

국가연구개발사업 예비타당성조사 경제적 타당성 분석의 고도화에 관한 연구: ICT R&D 기여도 산정을 중심으로

A Study for the Advanced Economic Feasibility Analysis of Pre-Feasibility Study on National Research Development Program: Focussing on the Estimation of ICT R&D Contribution Level

박철민 · 한정민 · 구본철

I. 서론

과학기술이 국가경쟁력의 핵심요소로 떠오르면서 국가 R&D 예산규모는 2005년 7.8조 원부터 2015년 18.9조 원에 이르기까지 연평균 약 8.4%¹⁾씩 지속적으로 증대되어왔다(기획재정부, 2014가). 이와 더불어 여러 부처에서 다양한 형태의 연구개발을 추진하면서 국가연구개발사업의 대형화·복잡화가 가속화되고 그에 따른 불확실성 또한 증가하고 있다(김기환, 2005; 이도형, 2005; 양희승, 2010; KISTEP, 2014가).

국가 R&D 예산규모의 증대와 R&D 투자의 불확실성이 증가함에 따라 한정된 재정의 집행효율성을 제고하기 위해 사업추진의 전략성 강화 및 중복투자 방지 등 국가적 차원에서 연구개발사업의 타당성에 대한 철저한 사전검증이 요구되고 있다.

이에 정부는 국가재정법 제38조에 의거하여 사업비 500억 원 또는 국가의 재정지원 규모가 300억 원 이상인 신규 국가연구개발사업에 대해 예비타당성조사를 2007년부터 실시하고 있다(기획재정부, 2014나). 이는 대규모 재정이 요구되는 신규 R&D사업의 투자타당성을 투명하고 합리적으로 검증하며, 결과적으로 R&D 관련 재정 운용의 효율성을 높이는데 기여할 것이다(황석원 외, 2010; 박혜진, 2014).

예비타당성조사는 크게 기술적 타당성 분석, 정책적 타당성 분석, 경제적 타당성 분석으로 나눌 수 있으며, 그중 경제적 타당성을 평가하기 위한 편익은 또 가치창출 편익²⁾과 비용저감 편익³⁾으로 구분하여 추정하고 있다(KISTEP, 2014다). 즉, 현행 방식은 가치창출과 비용저감을 상호배타적인(mutually exclusive) 편익 개념으로 간주하기 때문에 가치창출편익 추정방식과 비용저감편익 추정방식의 두 가지 방식 중 해당 국가연구개발

1) 예산규모는 명목금액 기준, 연평균성장률은 CAGR(Compound Annual Growth Rate)로 산출하였다.

2) 가치창출 편익의 추정은 일반적으로 시장수요접근법(market demand approach)을 따르고 있으며, ‘미래시장 규모 × 예상시장점유율 × 부가가치율 × R&D기여율 × 사업화성공률 × 사업기여율’이라는 산정방식에 의해 계산되고 있다. 이중 R&D기여율은 연구개발성과의 상업화를 통해 부가가치가 창출되었을 때 전체 부가가치 가운데 연구개발에 의한 기여분이 어느 정도인지를 나타내는 지표이며, 현재 거시적인 산출방법에 기초하여 연구개발이 새롭게 창출된 경제적 가치에 기여한 몫을 그 기여율로 활용하고 있다.

3) 가치창출 편익과는 다른 개념으로 생산비용저감이나 피해비용저감 등과 같은 비용감소로 인한 편익을 의미하며, 이는 ‘(기존 기술에 의한 단위당 현재 생산비용 - 신기술에 의한 단위당 미래 생산비용 추정치) × 국내생산규모’ 또는 ‘(기존 기술에 의한 단위당 현재 생산비용 × 신기술에 의한 비용저감율) × 국내생산규모’에 의해 산출된다.

발사업의 성격에 알맞은 한 가지를 채택하여 편익을 추정하고 있다.

그러나 선행연구에 따르면 가치창출 편익과 비용저감 편익은 깊은 연관성으로 인해 대체적으로 같이 발생한다는 결과가 확인되고 있다(Mansfield et al., 1977; Gallouj et al., 1997; Mizik et al., 2003; Berstein et al., 2006). 따라서 가치창출 편익과 비용저감 편익을 구분·채택하여 나머지 하나의 편익효과를 배제하기보다는 가치창출 편익과 비용저감 편익, 두 효과 모두를 R&D 편익으로서 함께 고려한 경제성분석이 필요할 것으로 사료된다.⁴⁾

그리고 산업별·업종별 성격에 따라 R&D 투자에 대한 R&D기여도의 상이함이 과거 여러 실증연구에서 입증된 바 있음에도 불구하고(Terleckyj, 1974; Mansfield, 1988; 정성철 외, 1993; 장진규 외, 1994; Griliches, 1994; Sakurai et al., 1996; 김석현 외, 2006; Liik et al., 2014), 하나의 정형화된 R&D기여율을 R&D 집약적 산업(R&D-intensive industry)과 R&D 비집약적 산업(non R&D-intensive industry)의 구분 없이 일괄적으로 원용하는 것은 분석상 큰 문제를 야기할 가능성이 크다. 이는 편익추정의 신뢰성을 떨어뜨리고 결과적으로는 경제성평가의 왜곡가능성을 내포하고 있기 때문이다.

<표 1> ICT 관련 국가 R&D사업의 경제성 분석 결과⁵⁾ (단위: 억 원)

국가연구개발사업명	B/C Ratio		NPV(순현재가치)	
	원안	검토안	원안	검토안
미래전략 소프트웨어 기술개발사업 ⁶⁾	1.14	1.03		
IT융·복합산업 혁신을 위한 스마트센서산업 육성 사업	0.34	0.33	-1,884	-1,258
범부처 GIGA KOREA 사업	0.328	0.806	-6,274	-738
신산업 창출을 위한 SW융합 기술 고도화 사업	0.75	1.03	-345	26
휴먼ICT 중소기업 창조생태계 기반구축사업		0.1		-1,084

자료: KISTEP 홈페이지

<표 1>은 지금까지 수행된 대표적인 R&D 집약적 산업인 ICT 관련 국가연구개발사업의 예비타당성조사 보고서 결과를 나타낸다(KISTEP, 2010, 2012가, 2012나, 2012다, 2015). 낙관적인 시나리오를 적용함과 동시에 검토안에서는 원안의 비용 과다산정 문제 등을 이유로 비용을 재조정된 결과임에도 대체로 낮은 경제적 타당성이 확인된다.

이러한 낮은 경제성의 근본적인 원인으로는 R&D집약적인 산업에 전 산업의 평균 R&D기여율인 28.1%(신태영, 2004) 또는 35.4%(국가과학기술심의회, 2013)를 일괄적으로 적용함으로써 본 사업들의 R&D기여도를 과소평가한 결과로부터 기인한 것으로 판단된다.

따라서 정밀성 및 신뢰성을 제고하기 위해선 R&D기여도가 비교적 높을 것으로 보이는 업종의 경우 높은 R&D기여율을 적용하고 비교적 낮을 것으로 보이는 업종의 경우 낮은 R&D기여율 적용을 통해 차별적인 R&D기여도 도입이 요구된다.

4) 예외적으로 환경이나 보건 분야 기술과 같은 사회적인 비용의 저감 효과가 크게 기대되는 경우 사적이 아닌 사회적비용의 저감이라는 특수성 때문에 피해비용저감 편익을 추가적으로 고려한다거나 비용편익이 아닌 비용효과 분석을 통한 추정방법이 더 합리적일 것이라 판단된다.

5) 해당 수치들은 시나리오1(낙관적인 관점) 기준으로 작성하였으며 시나리오2(보수적인 관점)를 적용할 경우 경제성은 더욱 낮아진다.

6) 본 사업의 경제성은 사업화 성공률 및 세계시장 점유율에 따라 최소 0.57에서 최대 1.96로 나타났으며, 해당 수치는 그 중간값을 사용하였다.

이러한 배경을 바탕으로 본 연구는 국가 R&D사업의 경제적 타당성 평가의 R&D기여도 추정방법에 대한 개선방안을 모색하고자 하며 그 대안으로 가치창출효과와 비용저감효과를 함께 고려한 새로운 기여도를 제시하고자 한다.

더불어 대표적인 기술집약적 산업이라 할 수 있는 ICT산업을 대상으로 ICT R&D투자가 해당산업의 성장에 얼마나 기여하는 지를 실증적으로 분석하였다. 그리고 산출결과와 기존 R&D기여율 간의 비교를 통해 업종에 따라 상이한 기여도 적용의 필요성을 제기하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 II장에서 R&D기여도 산정방법에 대한 고찰 및 새로운 방법을 제시하고자 하였다. 그리고 III장에서는 ICT R&D가 ICT산업의 부가가치 증대에 얼마나 기여했는지 그 산출에 관한 내용을 다루고, IV장에서는 ICT R&D의 비용저감효과에 대해 살펴보았다. V장에서는 결과에 대한 요약 및 본 연구가 가지는 정책적 시사점에 대해 정리해 보았다.

II. R&D기여도 산정에 관한 고찰

서론에서 제대로 된 R&D기여도를 산정하기 위해서는 가치창출효과와 비용저감효과 두 가지를 동시에 고려하는 것이 바람직하다고 밝힌 바 있다. 하지만 새로운 R&D기여도 산정방법을 제시하기에 앞서 두 효과를 동시에 고려하는 방법에는 두 가지 관점에서 접근이 가능하다는 점을 염두에 두어야 한다.

여기서 비용저감의 편익을 산정하는 첫 번째 접근은 편익을 고정 값으로 두고 비용에서 저감된 효과만큼을 차감하는 방법이고, 두 번째는 비용을 고정 값으로 두고 비용의 저감된 효과만큼 편익에 추가시키는 접근방법을 말한다.

그러나 아래 (1)의 계산을 살펴보면 순현재가치법(NPV) 분석방법론에 대입할 경우 접근법의 차이에 따른 결과변동은 없는 것을 알 수 있는 반면, 편익비용비율(B/C ratio) 분석방법론에 입각하여 경제성을 분석할 경우 어떤 접근법을 취하느냐에 따라 그 결과가 달라진다.

$$B - (C - Cs) = (B + Cs) - C \tag{1}$$

$$\frac{B}{C - Cs} = \frac{B}{C(1 - s)} = \frac{B}{C} \tag{2}$$

$$\frac{B + Cs}{C} = \frac{B}{C} + s \dots\dots \tag{3}$$

단, B는 편익; C는 비용; s는 비용저감율; \bar{C} 는 조정된 비용

편익비용비율 분석에 대해 더 자세히 살펴보면, 두 번째 접근법 (3)이 첫 번째 접근법 (2)에 비해 같거나 항상 더 큰 값이 도출된다. 왜냐하면 비용저감율 s는 이론적으로 $0 \leq s < 1$ 이 성립하게 되므로⁷⁾ 최소값 s = 0인 경우 (2)와 (3)은 같은 결과가 도출되나 최대값인 s = 1인 경우 (3)이 $\frac{B}{C} + 1$ 만큼 (2)보다 큰 값이 나오기 때문이다.

따라서 보수적인 관점을 견지한다는 입장에 따라 편익을 고정 값으로 두고 비용에서 저감된 효과만큼 차감

7) 이론적으로 산출물(output)을 만들어내기 위해선 하나 이상의 투입물(input)이 필수로 투입되어야 하므로 $s < 1$ 이고, 저감효과가 없다면 $s = 0$ 이기 때문이다.

하는 방법인 첫 번째 접근법을 고수하는 것이 더 바람직하다고 판단하는 바이다.

하지만 경험적으로 s 의 값은 소수 둘째자리 또는 셋째자리에 해당하는 작은 결과 값들이 도출된다는 것을 알 수 있다(Levin et al., 1984; Jaffe, 1986; 장진규 외, 1994; 남준우, 2000). 그러므로 실제 계산에 있어서는 두 접근방법에 따른 산출결과가 큰 차이를 보이지 않을 것으로 사료된다.

한편, 본 연구에서 제시하고자 하는 새로운 R&D기여도 산정방법은 (4)식이다.

$$\text{R\&D 총기여도} = \text{R\&D 가치창출 기여도} + \text{R\&D 비용저감 기여도} \quad (4)$$

여기서 R&D 총기여도란 단어 그대로 R&D가 편익에 기여한 정도의 총량을 의미하고, R&D 가치창출 기여도란 기존의 경제성분석에서 활용하고 있는 추산된 편익에 R&D기여율을 곱한 값을 말한다. 그리고 R&D 비용저감 기여도란 R&D 투입에 따라 저감된 비용의 정도를 의미하며 이를 비용저감에 의한 편익으로 간주하고자 하였다. 즉, 기존의 방법에 R&D 비용저감 편익을 추가적으로 고려함으로써 편익추정에 있어 정밀성을 높이고자 하였다.

III. 가치창출효과 산출

1. 분석모형설정

본 장에서는 ICT산업을 대상으로 R&D가 부가가치 창출에 기여한 정도를 산출하고자 한다. 창출된 가치 가운데 연구개발이 기여한 몫은 일반적으로 총요소생산성에 대한 연구개발투자의 탄력성을 추정한 뒤, 연구개발투자의 1% 변화에 의한 총요소생산성의 변화를 백분율로 환산하여 산출된다. 본 방법론을 토대로 R&D 기여도를 측정하는 연구들이 다수 확인되었는데 대표적으로 Griliches(1980, 1986), Cuneo and Mairesse(1984), Englander et al.(1988), Mansfield(1988), Verspagen(1995), Coe and Helpman(1995), 그리고 Niininen(2000) 등이 있다.

국내에서도 R&D투자의 탄력성에 관한 다양한 연구들이 수행되었다. 송준기(1994)는 제조업을 대상으로 연구개발투자와 생산성의 관계를 분석하였으며, 신태영(2004)과 하준경(2005)은 거시경제적 측면에서 연구개발투자의 탄력성을 추정하였다.

기존의 예비타당성조사에서는 신태영(2004)이 제시한 연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도 결과를 일반적으로 활용해 왔다. 하지만 사용되어 오던 기여율 값인 28.1%가 최근의 변화를 반영하지 못하고 있다는 한계점이 지속적으로 제기되어옴에 따라, 최근부터는 2013년 7월에 국가과학기술심의회가 「제3차 과학기술 기본계획」에서 최근 데이터를 활용하여 밝힌 35.4%의 사용이 권고되고 있다(KISTEP, 2014다; 2015).

ICT R&D의 가치창출효과를 실증분석하기 위해 본 연구도 여러 선행연구에서 선보인 바 있는 성장회계(growth accounting)방법을 응용하고자 하며 그에 따라 다음과 같은 콥-더글라스 생산함수(Cobb-Douglas Production Function)를 가정하였다.

$$Y = \prod_{i=1}^n \beta_i X_i, \quad \frac{\partial Y}{\partial X_i} > 0, \quad \frac{\partial^2 Y}{\partial X_i^2} < 0 \quad (5)$$

단, Y 는 최종재; X_i 는 생산요소

(5)식에서 Y 는 X_i 에 대해 증가함수, β_i 는 생산요소의 탄력성을 나타낸다고 하면, 다음과 같은 관계식이 유도된다.

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \sum_{i=1}^n \beta_i \frac{\Delta X_i}{X_i} = \sum_i [i\text{요소의 탄력성} \times i\text{요소의 증가율}] \quad (6)$$

위 (6)식을 통해 산출량의 증가율은 생산요소의 탄력성 \times 요소의 증가율을 모두 합한 것과 같다는 것을 알 수 있으며, 각 요소별 탄력성과 증가율을 알면 백분율로 환산하여 산출량에 대한 각 기여도를 추산할 수 있다.

모형의 간단화를 위해 생산요소는 자본, 노동과 연구개발로 한정하였고 이를 반영하여 (5)식을 정리하면 아래의 (7)식으로 나타낼 수 있다.

$$Y_t = A_t K_t^{\beta_1} L_t^{\beta_2} R_t^{\beta_3} \epsilon_t \quad (7)$$

단, A_t 는 상수; K_t 는 자본투입; L_t 는 노동투입; R_t 는 연구개발투입

그리고 (7)식에 자연로그를 취하면 (8)식이 도출된다. 여기서 β_1 의 추정치는 자본의 몫이자 산출량(Y_t)에 대한 자본의 탄력성이고, 자본과 노동에 대해선 보수불변을 가정⁸⁾하였기 때문에 $(1 - \beta_1)$ 이 곧 노동의 몫이자 노동탄력성을 나타낸다. 그리고 β_3 의 추정치는 연구개발투입에 대한 탄력성을 나타낸다.

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln K_t + (1 - \beta_1) \ln L_t + \beta_3 \ln R_t + \epsilon_t \quad (8)$$

2. 데이터 선정

실증분석결과가 현실을 잘 투영하기 위해선 각 변수의 데이터선정이 무엇보다 중요하다. 총산출 Y_t 는 ICT 산업의 총생산액을 두는 것 보다 부가가치를 총산출의 변수로 두는 것이 타당하다는 판단 하에 ICT산업의 부가가치를 그 변수로 적용하였다. 이는 부가가치 가운데 R&D의 기여도를 측정하기 위한 본 연구목적에 더 부합하기 때문이다. 자료는 「2014 ICT실태조사」에서 발표한 연도별 부가가치를 활용하였으며 물가증감분을 조정하기 위하여 한국은행에서 제공하는 정보통신업 디플레이터를 통해 실질가격으로 환산하였다.

K_t 변수의 경우 생산함수 분석에서 자본투입의 대용변수로서 보편적으로 사용되는 생산자본스톡을 적용하였으며 별도의 추계 없이 한국은행에서 제공하는 정보통신업 실질 생산자본스톡을 활용하였다. 그리고 자본투입변수와 연구개발투입변수의 중복계상을 방지하는 차원에서 생산자본스톡에서 연구개발스톡을 차감하였다.

마찬가지로 노동투입의 L_t 도 중복을 예방하는 차원에서 ICT산업의 총종사자수에서 ICT 연구개발종사자를 차감한 값을 활용하였다. ICT산업의 총종사자 수는 「2014 ICT실태조사」의 연도별 총종사자수에서 구하고

8) 규모에 대한 보수불변의 제약식과 비제약식의 추정치를 비교해 본 결과, 보수불변을 가정한 제약식이 더 높은 설명력 및 통계적 유의성을 가지므로 이와 같은 모형이 더 적합하다고 판단하였다.

ICT 연구개발관련종사자의 수는 연도별 「연구개발활동조사보고서」에서 구할 수 있었다.

연구개발투입 R_t 에 관한 변수는 일반적으로 연구개발스톡이 사용된다. 하지만 정보통신부문의 연구개발스톡에 대한 공식적인 자료는 발표되지 않고 있기 때문에 별도로 산정한 수치를 본 연구의 연구개발투입변수로써 활용하였다.

연구개발스톡이란 연구개발 결과 생산되는 지식 및 경험이 시간의 경과에 따라 축적된 것을 정량적으로 표현한 것이다. 이는 자본스톡과 비슷한 개념이라 할 수 있으며 그 산출방법도 자본스톡과 유사한 형태를 갖는다. 그에 따라 연구개발스톡은 일반적으로 연구개발투자가 투입되면 일정한 시차를 가진 뒤 새로운 지식축적이 일어나고 기존의 축적된 지식은 일정 비율에 따라 진부화되어 간다고 가정하므로 연구개발스톡은 다음과 같은 수식으로 정리할 수 있다.

$$RS_t = RI_{t-i} + (1 - \delta)RS_{t-1} \quad (9)$$

단, RS_t 는 t 시점의 연구개발스톡; RI_t 는 t 시점의 연구개발투자; δ 는 지식 진부화율; i 는 연구개발시차

그리고 첫 해의 연구개발스톡을 이미 오래 전부터 매년 새롭게 형성된 지식이 누적되어온 결과라고 정의한다면 (9)식은 다음과 같이 변형된다.

$$RS_{t_0} = \sum_{j=0}^{\infty} RI_{t-i-j}(1 - \delta)^j \quad (10)$$

여기서 기준이 되는 첫 해 이전의 연구개발투자 증가율을 첫 해가 지난 이후에 실현된 평균적인 연구개발투자의 증가율(g)과 같다고 가정하면 (10)식은 다음과 같이 변형되고 이로부터 RS_{t_0} 의 값을 구할 수 있다.

$$RS_{t_0} = RI_{t_0} \left[\frac{1+g}{g+\delta} \right] \quad (11)$$

이제 (9)와 (11)식으로부터 ICT의 연구개발스톡을 구할 수 있다. 그러나 실제 값을 추계하기 위해선 ICT 관련 연구개발투자의 시계열 자료, 연구개발시차(time-lag), 지식진부화율(knowledge obsolescence rate), 연구개발 디플레이터(R&D deflator) 등의 자료를 필요로 한다.

따라서 본 연구에서는 정보통신 부문 연구개발투자액의 경우 연도별로 발표된 「연구개발활동조사보고서」를 참고하였으며, 특별히 공공부문과 민간부문을 구분하지 않은 통합자료를 활용하였다. 그리고 그 값을 실질가격으로 환산한 결과 연구개발투자의 증가율(g)은 약 14.9%인 것으로 나타났다.

ICT산업의 연구개발시차(i)는 그간 보편적으로 활용되었던 양희승(2010)의 개발·응용연구의 시차인 3년이라는 시차를 적용하지 않고 2년으로 하였다. 이는 이경석 외(2005)와 이현준 외(2014)의 연구를 통해 확인해본 결과 정보통신산업의 경우 2년이라는 공통된 수치를 도출하였기 때문이다.

지식진부화(δ)의 경우 0.186으로 설정하였는데 이는 「한국의 국민대차대조표 해설」의 조사결과 정보통신산업의 R&D 감가상각률이 2010년 기준 18.6%로 나타났기 때문이다. 마지막으로 연구개발 디플레이터는 박철민 외(2015)의 산출방법들 중 연쇄피셔지수 방법을 응용하여 ICT R&D에 특화된 디플레이터⁹⁾를 산출하였고 이를 통해 명목 연구개발비를 실질가격으로 환산하였다.

기간은 1997년부터 2013년까지, 총 17개 연도를 대상으로 하였다. 그 이유는 ICT 관련 대부분의 자료들이 1995년부터 발표되고는 있으나 데이터 확인결과 '95년과 '96년의 수치는 신빙성이 떨어진다고 판단하여 제외하였으며¹⁰⁾ 2015년 기준으로 가용할 수 있는 대부분의 최근자료들은 2013년까지이기 때문이다.

그리고 물가변동에 의한 편의(bias)를 최소화하기 위해 모든 데이터들은 2010년 기준의 불변가격으로 환산하여 활용하였으며, 자본투입과 노동투입은 신태영(2004)과 마찬가지로 각각 연도별 IT 제조업의 평균가동률과 평균근로일수를 곱하여 그 값을 조정하였다. 이상 최종 추정식은 다음과 같다.

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln(AVR_t \times K_t) + (1 - \beta_1) \ln(YDAY_t \times L_t) + \beta_3 \ln RS_t + \epsilon_t \quad (12)$$

단, AVR 은 IT 제조업평균가동률, YDAY 는 연평균 근로일수

3. 분석결과

앞에서 설명한 데이터들을 토대로 SPSS 17에서 OLS(Ordinary least square) 회귀분석을 실시한 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 회귀분석 추정결과

	β_0	β_1	β_3	adjusted R^2	F statistic	D. W. statisti
추정계수	- 8.333	0.691	0.344	0.972	276.528	2.083
t statistic	-33.232	5.123	14.192			
p-value	0.000	0.000	0.000			
VIF		1.719	1.719			

추정된 모형의 조정된 R^2 값은 0.972이고 F값도 276.528으로 나타나 모형의 설명력이 매우 높다는 사실을 알 수 있으며, 자기상관계수인 Durbin-Watson 통계량 또한 2.083으로서 자기상관(autocorrelation)문제도 없는 것으로 나타났다.

추정된 각 회귀계수들의 t값을 확인한 결과 모두 1% 수준에서 유의성이 있는 것으로 나왔으며 투입변수들의 분산팽창인자(VIF)가 1.719로 나타나 다중공선성(multi-collinearity)의 문제도 없는 것으로 판단된다.

그리고 추정계수 중에서 자본의 몫인 β_1 은 0.691이므로 노동의 몫 β_2 는 동차성(homogeneity) 제약조건에 따라 0.309임을 알 수 있으며, 연구개발 탄력성을 나타내는 β_3 는 0.344으로 나왔다. 따라서 이들 탄력성과 요소별 증가율을 토대로 (6)식에 따라 총산출에 대한 각 생산요소의 성장기여도를 계산하였다.

<표 3> 총산출에 대한 각 생산요소의 성장기여도

9) 디플레이터 산출을 위해선 인건비, 기타경상비, 기계·장치, 토지·건물, 컴퓨터소프트웨어 등 비목별 대응지표를 필요로 하며, 본 연구에서는 각각 ICT R&D 1인당 인건비지수, IT 생산자물가지수, IT 설비지수, 공업지역지가지수, 소프트웨어지수를 활용하였다.

10) 95년과 96년도 정보통신방송서비스 산업의 경우 부가가치가 총생산액보다 높게 계측되었는데, 이는 이론상 불가능하며 통계상의 오류로 의심된다.

구분	부가가치	자본스톡	노동투입	연구개발스톡	잔차 ¹¹⁾
증가율(%) ¹²⁾	9.33	4.22	4.3	13.07	
탄력성		0.691	0.309	0.344	
기여도(%)	100	31.3	14.2	48.2	6.3

<표 3>에서 알 수 있듯이 ICT R&D의 기여도는 48.2%로 나타나 예상과 맞게 높은 R&D기여도를 보이고 있다. 이는 기존의 28.1%(신태영, 2004)와 35.4%(국가과학기술심의회, 2013)에 비해 상대적으로 높은 수치임을 알 수 있으며 R&D기여율의 일괄적인 적용이 가지는 왜곡성과 세부 업종별 기여도 산정의 필요성 또한 확인시켜 준다하겠다.

IV. 비용저감효과 산출

1. 분석모형 설정

일반적으로 어느 한 기업의 연구개발투자는 가치창출효과뿐만 아니라 그 기업의 생산비용을 낮춰주는 효과 또한 유발하며, 그 영향은 여타기업 또는 기타산업들에게까지도 파급된다.

이러한 논리에 따라 Levin et al.(1984)은 연구개발 파급변수가 1% 증가하면 생산비용은 평균적으로 0.05% 감소하게 된다는 결과를 도출하였고, Jaffe(1986)는 파급변수가 1% 증가함에 따라 생산비용이 일반적으로 0.2% 감소하는 것으로 추정하였다.

국내에선 남준우(2000)가 초월대수함수를 이용하여 연구개발투자가 총가변비용에 미치는 장기적인 효과를 분석하였으며, 그 결과 연구개발투자가 1% 증가하는 경우 총가변비용은 0.68% 감소한다는 결과를 얻었다. 장진규 외(1994)에서는 국내의 전 산업을 8개의 산업 군으로 구분하여 실증분석을 수행하였다. 그는 각 산업 군들의 자체 생산비가 하락하는 정도를 사적 수익률이라 정의하고 타 산업 군들로 파급되어 생산비를 하락시킨 정도의 총합을 사회적 수익률이라 정의한 뒤, 두 수익률을 각각 분석하였다. 그 결과 산업 군들 중 현재의 ICT산업과 가장 유사할 것으로 기대되는 8산업 군(전기·전자·정밀기기)의 결과를 살펴보면 사적 수익률은 약 0.3%인 것으로 나타났고 사회적 수익률은 2.8%로 나타났다.

그러나 현행 경제적 타당성 분석에서는 적절한 측정방법의 부재로 인해 논란의 발생 가능성이 높다는 이유로 파급(간접)효과는 반영하지 않고 직접효과만을 반영하고 있다(KISTEP, 2014다). 따라서 본 연구에서도 파급효과를 고려하지 않은 ICT R&D 투자로 인한 ICT산업의 비용저감효과만을 분석하기로 한다.

실증분석을 위해 다음과 같은 각 생산요소에 대해 연속으로 2차 미분 가능한 생산함수가 있다고 가정하였다.

$$Y = f(L, M, K, R) \quad (13)$$

단, Y 는 산출량, L 은 노동투입, M 은 중간재투입, K 는 자본투입, R 은 연구개발투입

여기에 비용최소화의 원칙이 주어지고 투입요소들의 가격과 산출수준 및 연구개발투입이 외생적

11) 잔차(residual)는 통상 기술변화에 의한 성장 기여도를 의미한다(Solow, 1956).

12) 각 요소들의 증가율은 모두 CAGR에 의해 산출되었다.

(exogenous)으로 결정된다고 가정하면, (13)식은 생산함수와 비용함수 간의 쌍대성(duality)관계에 의해 아래와 같은 비용함수로 나타낼 수 있다(Diewert, 1974).

$$C = C(P_L, P_M, P_K, Y, R) \quad (14)$$

단, C 는 총생산비용; P_L 은 노동가격; P_M 은 중간재가격; P_K 는 자본가격; Y 는 산출량, R 은 연구개발투입

(14)식을 2차 항까지 테일러(Taylor series) 전개하여 확장하면 (15)식과 같은 초월대수비용함수(Translog cost function)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \sum_i \beta_i \ln P_i + \alpha_Y \ln Y + \alpha_R \ln R \\ & + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \frac{1}{2} \gamma_{YY} (\ln Y)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{RR} (\ln R)^2 \\ & + \sum_i \gamma_{Yi} \ln Y \ln P_i + \sum_i \gamma_{Ri} \ln R \ln P_i \end{aligned} \quad (15)$$

그리고 (15)식은 규모의 수익불변을 가정하고 있으므로 아래와 같이 1차 동차성(homogeneous of degree one)과 $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ 을 충족시키기 위한 대칭성(symmetry)을 제약조건으로 추가하였다. 그 결과 (16)식을 도출하였다.

$$\begin{aligned} \sum_i \beta_i &= 1 \\ \sum_i \gamma_{Yi} &= 0, \quad \sum_i \gamma_{Ri} = 0 \\ \sum_i \gamma_{ij} &= \sum_j \gamma_{ij} = \sum_i \sum_j \gamma_{ij} = 0 \\ \ln \left(\frac{C}{P_K} \right) &= \alpha_0 + \beta_L \ln \frac{P_L}{P_K} + \beta_M \ln \frac{P_M}{P_K} + \alpha_Y \ln Y + \alpha_R \ln R \\ &+ \frac{1}{2} \gamma_{LL} \ln \left(\frac{P_L}{P_K} \right)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{MM} \ln \left(\frac{P_M}{P_K} \right)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{YY} (\ln Y)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{RR} (\ln R)^2 \\ &+ \gamma_{LM} \ln \frac{P_L}{P_K} \ln \frac{P_M}{P_K} + \gamma_{LY} \ln \frac{P_L}{P_K} \ln Y + \gamma_{LR} \ln \frac{P_L}{P_K} \ln R \\ &+ \gamma_{MY} \ln \frac{P_M}{P_K} \ln Y + \gamma_{MR} \ln \frac{P_M}{P_K} \ln R + \gamma_{YR} \ln Y \ln R + \epsilon \end{aligned} \quad (16)$$

그리고 셰퍼드 정리(Shephard's lemma)에 따라 위의 비용함수를 각 생산요소가격으로 편미분하면, 다음과 같은 해당 생산요소의 비용점유율방정식(cost share equation; $S_i, i = L, M, K$)을 유도할 수 있다.

$$S_L = \beta_L + \gamma_{LL} \ln \frac{P_L}{P_K} + \gamma_{LM} \ln \frac{P_M}{P_K} + \gamma_{LY} \ln Y + \gamma_{LR} \ln R + \epsilon_L \quad (17)$$

$$S_M = \beta_M + \gamma_{MM} \ln \frac{P_M}{P_K} + \gamma_{LM} \ln \frac{P_L}{P_K} + \gamma_{MY} \ln Y + \gamma_{MR} \ln R + \epsilon_M \quad (18)$$

여기서 S_L 은 노동비용 점유율을 나타내며, S_M 은 중간투입비용 점유율을 의미한다. 각 생산요소의 비용점유율의 합은 $1(S_L + S_M + S_K = 1)$ 이므로, 하나의 비용점유율방정식은 다른 비용점유율방정식의 선형함수가 되고, 연립방정식체계 내의 오차항(ϵ)의 공분산행렬이 특이행렬이 되기 때문에 계량기법으로 인한 연립방정식 추정이 불가능하다.

따라서 오차항 공분산행렬의 비특이성을 보장하기 위해서는 요소가격들을 임의로 선택된 특정 요소의 가격으로 나누어주고, 선택된 요소의 비용점유율방정식과 선택된 요소를 포함하는 다른 요소의 비용점유율방정식의 항들은 생략하여 추정해야 한다. 그에 따라 총비용함수와 함께 3가지의 비용점유율방정식들 가운데 2개의 방정식에서 모수(parameter)가 추정되어지면, 나머지 하나의 방정식 값은 동차성과 대칭성 제약조건에 의해 쉽게 추정할 수 있다.

본 연구에서는 3가지의 비용점유율방정식들 중 자본투입의 비용점유율방정식(S_K)을 제외한 노동과 중간투입의 비용점유율방정식을 추정하였다. 즉, 최종적으로 총비용함수 (16)와 노동비용점유율방정식 (17), 중간투입비용점유율방정식 (18)을 결합한 연립방정식을 통해 실증분석을 수행하였다.

2. 데이터 선정

위에서 설정한 분석모형에 따라 실증분석을 수행하기 위해서는 ICT산업의 총비용(C), 노동가격(P_L), 중간투입가격(P_M), 자본투입가격(P_K), 산출량(Y) 그리고 연구개발투입(R)에 대한 데이터를 필요로 한다.

먼저 노동가격의 변수는 한국은행에서 제공하는 정보통신업 종사자들의 월평균임금을 사용하였으며 소비자물가지수(CPI)를 통해 실질가격으로 환산하였다.

그리고 중간투입의 가격은 이달석(2000)의 연구를 응용하여 한국은행에서 제공하고 있는 자료인 생산자물가지수(PPI)를 변수로서 그대로 활용하였으며, 자본투입가격은 조현주(2015)와 마찬가지로 Hall et al.(1967)에서 소개되고 OECD(2001)에서 권고하는 방법을 활용하였다. 그에 따라 한국은행에서 제공하는 정보통신업의 명목 생산자본스톡에 실질 생산자본스톡을 나눈 값을 자본가격으로 보았다.

산출량은 ICT산업의 총생산액을 적용하였다. 이는 중간투입에 대한 효과도 측정하기 위함이다. 자료는 「2014 ICT실태조사」에서 발표한 연도별 생산액을 활용하였으며, 물가증감분의 조정을 위해 한국은행에서 제공하는 정보통신업 디플레이터를 통해 실질가격으로 환산하였다. 연구개발투입변수는 III장과 마찬가지로 연구개발스톡을 그 대응변수로 보았고 활용한 데이터 역시 앞장에서 산정한 값을 그대로 활용하였다.

총비용에 대한 데이터는 현재 발표되지 않고 있는 관계로 논리적으로 추론할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 총비용이 이론경제학에서 일반적으로 통용되고 있는 ‘ $C = wL + rK + M$ ’ 항등식을 따른다고 보았다.

여기서 w 는 연임금(annual salary)을 의미하므로 노동가격의 변수인 정보통신업 종사자들의 월평균임금에 12를 곱하여 조정하였다. L 은 노동자수를 의미하며 연구개발종사자들의 임금은 연구개발스톡에 포함¹³⁾되기 때문에 이중계상을 배제하기 위해 차감하는 것이 옳다고 판단하였다. 따라서 가치창출효과 산출분석에서 활용된 노동투입변수와 마찬가지로 ICT산업의 총종사자수에서 ICT 연구개발종사자를 차감한 값을 활용하였다.

r 은 자본가격을 의미하므로 위에서 설명한 자본가격의 값을 그대로 활용하였으며, K 는 자본서비스량을 의미하는데 본 연구에서는 한국은행에서 제공하는 실질 ICT 설비투자액을 그 대응변수로 보았다. 그리고 이것

13) 연구개발종사자들의 임금은 연구개발비의 비목중 인건비에 포함된다.

또한 설비투자액을 그대로 적용하면 연구개발스톡과 중복될 것이라 판단하였기에 설비투자액에서 연구개발비의 비목 중 설비에 해당되는 비용¹⁴⁾들은 차감하여 조정하였다.

M은 중간투입 총비용을 의미한다. 그래서 ICT산업의 연도별 생산액에 부가가치를 차감한 값을 활용하였으며 이 변수도 연구개발스톡과의 중복을 피하기 위해 연구개발비의 비목 중 기타경상비에 해당하는 금액을 차감하였다. 그리고 이로부터 생산요소별 비용점유율 값은 각각 $S_L = \frac{wL}{C}$, $S_K = \frac{rK}{C}$, $S_M = \frac{M}{C}$ 임을 알 수 있다.

이 자료들도 III장과 같은 사유로 기간은 총 17개연도, 1997년부터 2013년까지를 대상으로 하였으며 물가변동에 의한 편의(bias)를 최소화하기 위해 이상 모든 데이터들은 2010년 기준의 불변가격으로 환산하여 활용하였다.

3. 분석결과

초월대수비용함수와 비용점유율 방정식이 결합된 연립방정식체계 내 모수들을 추정하기 위한 방법으로 Zeller(1962, 1963)가 제안한 SUR(Seemingly unrelated regression)모형이 적합하다고 판단하여, 본 연구에서는 STATA 14가 지원하는 반복(iterated) SUR 방법을 활용하였다. 그 추정결과는 <표 4>와 같다.

<표 4> 비용함수 및 비용점유율 방정식의 추정결과

추정함수	파라미터	추정치	표준오차	z	p-value
비용함수 (ln C)	α_0	-30.87643	21.05475	-1.47	0.143
	β_L	1.513854	0.0814236	18.59	0.000
	β_M	-1.439609	0.1665567	-8.64	0.000
	β_{K^*}	1.074245			
	α_Y	2.637371	2.568378	1.03	0.304
	α_R	1.808238	1.031831	1.75	0.080
	γ_{LL}	0.1224544	0.0170425	7.19	0.000
	γ_{MM}	0.1809301	0.078327	2.31	0.021
	γ_{KK^*}	-0.2083541			
	γ_{YY}	-0.0414751	0.0694596	-0.60	0.550
	γ_{RR}	-0.0565498	0.030573	-1.85	0.064
	γ_{LM}	-0.1368228	0.0332085	-4.12	0.000
	γ_{LK^*}	0.2524614			
	γ_{LY}	-0.1156386	0.0088042	-13.13	0.000
	γ_{LR}	0.0410708	0.0065523	6.27	0.000
	γ_{MK^*}	-0.0441073			
	γ_{MY}	0.1714101	0.0175143	9.79	0.000
	γ_{MR}	-0.0569864	0.0132766	-4.29	0.000
	γ_{KY^*}	-0.0557715			
	γ_{KR^*}	0.0159156			
$\gamma_{YR^{**}}$	3.84e-15	(omitted)			

14) 연구개발비의 비목중 기계·기구·장치비

추정 함수	파라미터	추정치	표준오차	z	p -value
노동투입 비용점유율 (S_L)	β_L	1.513854	0.0814236	18.59	0.000
	γ_{LL}	0.1224544	0.0170425	7.19	0.000
	γ_{LM}	-0.1368228	0.0332085	-4.12	0.000
	γ_{LK}^*	0.2524614			
	γ_{LY}	-0.1156386	0.0088042	-13.13	0.000
	γ_{LR}	0.0410708	0.0065523	6.27	0.000
중간투입 비용점유율 (S_M)	β_M	-1.439609	0.1665567	-8.64	0.000
	γ_{ML}	-0.1368228	0.0332085	-4.12	0.000
	γ_{MM}	0.1809301	0.078327	2.31	0.021
	γ_{MK}^*	-0.0441073			
	γ_{MY}	0.1714101	0.0175143	9.79	0.000
	γ_{MR}	-0.0569864	0.0132766	-4.29	0.000
자본투입 비용점유율 (S_K)	β_K^*	1.074245			
	γ_{KL}^*	0.2524614			
	γ_{KM}^*	-0.0441073			
	γ_{KK}^*	-0.2083541			
	γ_{KY}^*	-0.0557715			
	γ_{KR}^*	0.0159156			

* 는 동차성 및 대칭성 조건에 의한 추정치

** 는 공선성(collinearity)의 문제로 누락된(omitted) 변수

이상 <표 4>에서 나타난 결과를 통해 각 변수들의 비용탄력성을 추정할 수 있다. z 값을 확인한 결과 대부분의 회귀계수 값들이 통계적으로 유의한 것으로 나왔고 모형의 R^2 값도 각각 0.993, 0.959, 0.941으로 나와 모형의 적합도 또한 높은 것으로 확인되었다.

한편, 본 연구의 목적인 연구개발투자(연구개발스톡) 증가에 따른 생산비 저감효과는 다음 (19)와 같은 식에 의해 도출될 수 있다.

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln R} = \alpha_R + \gamma_{RR} \ln R + \sum_i \gamma_{Ri} \ln P_i + \gamma_{YR} \ln Y \quad (19)$$

하지만 (19)식에 따르면 연구개발 투자가 증가할수록 오히려 비용은 상승하는 것으로 나타나는데, 이는 연구개발스톡과 중간투입비용은 대체관계(-0.0569864)인 반면에 연구개발스톡과 노동비용 및 자본비용은 보완관계(각각 0.0410708, 0.0159156)로 나타났기 때문인 것으로 보인다.

이러한 관계가 도출된 이유는 연구개발스톡의 증가가 연구개발의 고도화를 이끌고 이는 곧 고급인재와 고급설비 및 실험장치에 대한 수요의 증가를 수반하기 때문인 것으로 사료된다. 그리고 그 결과의 반영이 곧 노동비용과 자본비용의 상승을 초래한 것으로 보인다.

그러나 노동비용과 자본비용의 상승은 부가가치 창출에 미치는 요인들이기 때문에 이 두 요인을 고려하면 가치창출효과 분석과 중복 계상될 것이라는 점이 우려된다.¹⁵⁾ 그러므로 노동과 자본투입에 대한 효과는 배제하고 부가가치와 상호 독립인 중간투입에 대한 연구개발투자의 비용저감효과만을 고려하는 것이 순비용의

¹⁵⁾ 부가가치는 피용자보수, 영업잉여, 고정자본소모, 간접세, 보조금공제 등으로 구성되며 이들 중 피용자보수와 영업잉여가 곧 노동비용과 자본비용에 각각 대응된다.

저감을 측정하기 위한 타당한 접근방법인 것으로 판단된다.

계다가 일반적으로 비용저감효과는 당해 연도뿐만 아니라 그 영향이 지속적으로 이어질 가능성이 크기 때문에 장기적인 관점에서 살펴 볼 필요가 있을 것이다. 따라서 중간투입자원에 대한 비용의 저감효과 $\left(\frac{\partial S_m}{\partial \ln R}\right)$ 가 모든 연도에 있어 동일하다고 가정할 경우 연구개발투자(R)의 증가가 초래하는 장기적인 비용저감효과는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\partial S_{m_{t+i}}}{\partial \ln R_t} &= \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\partial S_{m_{t+i}}}{\partial \ln R_{t+i}} \frac{\partial \ln R_{t+i}}{\partial \ln R_t} \\ &= \frac{\partial S_m}{\partial \ln R} (1 + (1-\theta) + (1-\theta)^2 + \dots) = \frac{\partial S_m}{\partial \ln R} \frac{1}{\theta} \end{aligned} \quad (20)$$

여기서 θ 는 비용저감효과에 대한 감가상각률을 의미하며, 본 연구에서는 지식의 진부화를 표현하기 위한 정보통신산업의 R&D 감가상각률 18.6%(한국은행, 2014), 그리고 미래 수익을 현재가치로 환산하기 위해 현행 예비타당성조사에서 보편적으로 쓰이는 사회적 할인율인 5.5%(KISTEP, 2014)를 합한 24.1%를 θ 의 값으로 활용하였다.

그 결과 중간투입에 대한 장기적인 비용저감 탄력성은 $\frac{\partial S_m}{\partial \ln R} \frac{1}{\theta} = -0.236$ 인 것으로 나타났다. 즉, ICT 연구개발투자의 1% 증가는 총비용중 중간투입의 약 0.236%를 장기적으로 저감시키는 것으로 분석할 수 있다.

그리고 대상기간동안에 ICT 연구개발투자가 앞선 계산에 따라 연평균 약 14.9%씩 증가해왔다는 점을 감안하면, 그간 연구개발투자에 따른 중간투입의 비용저감효과는 (-0.236×14.9) 라는 계산에 따라 약 3.5%인 것으로 확인된다.

따라서 향후 ICT R&D사업에 대한 경제성 분석은 이상 산출된 수치와 본문에서 제시한 새로운 R&D기여도 산정방법(4)과 (1), (2), (3)식에 기초하여, 다음 3가지 방법이 실무적으로 활용 가능할 것으로 보인다.

첫째, ICT R&D기여율인 48.2%를 적용하여 산출한 편익(B)에 비용(C)을 차감한 뒤 ICT R&D 비용저감 기여도($C_s : C \times 0.035$)를 더하는 방법이다.

둘째, 편익(B)의 추정은 마찬가지로 R&D기여율 48.2%로 적용하여 ICT R&D의 가치창출 기여도를 산출하고, 비용(C)에 $(1 - 0.035)$ 를 곱하여 조정된 비용(\bar{C})을 편익에 나누는 방법이다.

셋째, 위와 동일한 방법으로 추정된 편익(B)에 비용(C)을 나누어 비율(B/C)을 먼저 산정한 후 추가적으로 ICT R&D 비용저감율 $s(0.035)$ 를 더하는 방법이다.

이상의 방법들을 통해 ICT 관련 국가 R&D사업의 경제적 타당성 분석을 시행함에 있어 평가결과의 정밀성과 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

V. 결론 및 정책적 시사점

국가연구개발사업에 대한 예비타당성조사의 역할이 갈수록 중요해짐에 따라 본 연구에서는 예비타당성조사의 가장 중요한 요소인 경제적 타당성 분석을 고도화하기 위한 개선방안에 대해 모색해보았다.

일반적으로 R&D 투자는 부가가치 증대와 더불어 생산과정에 소비되는 비용을 투자 이전보다 감소시키는

비용저감 편익을 낳는다(Stiglitz, 1969; Griliches, 1980; Schankerman, 1981; Griliches et al., 1984, 1990; Hall et al., 1995). 그러나 현행 예비타당성조사는 두 편익을 함께 고려하지 않기 때문에 R&D 투자에 따른 편익을 과소평가할 우려가 있다.

게다가 업종 또는 산업에 따라 R&D 투자가 편익에 기여하는 정도가 다른데도 불구하고, 편익추정 과정에 있어 거시적 차원에서 도출된 R&D의 평균기여율을 일괄적으로 적용하고 있다. 이는 R&D 효과가 클 것으로 기대되는 사업의 경제성을 낮게 평가할 것이고 반대로, R&D 효과가 낮을 것으로 기대되는 사업의 경제적 타당성은 높게 평가하는 결과를 초래할 것이다. 이러한 문제점들을 그대로 방치한다면 평가결과가 R&D정책의 집행을 잘못된 방향으로 유도하여 결국 정책실패(failure of policy)를 야기할 가능성이 높다.

따라서 본 논문에서는 R&D의 가치창출효과와 비용저감효과를 함께 고려한 기여도 산정방법인 ‘R&D 총 기여도 = R&D 가치창출 기여도 + R&D 비용저감 기여도’ 산정식을 대안으로서 새로이 제시하였다. 그리고 여러 산업들 중 R&D효과가 클 것으로 기대되는 ICT산업을 대표로 실증분석을 수행함으로써 실제 예비타당성조사에서 직접 활용 가능한 추정치 또한 산출하였다. 그 결과 R&D의 가치창출 기여도에 계산된 R&D기여율 값은 48.2%로 산출되었으며 R&D의 비용저감 기여도에 활용될 R&D비용저감율은 3.5%로 나타났다. 즉, ICT 관련 R&D사업의 경우 48.2%와 3.5%라는 수치를 적용하는 것이 기존의 산정방식에 비해 보다 불편(unbiased)하고 합리적인 경제적 타당성 분석결과를 도출할 것으로 판단된다.

그리고 ICT R&D기여도 산출을 통해 기존의 평균 R&D기여율 값인 28.1% 또는 35.4%와의 큰 차이를 발견할 수 있는데, 이는 곧 세부 업종별 R&D기여도 산출에 대한 필요성을 확인시켜 준다. 따라서 이번 ICT 산업의 R&D기여도 산출을 시작으로 추후 기타 산업들도 R&D의 가치창출효과와 비용저감효과를 함께 고려한 R&D기여도를 산출한 뒤, 이를 바탕으로 산업별 R&D기여도표의 정립 및 구축하는 작업이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 경제적 타당성 분석에 관하여 이론적인 고찰과 ICT R&D사업에 한하여 실무적으로 활용 가능한 R&D기여도를 제시하였다는 점에서 큰 의미를 가진다. 그리고 이를 통해 본 연구가 1차적으로는 편익 추정에 합리성 및 정교성을 더하고, 궁극적으로는 국가연구개발사업 예비타당성조사의 제도 개선에 크게 기여할 것으로 기대하는 바이다.

참고문헌

- 국가과학기술심의회 (2013), 「제3차 과학기술기본계획」.
- 국가재정법 (2015), 국가법령정보센터.
- 기획재정부 (2014가), 「2014~2018년 국가재정운용계획」
- 기획재정부 (2014나), 「2014년도 예비타당성조사 운용지침」.
- 김규남, 김정언, 정현준, 이영수 (2013), 「ICT R&D 투자의 효율성 분석과 중장기 투자방향 연구」, 정책연구 13-11, 정보통신정책연구원.
- 김기환 (2005), “정보화사업 타당성분석제도의 개선방향 모색: 공공분야 타당성분석제도들의 비교를 중심으로”, 「정보화정책」, 12(1): 59-77.
- 김병우 (2008), “R&D 투자와 설비투자”, 「한국경제연구」, 21: 33-58.
- 김석현 (2006), 「산업별 연구개발투자의 생산성 기여」, STEPI 정책연구 2006-18.
- 김영진 (2008), “우리나라 방송 산업의 성장요인 분석”, 한국외국어대학교 석사학위논문.

- 남준우 (2000), “초월대수함수를 통하여 본 연구개발투자의 가격에 대한 장기효과 분석”, 「시장경제연구」, 29(2): 201-212.
- 박승록 (2014), “창조경제에서 정보통신기술의 활용과 일자리 창출 및 성장”, 「생산성논집」, 28(2): 51-86.
- 박철민, 구분철 (2015), “우리나라 R&D 디플레이터의 산출 및 분석”, 기술경영경제학회 2015 하계학술대회 발표논문집.
- 박혜진 (2014), “융합형 연구개발사업의 예비타당성조사를 위한 경제성 분석”, 경북대학교 석사학위논문.
- 성승제 (2014), “국가정보화사업과 예비타당성조사 제도에 대한 재정법적 검토”, 정보화 법제연구.
- 송준기 (1994), “R&D자본과 생산성관계에 관한 실증적분석”, 「산업조직연구」, 3: 37-56.
- 신석하 (2010), “한국의 산업별 정보통신자본과 총요소생산성”, 「한국개발연구」, 32(4): 75-114.
- 신일순, 김홍균, 송재경 (1998), “정보기술 이용과 기업성과”, 「경제학연구」, 46(3): 253-278.
- 신태영 (2004), 「연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도」, STEPI 정책자료 2004-03.
- 양희승 (2010), “R&D 예비타당성조사에서의 편익 추정의 정형화 가능성에 관한 고찰”, 「정책분석평가학회보」, 20(2): 77-101.
- 이경석, 박명철, 이덕희 (2006), “시차분석을 통한 정보통신산업 연구개발투자가 총요소생산성에 미치는 효과 연구”, 「한국통신학회논문지」, 31(2B): 154-163.
- 이달석 (2000), “한국 제조업의 생산구조와 에너지수요요소간 대체와 기술변화의 영향”, 명지대학교 박사학위논문.
- 이도형 (2005), “국가연구개발사업 예비타당성조사 제도의 도입 방향”, 서강대학교 석사학위논문.
- 이영수, 김동수 (1999), “은행산업에서 정보화투자의 비용절감 효과분석”, 「금융학회지」, 4(2): 123-145.
- 이현준, 백철우, 이정동 (2014), “기업 R&D투자의 시차효과분석”, 기술혁신연구, 22(1): 1-22.
- 장진규, 정성철, 김기국 (1994), 「연구개발 투자의 경제효과 분석」, 정책연구 94-05, 한국과학기술연구원.
- 정기순 (2001), “초월대수가변비용함수모형을 이용한 정보통신기기 제조업의 기술진보 측정”, 충남대학교 석사학위논문.
- 정성철, 장진규 (1993), 「기술개발투자의 경제효과분석 - 모형개발을 위한 사전조사 연구 -」, 정책연구 93-04, 한국과학기술연구원.
- 조현주 (2015), “초월대수 비용함수 추정을 통한 KLEM 요소간 대체성 연구”, 부경대학교 석사학위논문.
- 하준경 (2005), “연구개발의 경제성장효과 분석”, 금융연구원.
- 한국과학기술기획평가원 (2010), 「미래전략 소프트웨어 기술개발사업 예비타당성조사 보고서」
- 한국과학기술기획평가원 (2012가), 「IT융·복합 산업 혁신을 위한 스마트센서 산업 육성 사업 예비타당성조사 보고서」.
- 한국과학기술기획평가원 (2012나), 「범부처 GIGA KOREA 사업 예비타당성조사 보고서」.
- 한국과학기술기획평가원 (2012다), 「신산업 창출을 위한 SW융합 기술 고도화 사업 예비타당성조사 보고서」.
- 한국과학기술기획평가원 (2014가), 「2013년 R&D사업 예비타당성조사 일관성 제고를 위한 조사 체계 개선 방향 연구」, 연구보고서.
- 한국과학기술기획평가원 (2014나), 「2013년도 연구개발활동조사보고서」.
- 한국과학기술기획평가원 (2014다), 「연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제2판)」, 연구보고서.
- 한국과학기술기획평가원 (2015), 「휴먼ICT 중소기업 창조생태계 기반구축사업 예비타당성조사 보고서」.
- 한국은행 (2014), 「한국의 국민대차대조표 해설」.
- 한국정보통신기술협회 (2003), 「정보통신부문 상품 및 서비스 분류체계 표준」.

- 한국정보통신진흥협회 (2015), 「2014 ICT실태조사」.
- 홍재표, 최나린, 김방룡 (2012), “IT산업 연구개발투자의 경제적 효과 분석”, 『한국통신학회논문지』, 37(9): 837-848.
- 황석원, 이우성, 박종혜 (2010), 「국가 R&D사업 경제적 타당성 평가 방법론 개선방안」, STEPI 정책연구 2010-03.
- Bernstein, J. I. and Mamuneas, T. P. (2006), “R&D depreciation, stocks, user costs and productivity growth for US R&D knowledge intensive industries”, *Structural Change and Economic Dynamics*, 17(1): 70-98.
- Cardona M., T. Kretschmer, and T. Strobel (2013), “ICT and productivity: conclusions from the empirical literature”, *Information Economics and Policy*, 25: 109-125.
- Coe, D. T. and Helpman, E. (1995), “International R&D Spillovers”, *European Economic Review*, 39: 859-887.
- Cuneo, P. and Mairesse, J. (1984), “Productivity and R&D at the firm level in French manufacturing, in Griliches, J., ed., *R&D, patents and productivity*”, University of Chicago Press, 393-416.
- Diewert W. E. (1974), “Applications of Duality Theory”, In *Frontier of Quantitative Economics*, edited by M. D. Intriligator and D. A. Kendrick, Amsterdam: North-Holland.
- Edworthy, E. and Wallis, G. (2008), “Research and Development as a Value Creating Asset”, *Productivity Measurement and Analysis*, 303.
- Englander, A. S., Evenson, R., and Hanazaki, M. (1988), “R&D Innovation and the Total Factor Productivity Slowdown”, *OECD Economic Studies*, 11: 7-42.
- Gallouj, F. and O. Weinstein (1997), “Innovation in services”, *Research Policy*, 26(4-5): 537-556.
- Griliches, Z. (1980), “R&D and the Productivity Slowdown”, *American Economic Review* 70: 343-348.
- Griliches, Z. (1986), “Productivity, R&D, and Basic Research at the Firm Level in the 1970’s”, *American Economic Review*, 76(1): 141-154.
- Griliches, Z. (1994), “Productivity, R&D, and the Data Constraint”, *American Economic Review*, 84(1): 1-23.
- Griliches, Z. and J. Mairesse (1984), “Productivity and R&D at the Firm Level”, in: Z. Griliches (ed.), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press.
- Griliches, Z. and J. Mairesse (1990), “R&D and Productivity Growth: Comparing Japanese and U.S. Manufacturing Firms”, in: C. Hulten (ed.), *Productivity Growth in Japan and the United States*, Chicago: University of Chicago Press.
- Hall, B.H., and J. Mairesse (1995), “Exploring the Relationship Between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms”, *Journal of Econometrics* 65: 263-293.
- Hall, R. E. and D. E. Jorgenson (1967), “Tax Policy and Investment behavior”, *The American Economic Review*, 391-414.
- Jaffe, A. (1986), “Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms’ patents, profits and market value”, *American Economic Review*, 76(5): 984-1001.
- Kim Jin Woong (2011), “The Economic Growth Effect of R&D Activity in Korea”, *Korea and the World Economy*, 12(1): 25-44.

- Levin, R. C. and P. C. Reiss (1984), "Tests of a Schumpeterian model of R&D and market structure", in Z. Griliches(ed.): 175-208.
- Liik, M., Jaan, M., and Kadri, U. (2014), "The Contribution of R&D to Production efficiency in OECD countries: econometric analysis of industry-level panel data", *Baltic Journal of Economics*, 14(1-2): 78-100.
- Mansfield, E. (1988), "Industrial R&D in Japan and the United States: A Comparative Study", *American Economic Review*, 78(2): 223-228.
- Mansfield, E., Rapoport, J., Romeo, A., Wagner, S., and Beardsley, G. (1977), "Social and Private Rates of Return From industrial Innovation", *Quarterly Journal of Economics*, 91(2): 221-240.
- Mizik, N. and Jacobson, R. (2003), "Trading Off Between Value Creation and Value Appropriation: The Financial Implications of Shifts in Strategic Emphasis", *Journal of Marketing* 67: 63-76.
- Niininen, P. (2000), "Effect of Publicly and Privately Financed R&D on Total Factor Productivity Growth", *Finish Economic Papers*, 13(1).
- OECD (2001), "Measuring Productivity: OECD Manual, Measurement of Aggregate and Industrial-level Productivity Growth".
- OECD (2002), "The Measurement of Scientific and Technical Activity", *Frascati Manual*.
- Sakurai, N, Ioannidis, E., and Papaconstantinou, G. (1996), "The Impact of R&D and Technology diffusion on Productivity Growth: Evidence for 10 OECD countries in the 1970s and 1980s", OECD publishing.
- Schankerman, M. (1981), "The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returns to R&D", *Review of Economics and Statistics*, 63(3): 454-458 .
- Solow, R. (1956), "Technological Change and Aggregate Production Function", *Review of Economic Statistics*, 70: 65-94.
- Stiglitz, J. (1969), "Theory of Innovation-Discussion", *American Economic Review* 59: 44-46.
- Terleckyj, N. E. (1974), "Effects of R&D on the Productivity Growth of Industries: An Exploratory Study, National Planning Association, Washington, D. C..
- Verspagen, B. (1995), "R&D and productivity: A broad cross-section cross-country look", *Journal of Productivity Analysis*, 6: 119-135.
- Zellner, A. (1962), "An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias", *Journal of the American Statistical Association*, 57: 348-368.
- Zellner, A. (1963), "Estimators for seemingly unrelated regression equations: Some exact finite sample results", *Journal of the American Statistical Association*, 58: 977-992.