202	2.359008	3.841466	0.1246

〈표 3-4〉 Max-Eigen 통계량에 따른 공적분 검정결과표

귀무가설	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
r = 0	0.648288	53.2921	27.58434	0
r ≤ 1	0.251814	14.79527	21.13162	0.3035
r ≤ 2	0.122338	6.655199	14.2646	0.5307
r ≤ 3	0.045202	2.359008	3.841466	0.1246

3.2 Granger 인과성 검정

여러 개의 변수 중에서 변수간 연관성이 있는지를 찾아내기란 쉽지 않은 일이다. 특히 실물경제에서는 한 경제변수가 다른 경제변수의 움직임을 유발시키는 원인변수인지를 파악하기는 매우 어려운 일이다. 이때 Granger 인과검정 방법을 사용하면 이와 같은 문제점을 쉽게 해결할 수 있다. 앞의 단위원 검정에서는 't-통계량'을 사용하였지만, Granger 인과성 검정은 'F-통계량'을 적용한다[16].

Granger 인과성 검정은 두 시계열변수(X_t, Y_t)간에 연관성이 성립하는지를 검정하는 것이다. 이를 위해 다음의 두 가지 시계열 회귀식을 고려하자.

$$Y_t = \alpha + \sum a_i X_{t-i} + \sum \beta Y_{t-i} + e_{1t} \quad (3-10)$$

$$Y_t = \alpha + \sum \beta Y_{t-i} + e_{1t} \quad (3-11)$$

식 (3-10)은 X_t 와 Y_t 간의 관계를 설정한 회귀식으로 비제한회귀식(unrestricted regression equation)이라 하고, 식 (3-11)은 X_t 를 회귀식에서 제외하여 구성한 회귀식으로 제한회귀식(restricted re-

gression equation)이라 한다[16]. 식 (3-10)의 회귀식에서 얻어지는 오차자승합(Sum of Square Error)을 SSE_{UR} , 식 (3-11)의 회귀식에서 얻어지는 오차자승합을 SSE_R 이라 할 때, 'F-통계량'은 다음의 식 (3-12)과 같이 정의된다.

$$F^*_{(p, T-2p-1)} = \frac{(SSE_R - SSE_{UR})/p}{SSE_{UR}/(T-2p-1)} \quad (3-12)$$

T : 총관측치 수

p : 제약조건이 부과된 회귀계수의 수

만약, X_t 가 Y_t 의 중요한 원인변수일 경우, X_t 와 Y_t 간의 관계를 설정한 비제한회귀식의 오차자승합(SSE_{UR})이 매우 작은 값을 갖고, X_t 를 제외한 제약 회귀식에서는 오차자승합(SSE_R)이 큰 값을 갖게 될 것이다. 따라서 X_t 가 Y_t 의 중요한 원인변수가 될 가능성이 클수록 식 (3-12)에서 정의된 F-통계량 값이 커지게 된다. 이러한 원리를 토대로 검정 절차는 다음과 같다.

식 (3-10)과 식 (3-11)를 이용하여 귀무가설 (H_0)와 대립가설 (H_1)를 설정한다.

$H_0 : \sum a_i = 0$, 즉 X는 Y의 원인변수가 아니다

$H_1 : \sum a_i \neq 0$, 즉 X는 Y의 원인변수이다.

만일 식 (3-12)에 의해서, $F^* > F^c$ (임계값)이라면, 귀무가설 H_0 를 기각한다. 즉, X는 Y의 원인변수이다. 만일 $F^* < F^c$ (임계값)이라면 이때 귀무가설 H_0 를 기각하지 않는다. 즉, X는 Y의 원인변수가 아니다. 다시 말해서 SSE_{UR} 이 작아질수록, 그리고 SSE_R 이 커질수록 F^* 가 커지게 되며, 이럴 경우에 X는 Y의 원인변수가 되고 있다는 증거이다. 이 귀무가설을 검정하는 F-통계량을 ‘Granger 인과성 통계량’이라 하고 이 검정을 ‘Granger 인과검정 (1969)’이라 한다[16, 21, 22].

인과관계 검정은 Granger가 두 변수들 간의 인과관계 개념을 처음으로 제시한 이후 많은 전문가들이 Granger 인과관계 분석을 하고 있으며, 본 연구에서는 각 시계열 변수가 1차 차분을 통해 안정화되는 시계열임을 고려하여 차분변수들로 인과관계 분석을 실시한다.

일반적으로 계량경제 분야에서 Granger 인과관계 검정이 항상 인과관계에 대한 증명을 할 수 있는 것은 아니다. 이는 단지 영향력에 대한 방향성(direction of influence)의 확인일 뿐이다. 따라서 이는 인과관계 문제에 대한 종결을 의미하는 것은 아니다[21]. 그럼에도 불구하고 Granger 인과성 검정은 실물경제에서 여러 변수 중에 인과관계가 얼마만큼 관련이 있는지를 F-통계량을 통해 확인할 수 있는 방법으로 여겨지고 있다.

AIC와 SIC의 차수결정에 따라 차수 = 4인 경우의 Granger 인과관계 검정 결과는 <표 3-5>에 나타나 있다. <표 3-5>는 생산(DPROD), 수출(DEXPORT), 민간투자(ERND), 공공투자(DGRND) 등 4개 변수들에 대한 4차 후행 Granger 인과관계의 귀무가설 검정 결과이다. 여기서 공공투자 \rightarrow 민간투자, 생산액 \rightarrow 수출액 등 2가지 경우에만 각각 유의확률 $P(= 0.00908 < 0.05)$, $P(= 0.00006 < 0.05)$ 이므로 유의수준 0.05%에서 귀무가설 H_0 가 기각된다. 또한,

공공투자(ERND)는 민간투자(ERND)에 영향을 미치는 원인변수이며 Granger 인과관계가 있다. 공공투자 \rightarrow 수출, 수출액 \rightarrow 생산액 검정에서는 유의수준 0.1%에서 두 가설이 기각됨을 알 수 있다. 즉, IT부문 공공투자가 수출에 원인변수가 되며, IT부문 수출 또한 IT부문 생산에 원인변수가 되고 있다. 한편, 나머지 모형들은 모두 귀무가설 H_0 를 기각하지 못하므로 Granger 인과관계가 없다. IT부문 공공투자에 한정해서 이러한 결과를 해석해보면, 첫째 민간투자의 활성화를 유도하기 위해서는 원인변수인 공공투자부터 활성화시켜야 한다는 것이다. 둘째, 정책이 수출주도형으로 지원하다보니 공공부문의 투자가 수출에서 영향이 많이 나타나고 있는데, 이러한 것이 실증적으로 입증된 것이다. 따라서 IT부문에서 둔화되고 있는 수출을 신장시키기 위해서 공공 R&D투자가 더욱 활성화되어야 한다. 또한, IT부문 생산액도 늘리기 위해서는, 공공 R&D 투자의 다변화가 요구된다고 할 수 있다.

<표 3-5> Granger 인과관계 검정 결과(Lags = 4)

귀무 가설	F-Statistic	Probability
수출 \rightarrow 민간투자	0.72971	0.57675
생산액 \rightarrow 민간투자	1.26099	0.30043
민간투자 \rightarrow 수출	0.51032	0.72841
공공투자 \rightarrow 민간투자	3.87641	0.00908
민간투자 \rightarrow 공공투자	0.63814	0.6382
민간투자 \rightarrow 생산액	0.24946	0.90838
공공투자 \rightarrow 수출	2.20819	0.08445
수출 \rightarrow 공공투자	1.44417	0.23637
생산액 \rightarrow 수출액	8.06909	6.40E-05
수출액 \rightarrow 생산액	2.15777	0.09043
생산액 \rightarrow 공공투자	1.89035	0.12998
공공투자 \rightarrow 생산액	0.77183	0.54969

주) “ \rightarrow ”표시는 원인이 아니라는 의미임.

3.3 충격반응분석

충격반응분석은 한 변수에 충격(shock) 혹은 혁신(innovations)이 발생할 경우 모형내의 다른 변수에 미치는 동태적인 영향을 분석하는데 유용한 분석수단이 되고 있다. 본 연구에서는 공공 R&D가 생산액, 수출액 및 민간 R&D에 대해 미치는 영향을 VECM을 토대로 충격반응함수를 적용하여 도출하였다. VAR(Vector Autoregression)은 상호연관관계가 높은 복수 시계열의 예측이나, 복수 시계열로 구성된 시스템에 충격이 발생했을 때 발생하는 효과들을 살펴보기 위해 주로 사용된다[5, 16, 20]. 그러나, VAR은 시계열이 안정적이지 않은 경우에는 차분변수로 사용해야 하며 차분변수로 사용하는 경우에는 수준변수의 고유 정보들을 잃을 수 있기 때문에 VAR보다는 VECM이 더 선호된다 [5, 15]. 충격반응함수(impulse response functions, IRF)는 내생변수의 현재와 미래값에 대한 오차항 중 하나에 대한 1표준편차 충격(one standard chock)의 효과를 추적한다. i번째 변수에 대한 충격은 i번째 변수에 직접적으로 영향을 미친다. 그리고 VECM의 역동적 구조를 통해 모든 내생변수들로 그 충격이 전달된다[21]. 공공투자, 생산액, 수출액 및 민간투자간의 상호관계를 VECM을 통한 인과관계 분석 모형으로 살펴보면 아래와 같다. 이 경우 VECM 모형의 토대가 되는 VAR 모형은 다음과 같다.

$$\Delta Z_t = \alpha + \beta_1 \Delta Z_{t-1} + \beta_2 \Delta Z_{t-2} + e_t \quad (3-13)$$

여기서 ΔZ_t 는 (DGRND_t, DPROD_t, DEXPORT_t, DERND_t)의 (4×1)벡터이고, DGRND는 t년도 공공R&D의 차분액, DPROD_t는 t년도 생산액의 차분액, DEXPORT_t는 t년도 수출액의 차분액, DERND_t은 t년도 민간R&D의 1차 차분액을 의미하며, β_i 는 (4×4)계수행렬이고, e_t 는 정규분포를 따르는 오차항을 나타낸다.

위에서 기술한 바와 같이, 식 (3-13)은 Z_t 의 차

분변수로 이루어져 있다. 그런데 개별 시계열 변수가 불안정하다하더라도, 이들 변수간의 선형적 결합이 안정적인 경우, 이를 이용하여 식 (3-13)을 보완하여 VECM 모형식이 유도된다. 두 변수의 선형결합의 안정성 여부는 공적분 검정에 의해 수행된다. 만일 공적분관계가 있음에도 불구하고 이를 고려하지 않고 VAR 모형을 사용할 경우 설정오류(specification error)가 발생할 수 있다[5, 10, 27]. 앞의 제 3.1절에서 공적분 검정결과 공적분계수(h)는 1개로 나타나 변수들 간의 안정적인 선형결합이 존재하는 것으로 나타났다.

모형에 포함된 변수들 사이에 1개의 공적분관계가 성립하면 식 (3-13)은 아래와 같이 표현된다.

$$\Delta Z_t = \alpha - Ba'Z_{t-1} + \beta_1 \Delta Z_{t-1} + \beta_2 \Delta Z_{t-2} + e_t \quad (3-14)$$

여기서 B 와 a 는 (4×1)행렬이며, a 가 공적분계수일 때 $u_t = a'Z_t$ 로 정의하면, 식 (3-14)는 아래의 VECM으로 표시된다.

$$\Delta Z_t = \alpha - Bw_{t-1} + \beta_1 \Delta Z_{t-1} + \beta_2 \Delta Z_{t-2} + e_t \quad (3-15)$$

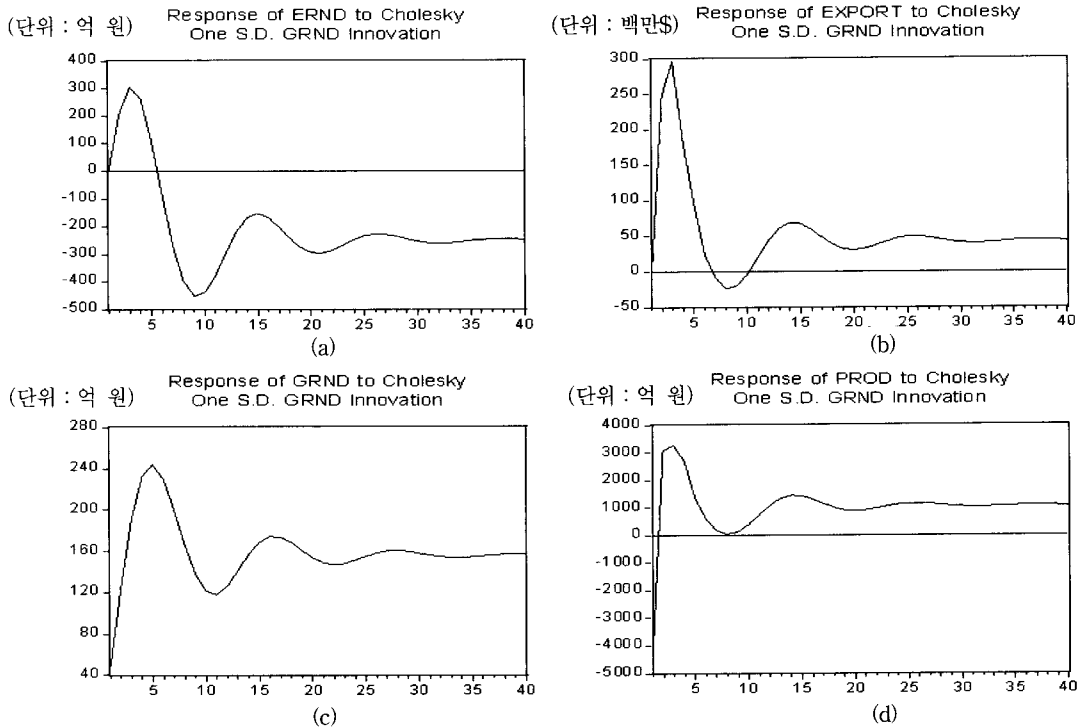
여기서 Z_t 는 안정적인 (2×1)벡터로 변수들 간의 균형으로부터의 괴리를 측정하며, B 는 균형으로부터의 괴리가 얼마나 빨리 해소되는가를 나타내는 오차수정 계수행렬이다[24].

식 (3-15)를 토대로 공공R&D가 생산액, 수출액, 그리고 민간 R&D에 미치는 영향을 Eviws 소프트웨어를 활용하여 살펴보면 다음과 같다.

3.3.1 VECM 모형에 의한 충격반응분석 결과
IT부문 공공 R&D 투자가 IT부문 생산액 및 수출액 그리고 민간 R&D 투자에 미치는 영향이 <그림 3-1>에 나와 있다.

<그림 3-1>의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, IT부문 공공 R&D가 IT부문 민간 R&D에



〈그림 3-1〉 공공R&D의 파급효과

미치는 파급효과는 3분기에 최대이고, 6분기까지의 양의 효과 그리고 그 이후는 음의 효과가 나타났다.

둘째, IT부문 공공 R&D가 IT부문 수출액에 미치는 파급효과는 3분기에 최대이고, 7분기에서 10분기까지 짧은 기간 약한 음의 효과를 낸 것을 제외하면 안정적인 양의 효과를 보여주고 있다.

셋째, IT부문 공공 R&D가 IT부문 생산액에 미치는 파급효과는 3분기에 최대이며 15분기를 지나 안정적인 양의 효과를 가져 오는 것으로 나타났다.

넷째, IT부문 공공 R&D의 자체변수에 대한 파급효과는 5분기에서 최대이고 17분기를 지나 안정적인 양의 효과를 보여주고 있다.

3.3.2 충격반응분석 결과에 대한 해석

IT부문 공공 R&D가 민간 R&D, 생산액 그리고 수출액 모두 3분기에서 최대 파급효과를 내고 있는 것은, IT부문의 기술개발 속도가 빠르고 기술의

산업구현 과정도 매우 빠르게 일어나는 등, IT부문의 특수성에 기인하는 것으로 보인다. 또한, IT부문의 국내 연구개발이 장기적이고 원천기술 중심의 연구개발이라기 보다는 1년 단위의 단발성 R&D 체계, 프로젝트베이스(PB)의 사업을 진행하고 있는 것도 또 다른 요인이 될 것이다.

따라서, 기술개발 속도가 빠른 IT부문일지라도, 원천기술 및 독보적인 상품개발을 위해서는, 보다 장기적인 관점에서의 R&D 투자가 필요하며, 이는 민간부문보다 공공 R&D의 몫이라고 할 수 있다.

한편, IT부문의 공공 R&D 투자가 민간 R&D 투자에 초기에는 양의 효과를 보이다 7분기 이후 음의 효과를 불러오는 것은 IT부문 공공 R&D 투자가 초기에는 새로운 시장창출의 기회를 주므로, 기업들이 투자를 촉진하다가, 이후 시장이 형성되면, 기업들이 바로 R&D 투자를 급격히 줄이는 현상을 반영한다고 볼 수 있다. 이는 그만큼 민간 부문의

R&D 투자의 지속성이 약하다는 사실을 반증하는 것이며, 지속적으로 민간 부문 R&D 투자를 활성화시키기 위한 정책이 새로이 수립되어야 할 것이다.

4. 결론 및 추후 연구방향

4.1 결론

본 연구는 IT산업에서, 공공 R&D가 IT생산액, IT수출액 그리고 민간 R&D에 미치는 파급효과를 계량적으로 분석하였다. 계량분석은 우선 단위근 검정을 통해 시계열 자료의 안정성을 검정하였으며, 단위근 검정으로 ADF 조건으로 t-검정을 실시하였다. 또한 시계열간 선형결합이 있는지를 보기 위해 공적분 검정을 실시하였다. 그리고 자료가 보유한 정보를 최대한 확보하기 위해 VECM을 적용하였으며, Granger 인과성 검정 및 충격반응분석을 실시하였다.

본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 단위근 검정결과, 모든 변수가 1차 차분 후 안정성을 갖는 것으로 나타났다. 다만, 생산액의 경우 상수항과 추세항이 있는 모형에서 차분 이전에 안정성을 갖는 것으로 나타났다. AIC와 SIC의 적정 시차는 4로 나타났으며, 이에 따른 공적분 검정결과 공적분 계수는 1로 나타났다.

둘째, Granger 인과성 검정결과, IT부문 공공투자는 민간투자와 수출에 영향을 미치는 원인변수이며, Granger 인과관계가 있는 것으로 입증되었다.

셋째, VECM 모형을 통한 충격반응분석결과, IT부문 공공 R&D 투자가 IT부문 생산액 및 수출액 그리고 민간 R&D에 미치는 영향은 3분기에서 최대의 효과를 보였으나, 이후 양상은 생산액은 항상 양의 효과를 가져왔고, 수출액은 7~10분기 약한 음의 효과를 제외하고 양의 효과를 가져왔다. 마지막으로 민간 R&D 투자에 대한 효과는 초기에 양의 효과를 가져왔으나, 7분기 이후 음의 효과를 가져왔다.

이러한 연구결과가 주는 시사점은 다음과 같다.

첫째, Granger 인과성 검증에서 IT부문 공공 R&D 투자가 Granger 원인변수가 된 것은 IT부문 민간 R&D 투자와 수출액이다. 이는 정부의 IT부문 R&D 투자가 수출 품목 관련 기술에 집중된 결과로 보인다. 따라서 향후 IT부문 수출액뿐만 아니라 생산액을 늘리기 위해서는 IT부문 R&D 투자의 다변화가 필요하다고 할 수 있다.

둘째, IT부문 공공 R&D 투자와 민간 R&D 투자에 대한 충격반응분석 결과, 초기의 양의 효과와 이후 음의 효과를 보면, 공공 R&D 투자가 시장 창출 이후에 민간 R&D 투자를 더 이상 활성화시키지 못한 것을 알 수 있다. 따라서 지속적으로 민간 R&D 투자가 활성화되기 위한 새로운 정책 수립이 요청된다고 할 수 있다.

4.2 향후 연구방향

본 연구는 정부의 연구개발 투자가 IT산업 자체에 얼마만큼 영향이 있는지를 과거 14개년 동안의 시계열 자료를 토대로 실증분석을 하였다. 1993년 이후 여러 경제 환경이 변화하는 동안 다양한 분석, 즉, 공공부문의 IT 투자가 고용에 미치는 파급효과, 이동통신가입자에 미치는 영향 등 다양한 분석을 시도해 볼 수 있겠으나 축적된 데이터가 미흡하여 실증 분석을 할 수가 없었다. 향후에는 보다 정밀한 자료를 토대로 IT산업에 대한 연구개발투자가 IT산업 내의 세부 분야, 예를 들어 이동통신 분야, 반도체분야, 디지털콘텐츠 분야 등 다양한 분야에서 어떤 효과를 가져오는지, 그 차이는 어떤지에 대한 실증분석이 이루어져야 할 것이다. 또한 신뢰성 있는 VECM 모형을 위해 자료의 신뢰성을 높이려는 노력이 계속되어야 하며, 시계열 예측의 정확성을 높이고 분석기간을 늘리는 작업을 지속한다면 모형의 발전 및 정책 활용에 많은 기여가 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 강소현, "VECM을 이용한 거시계량경제 모형 구축 및 그 활용방안 연구", 서울대학교, 2005.
- [2] 강한균, "VAR 모형을 이용한 한국의 대 중국·미국 제조업 FDI가 부품수출에 미치는 효과의 비교분석", 「대한경영학회지」, 제19권, 제5호 (통권 58호, 2006), pp.1645-1662.
- [3] 고상원, "SW산업의 국민경제적 파급효과", KISDI, 2007.
- [4] 권문순, "벡터자기회귀(VAR)모형의 이해", 「통계연구분석」, 제2권, 제1호(1997), pp.23-56.
- [5] 김명직외, 「금융시계열분석(제2판)」, 한양대학교, 2002.
- [6] 김병우, "R&D 투자와 설비 투자" 「과학기술정책이슈」, 제3호(2007).
- [7] 김정연 외, "지적재산권 강화가 기술혁신 및 생산성에 미치는 효과분석", KISDI, 2006.
- [8] 김종권, "계약산업 R&D 투자 효과분석", 「보건경제연구」, 제9권, 제1호(2003), pp.47-58.
- [9] 김태호, "주가의 전반적 하락기 국내외 증시 변동간의 연관관계 분석", 「한국경영과학학회」, 제28권, 제1호(2003).
- [10] 송일호 외, "계량경제실증분석", 삼영사, 2002.
- [11] 유병철, "다변량 공적분모형에 의한 해외직접투자자와 수출의 관계분석", 동아대학교, 2003.
- [12] 유홍립 외, "중소기업 R&D 지원정책 성과의 영향요인에 관한 실증연구", 「한국행정논문」, 제19권, 제1호(2007), pp.171-195.
- [13] 윤충한, "IT기업 R&D투자의 파급효과 추정", 「정보사회연구」, 2003.
- [14] 윤충한, "정보통신 연구사업의 국가경제에 대한 파급효과 및 기여도 분석", 「정보통신정책연구원」, 2000.
- [15] 이종합, "시계열 분석과 응용", 자유아카데미, 2007.
- [16] 이홍재, "금융경제 시계열분석", 경문사, 초판2쇄, 2007.
- [17] 한국정보통신산업협회(KAIT), 「정보통신산업연보」, 월보.
- [18] 한국산업기술진흥협회(KOITA), 정보통신연구개발통계조사보고서(각연도).
- [19] Anne, V. W., "Money market operations and short-term internet rate volatility in the United Kingdom," *Applied Financial Economics*, 2003, pp.701-719.
- [20] Damodar, N. G., *Basic Econometrics 4th edition*, McGRAW-HILL, 2006.
- [21] Eviews Manual(Ver.5.1), "Chapter 19."
- [22] Graham, E., W.J. Clive, and A.T. Granger, *Handbook of Economic Forecasting*, Vol.1.
- [23] Hakan, B., Nergiz, O. Hasan, "The Center and Periphery relations in international stock markets," *Applied Financial Economics*, 2006, pp.365-370.
- [24] Jae H. Kim, "Investigating the advertising-sales relationship in the Lydia Pinkham data : a bootstrap approach," *Applied Economics*, 2005, pp.347-354.
- [25] Norman, R.S., W.J. Clive, Granger, "Impulse Response Functions Based on a Causality Approach to ResidualOrthogonalization in Vector Autoregressions," *Journal of the American Statistical Associations*, Vol.92, No.437(1997).
- [26] Root T.H. and D. Lien. "Impulse responses in a threshold cointegrated system : the case of natural gas markets," *Applied Financial Economics*, 2003, pp.23-35.