

## 정부지원형태에 따른 기업의 R&D 효율성 차이 : 사물인터넷 산업을 중심으로

장수진\*, 김규형\*\*, 윤상필\*\*\*

### 1. 서 론

오늘날의 기업들은 급변하는 글로벌 환경에 적응하고 경쟁우위를 확보하기 위해 혁신역량을 갖추어야 한다(Conner & Prahalad, 1996; Spender & Grant, 1996). 기술혁신은 R&D 활동을 기반으로 하며, 생산적인 R&D 활동은 경쟁적인 시장에서 살아남기 위해 반드시 필요한 요소 중 하나이다(Werner & Souder, 1997). 하지만 R&D 활동의 중요성에도 불구하고 기술혁신 성과가 가지는 정의 외부성으로 인해 과소공급되는 시장실패 현상이 나타난다(Arrow, 1962; Cohen, 1996). 또한, 혁신활동은 기업뿐만 아니라 사회 전반의 후생을 증대시키는 효과를 보인다. 이에 따라 정부에서는 적극적으로 R&D 활동을 지원해야 한다. 국내 R&D 활동에 대한 투자는 주요 선진국보다 적극적임에도 불구하고 R&D 투자 대비 성과는 OECD 회원국 중 하위에 속하는 문제점을 보이고 있으며, 특히 R&D 투자의 절반 정도만이 활용되는 것에 그치고 있다(신진교, 2007). 따라서 기업의 R&D 활동 자체만이 아니라 이에 따른 파급효과를 고려하는 기업 R&D 효율성에 주목할 필요가 있다.

전 세계적으로 사물지능통신에서 사물인터넷(Internet of Things)으로의 기술 발전이 이루어지면서 새로운 패러다임으로의 전환이 일어나고 있다. 사물인터넷은 사람을 거치지 않고 사물과 사물을 연결하여 소통을 가능하게 하는 수단을 말한다. 사물인터넷은 기존의 다양한 산업분야에 응용될 수 있어 인간의 삶에 혁신적인 변화를 일으킬 것으로 예상된다(Xia et al. 2012). 세계적인 IT분야 분석 기업인 가트너(Gartner)는 사물인터넷을 성장 동력을 확보할 수 있는 2016 10대 기술 중 하나로 제시하며 다양한 시장 생태계에 영향을 줄 것이라고 언급하였다(한국정보화진흥원, 2015). 또한 사물인터넷 기술을 적용할 수 있는 기업은 3,000억 달러 이상의 수익 창출이 예상되며, 전 세계적으로 사물인터넷에서 창출되는 총 경제 부가가치는 1조 9,000억 달러로 추정하고 있다(고윤승, 2014).

이처럼 사물인터넷의 높은 성장세로 사회와 산업에 미치는 영향이 상당할 것으로 예상됨에도 불구하고, 현재까지 사물인터넷과 관련한 연구들은 응용기술, 서비스의 특징 등 기술적 요소들에 대한 소개 및 향후 전망에 대한 예측에 그치고 있다(주정민·나형진, 2015). 미래창조과학부를 비롯한 많은 정부 부처에서도 사물인터넷 산업의 발전에 주목하고 있으나, 혁신

\* 장수진, KAIST 박사과정 (sarahjang@kaist.ac.kr, 제 1저자)

\*\* 김규형, KAIST 석사과정 (0516kkh@kaist.ac.kr, 제 2저자)

\*\*\* 윤상필, KAIST 석사과정 (etona@kaist.ac.kr, 제 3저자, 발표자)

적인 변화의 계기가 필요한 것은 사실이다. 따라서 사물인터넷 기술을 선도하고자 한다면 기업의 활발한 R&D 활동 뿐 아니라 기업에 대한 정부의 적극적 지원이 뒷받침되어야 할 것이다. 현재까지 신흥 산업을 발전시키기 위해 정부에서 추진한 R&D 지원정책의 성과를 논한 연구는 미흡하다. 따라서, 본 연구에서는 연구 부재의 의식을 바탕으로 사물인터넷 사업을 영위하는 기업을 대상으로 정부지원제도의 형태에 따른 기업 R&D 효율성을 자료포락 분석(Data Envelopment Analysis : DEA)을 적용하여 분석하고자한다. 본 연구를 통하여 사물인터넷 산업의 강화와 육성을 위하여 어떠한 형태의 정부 지원정책이 뒷받침되어야 할 것인지 제시할 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 문헌연구에서는 사물인터넷 시장을 바탕으로 정부의 기술혁신제도와 R&D 효율성 연구에 대해 살펴본다. 다음으로 본 연구에서 사물인터넷 관련 기업 대상으로 DEA 분석과정을 서술하고, 마지막으로 분석결과와 시사점을 제시한다.

## II. 이론적 배경 및 선행연구 검토

### 1. 정부의 기술혁신제도

기술혁신지원제도는 기업의 기술혁신을 촉진하기 위하여 정부에서 시행하는 정책이며, 혁신성과를 창출해낼 수 있도록 기술혁신에 영향을 미치는 요인을 파악하는 정부의 인위적 개입 형태를 말한다(신태영 외, 2006). 우리나라의 기술혁신지원제도는 미국이나 일본에서 중소기업을 대상으로 한 것과 달리, 그 대상을 특정집단으로 한정하지 않고 민간 기업의 R&D 활동을 촉진하는 방향으로 발전되어 왔다(이도형, 2011).

기술혁신지원제도는 성격과 유형에 따라 여러 기준으로 분류된다. 미래창조과학부·한국산업기술진흥협회(2015)에서 발간한 자료에 따르면, 기술혁신지원제도를 조세지원(세액공제, 과세특례 등), 금융지원(투·융자, 보증), 출연지원(각 부처에서 진행하는 관련 사업), 인력지원, 기술지원(기술개발, 기술사업화, 특허전략 등), 인증지원, 구매지원으로 구분하고 있다. 이후성 외(2015)는 정부의 R&D지원 정책을 재무적, 비재무적 지원으로 구분하여 지원유형별 중소기업 기술적 성과를 비교분석하였다. 신현우(2010)는 조세, 자금, 정부연구개발사업, 기술지원/지도, 기술정보, 인력, 구매, 마케팅지원 등 8개 지원제도를 그 성격과 기업 혁신활동 단계에 따라 조세지원, 자금지원, 기술지원, 시장지원으로 분류하였다. 이중 자금지원은 광의로 투·융자, 출연지원, 인력지원을 포함한다고 보았다. 또한, 시장지원은 공공구매와 마케팅지원을 포함하는 개념으로 설정하였다.

정부 R&D 지원정책 중 인증, 표준, 시험평가, 지식재산권을 포함하는 법 제도적 인프라도 기술혁신에 상당한 영향을 미치는 중요한 환경요인이다. 기업의 기술 보호 정책을 통해 혁신활동으로 인한 성과를 시장에서 적절하게 평가하고 정당하게 보상함으로써 기업의 혁신활동을 효과적으로 유인할 수 있다(신현우, 2009). 대표적으로, 특허는 발명자가 발명에 대한 상세한 내용을 기밀로 두지 않고 공개하는 대신 발명품을 일정기간동안 모방으로부터 보호받을 수 있는 권리를 주어 발명활동을 촉진시키는 제도이다(Hall, 2007). 경제발전 단계에 따라 특허의 효과가 다르게 나타날 수 있는데, 일정 수준 이상으로 발전하여 독자적 기술력을 확보할 수 있는 경제에서는 특허제도가 기술개발 투자의 성과를 보호하고 기술혁신을 촉

진하는 정책수단으로 사용된다. 우리나라의 경우에도 특허제도의 강화가 시장경쟁을 촉진시키는 역할을 하고 있다(정성철 외, 2004). 종합하자면, 특허제도는 기술혁신을 촉진시켜 궁극적으로 경제성장에 기여하도록 하는 기술혁신정책이다.

## 2. R&D 효율성에 대한 기존 연구

많은 연구들이 비모수적 접근법인 DEA를 사용하여 효율성과 생산성을 분석하였다. DEA는 다수의 투입변수와 다수의 산출변수 사이의 관계를 추정할 때 적합하다(Chun et al, 2015). 기업의 R&D 활동은 여러 요인에 의해 이루어지며, 산출물 역시 한 가지로 특정하기 어렵기 때문에 R&D 효율성을 측정하는 경우에도 DEA가 많이 적용된다. DEA를 기반으로 R&D 효율성에 대해 분석한 연구는 기업, 대학과 같은 개별 주체 단위, 프로젝트, 공공사업 단위, 더 확장하여 국가 간 상대적 효율성을 비교하는 연구에 이르기까지 매우 다양한 관점에서 논의되어 왔다.

Hashimoto and Haneda(2008)는 DEA/Malmquist를 이용하여, 일본 제약회사들의 R&D 효율성 변화를 측정하였다. Malmquist 지수는 서로 다른 두 시점의 DEA 효율성 비율을 측정하는 데 이용된다. 투입변수로 R&D 지출액을 사용하였으며, 특허 수, 매출액, 영업이익을 산출변수로 R&D 효율성을 평가하였다. 연구 결과에서 1983년에서 1992년에 이르기까지 일본 제약 산업의 R&D 효율성이 50%이하로 감소했다고 밝히고 있다. Guan et al.(2016) 역시 국가 R&D 효율성에 협력 네트워크 구조가 미치는 영향을 분석하기 위하여 DEA/Malmquist 방법론을 사용하였다. R&D 활동의 투입변수로 연구개발인력과 R&D 지출액, 지식스톡을, 산출변수로는 특허 수와 논문 수를 사용하였다. Chun et al.(2015)는 1,039개의 한국제조기업을 대상으로 2단계 DEA 모형을 적용하여 기술개발단계와 기술상용화 단계에서의 R&D 효율성을 측정하였다. DEA로 얻은 R&D 효율성 점수를 기업규모와 산업유형으로 재분류하여 비교분석에 이용하였다. 국내 제조업의 경우 기술 수준으로 산업을 분류했을 때 R&D 효율성에서 차이를 보였으며, 기술수준이 높은 산업에 속한 기업은 기술사업화 단계보다 기술발명단계에서 더 효율적인 것으로 나타났다. Wang and Huang(2007)는 3단계 DEA를 사용하여 30개 국가의 R&D 효율성을 측정하고 비교하였다. 투입변수로는 인적자원(연구자, 기술자의 수), R&D 순자본스톡을, 산출변수로는 특허수와 논문수를 사용하였다. 연구 결과, R&D 효율성이 극대화 되어있는 국가는 전체 표본의 삼분의 일에 미치지 못한 것으로 나타났다. DEA는 연구 목적과 변수간의 관계 등에 따라 여러 방식으로 적용되는데, 본 연구에서는 3단계 DEA를 사용하여 R&D 효율성을 측정하고 집단 간 효율성 차이를 비교하고자 한다.

## 3. 정부의 기업 R&D 활동 지원

다수의 해외 선행연구에서는 기업에 대한 정부의 R&D 지원이 기업의 혁신활동 촉진에 기여한다는 점을 밝히고 있다. Robson(1993)의 연구에서는 정부의 R&D 지원제도가 기업의 R&D 투자에 미치는 영향을 분석하였는데, 정부가 제도적으로 R&D를 지원하는 것은 사기업의 R&D 투자를 증가시켜 기술혁신 활동을 촉진시키는 것으로 나타났다. Busom(2000)은 정부의 직접적인 지원정책과 기업 혁신성과의 상관관계에 주목하고, 스페인 기업을 대상으로 살펴본 결과 정부의 직접적인 지원정책이 기업의 적극적 혁신활동 참여를 유도하여 혁신의 창출 과정 및 성과의 향상에 유의미한 효과를 보이고 있음을 밝혔다.

직접적 지원 정책의 일환이라 할 수 있는 제도적인 R&D 보조금 지원이 기업의 R&D 활동에 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있다. 실제로 Almus and Czarnitski(2003)의 연구에서 정부의 R&D 보조금 지원을 받은 기업은 지원을 받지 않은 기업에 비해 R&D 활동이 증가하는 현상을 확인하였다. Hall and Reenen (2000)의 연구는 공공 R&D 자금의 투입의 효과를 분석한 바 있으며, 결과적으로는 기업의 R&D 투자와 혁신성장을 향상시켜 기업성장에 긍정적인 영향을 미친다고 주장하였다.

국내의 경우에도 많은 연구가 정부지원제도와 기업의 R&D 투자와의 관계에 주목하고 있으며, 정부의 R&D 지원이 기업의 R&D 활동에 긍정적인 영향을 미친다는 점에서 해외 연구결과와 유사한 결과를 보인다. 이병기(2004)는 과학기술부 자료를 바탕으로 정부의 연구개발보조와 연구개발투자의 관계를 살펴보았으며, 정부의 연구개발보조가 연구개발투자에 긍정적 영향을 나타내는 것을 확인하였다. 송종국·김혁준(2009)의 연구에서는 대기업과 중소기업 중심의 정부지원 제도의 효과에 대한 실증분석을 실시하였다. 정부 R&D 조세지원이 대기업과 중소기업의 R&D 투자를 늘리는 것에 기여하였으며, 특히 중소기업보다 대기업의 R&D 투자 촉진에 더 효과적임을 보였다.

정부의 R&D 지원제도는 기업의 R&D 투자 뿐 아니라 중소기업의 혁신활동자체에도 영향을 미치는 것으로 드러나고 있다. 박경도·윤지웅(2007)에서는 기술혁신조사를 통해 중소기업이 정부 R&D 지원을 통해 혁신활동을 촉진시킬 수 있다고 주장하였다. 직접적인 자금 지원은 외부 R&D 활동을 증진시키고 이를 통해 간접적으로 내부 R&D 활동에도 긍정적인 영향을 가져오게 된다고 밝히고 있다. 류숙원·김상윤(2010)은 정부의 정책과 관련하여 중소기업 기술혁신의 경우 기술정보제공과 정부연구개발 사업 참여는 혁신활동에 긍정적인 영향을 미치지만, 반대로 기술지원은 오히려 부정적 효과를 초래한다는 점을 제시하였다. 또한 R&D 투자와 혁신간의 관계에서 정책지원제도가 양의 조절효과를 가지는 것을 실증하였고, 정책자금지원과 인력지원이 기업의 R&D 투자를 통한 혁신성장에 도움이 되는 것을 확인하였다(신진교·최영애, 2008).

#### 4. 사물인터넷 산업과 정부지원제도

사물인터넷 산업에 대한 국내연구는 서로 다른 디바이스들간의 연결을 필요로 하는 기술에 대한 제안이나 산업파급효과 위주로 연구가 이루어지고 있다 (주정민·나형진, 2015). 정우수 외(2013) 연구에서는 산업연관표를 이용하여 사물인터넷 산업의 경제적 파급효과를 실증적으로 분석하였다. 연구 결과에 따르면 사물인터넷은 지속적으로 발전하여 국가의 성장동력의 역할을 할 수 있는 중요한 요소로 작용할 것으로 드러났다. 이에 따라 정부, 중소기업과 스타트업을 포함한 모든 기업 등 모든 참여자들이 상생할 수 있는 생태계를 구축하고, 시장에서 신뢰를 확보할 수 있는 사물인터넷 서비스 제공을 위한 법적인 제도를 촉구하였다.

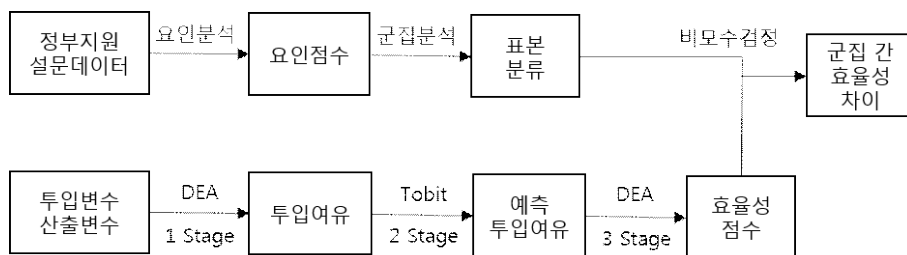
사물 인터넷 산업의 성장에는 핵심기술 확보, 주요 기업과 중소기업·스타트업간의 윈윈 협력을 통한 세계적 경쟁력 확보, 사물인터넷 서비스 활성화 등이 선행되어야 한다. 현재는 이를 위한 법과 제도가 미흡한 상태로써, 국내 사물인터넷 산업 활성화를 위해서는 정부의 정책적 지원이 뒷받침되어야 한다고 밝히고 있다 (미래창조과학부·정보통신기술진흥센터, 2014; 김민수, 2015). 그러나 사물인터넷 산업에 대한 정부정책에 대한 연구는 크게 활성화가 되고 있지 않은 것으로 나타났다(주정민·나형진, 2015). 따라서 현재까지 신흥 산업의 발

전을 위한 정부의 R&D 지원정책에 대한 효율성을 논하는 연구는 미흡한데, 특히 최근의 새로운 성장 동력인 사물인터넷 산업의 중심으로 연구가 필요하다. 본 연구를 통해서 스타트업을 포함한 모든 기업들이 사물인터넷 산업의 강화와 육성에 있어서 어떠한 정부의 지원정책으로 뒷받침해야 하는지를 제시할 수 있을 것이다.

### III. 연구 방법

#### 1. 연구 모형

본 연구의 목적은 정부지원 형태에 따라 사물인터넷 기업의 R&D 효율성에 미치는 영향을 확인하는 것이다. 이를 위해 먼저 요인분석을 통해 정부지원 형태를 분류하고, 군집분석을 통하여 사물인터넷 기업들을 정부지원 형태에 따라 군집을 나누었다. 그 후 3단계 DEA 분석을 통하여 외부 요인을 배제한 사물인터넷 기업들의 R&D 효율성 점수를 산출했다. 마지막으로 산출된 각 기업의 R&D 효율성 점수를 비모수검정을 통하여 군집 간 차이를 분석하였다. 이를 도식화하면 (그림1)과 같다.



(그림1)

#### 2. 연구 대상의 선정 및 자료 수집 방법

이번 연구에 사용된 자료는 '2014년 한국기업혁신조사'와 각 기업의 재무데이터 KIS-VALUE이다. 과학기술정책연구원에서 2-3년 주기로 발표되는 위 조사는 기업의 혁신 활동에 대한 특성을 파악하여 국가 혁신정책 수립 및 연구에 필요한 자료를 확보하는데 목적이 있다(조가원 외, 2014). 제조업 4,075개, 서비스업 4,155개로 총 8,230개의 설문조사 결과 중 재무데이터와 매칭된 기업은 제조업 1,337개, 서비스업 865개로 총 2,202개이다. 본 연구의 주된 대상인 사물인터넷 산업은 아직 산업분류코드로 분류되지 않아, 미래창조과학부(2013), 정우수 외(2013)를 참고하여 사물인터넷 산업분류코드를 추정하였고, 이를 바탕으로 위 2,202개의 설문데이터에서 277개의 기업을 선별하였다. 하지만 이는 공식적인 산업분류코드가 아니므로 실제로 각 기업이 사물인터넷과 관련된 활동을 하는지 확인할 필요가 있다. 따라서 각 기업의 홈페이지와 인터넷 검색을 통하여 기업의 사물인터넷 활동을 파악하였다. 기업의 홈페이지에서는 사물인터넷 관련한 개발활동을 하는지 혹은 제품 소개에 사물인터넷 관련 제품이나 서비스가 있는지 살펴봤고, 인터넷 검색에서는 검색 키워드 '기업명 IoT', '기

업명 사물인터넷’, ‘기업명 Internet of Things’을 통해 기업 경영진의 인터뷰 혹은 사물인터넷 관련 기사에 해당 기업이 소개된 적이 있는지를 파악하였다. 그 외 IoT포럼, IoT전시회, 사물인터넷협회 등에 참가하거나 가입되어있는 기업도 사물인터넷 기업으로 분류하였다. 이를 통해 최종적으로 제조업 44개, 서비스업 22개로 총 66개의 기업을 연구 대상으로 선정하였다.

### 3. 변수의 조작적 정의와 측정

연구에 사용된 변수는 세 가지 파트로 나눌 수 있다. 하나는 요인분석과 군집분석을 위한 변수, 다른 하나는 DEA분석을 위한 변수, 마지막은 외부요인을 배제하기 위해 시행하는 Tobit 분석에 이용되는 변수이다. 먼저 요인분석과 군집분석을 위한 변수로 한국기업혁신조사 설문지의 항목을 사용하였다. 한국기업혁신조사 중 혁신에 대한 보호방법 별 활용 여부와 중요도를 평가하는 문항이 있는데, 이 중 ‘특허권 등록’, ‘실용신안권’, ‘저작권’, ‘상표권’이 법적 보호장치를 사용하는 혁신보호방법이다(최은영·정진욱, 2015). 각 항목마다 높음, 보통, 낮음으로 중요도를 평가하여 이를 높음=3, 보통=2, 낮음=1, 없음=0으로 수치화 하고, 4가지 항목의 평균값을 법적 보호장치로서의 정부지원제도의인 ‘보호지원’ 변수로 사용하였다. 또한, 한국기업혁신조사에서 정부지원제도의 활용 여부와 중요도를 평가하는 8가지 항목을 사용하여 조세지원(기술개발 조세감면), 자금지원(기술개발 및 사업화지원, 정부 연구개발사업 참여, 정부기술지원 및 지도), 기술지원(기술정보제공, 기술인력 및 교육연구 지원), 시장지원(정부 및 공공부문의 구매, 마케팅 지원)으로 구분하고, 각 항목의 중요도를 높음=3, 보통=2, 낮음=1, 없음=0으로 하여 평균값을 사용하였다. 보호지원, 조세지원, 자금지원, 기술지원, 시장지원 총 5가지 점수에 대해 요인분석을 실시, 요인분석으로 산출된 각 표본의 요인점수를 군집분석을 위한 변수로 사용하였다.

<표 1> 요인분석, 군집분석에 사용되는 변수

변수명	변수설명	자료수집
보호지원	지난 3년간(2011-2013) 제품혁신 및 공정혁신에 대한 보호방법(특허권 등록, 실용신안권, 저작권, 상표권)의 활용 여부와 중요도를 4점 척도(높음=3, 없음=0)로 하여 평균값	2014 한국기업혁신조사표
조세지원	지난 3년간(2011-2013) 정부지원제도(기술개발 조세감면)의 활용 여부와 중요도를 4점 척도(높음=3, 없음=0)로 하여 평균값	2014 한국기업혁신조사표
자금지원	지난 3년간(2011-2013) 정부지원제도(기술개발 및 사업화지원, 정부 연구개발사업 참여, 정부기술지원 및 지도)의 활용 여부와 중요도를 4점 척도(높음=3, 없음=0)로 하여 평균값	2014 한국기업혁신조사표
기술지원	지난 3년간(2011-2013) 정부지원제도(기술정보제공, 기술인력 및 교육연구 지원)의 활용 여부와 중요도를 4점 척도(높음=3, 없음=0)로	2014 한국기업혁신조사표

	하여 평균값	
시장지원	지난 3년간(2011-2013) 정부지원제도(정부 및 공공부문의 구매, 마케팅 지원)의 활용 여부와 중요도를 4점 척도(높음=3, 없음=0)로 하여 평균값	2014 한국기업혁신조사표

DEA분석을 위한 변수로는 R&D 비용, 설비투자비, 교육훈련비를 투입변수로 사용하고, 매출액의 변화를 산출변수로 사용하였다. 2011-2013년도에 시행한 한국기업혁신조사를 투입의 효과가 산출로 나타나기까지 걸리는 시간이 2년인 R&D 프로젝트로 가정하여 투입변수는 2011년도를 기준으로, 산출변수는 2013년도를 기준으로 하였다. 이를 기반으로 매출액의 변화는 설문 시행 전년도인 2010년의 매출액과 2013년도의 매출액의 차이를 사용하여, R&D 프로젝트 이전과 이후의 매출액의 변화를 프로젝트의 산출물로 가정하여 산출변수로 설정하였다. 이때 DEA는 음수 값을 처리할 수 없으므로, 표본의 최솟값이 1이 되도록 값을 상향 조정하였다. DEA분석을 사용한 많은 R&D 효율성 연구에서 R&D 비용과 R&D 인력을 투입변수로 사용하였다(이종대·정양현, 2014). R&D 비용은 기업의 재무데이터 KIS-VALUE에서 쉽게 찾을 수 있다. 이러한 R&D 투자에 대한 결과를 상품화, 실용화하는 과정에서 유발되는 설비투자비 또한 고려해야한다(김병우, 2008). 설비투자비 또한 KIS-VALUE에서 찾을 수 있으나 해당 년도의 R&D 인력을 파악하기는 어렵다. 한국기업혁신조사 설문항에 연구개발 전담인력을 묻는 항목이 있지만 이는 2013년에 해당하는 질문이므로 이번 연구에 사용할 수 없다. 이를 대신하기위해 해당 년도의 교육훈련비를 사용하였다. 교육훈련에 대한 투자는 전문인력에 대한 니즈로서 향후 성과향상을 위한 투자(주영주·조선유, 2014)로 볼 수 있으므로 이를 R&D 인력 대신 투입변수로 사용하였다.

<표 2> DEA분석에 사용되는 변수

변수명	변수설명	자료수집
R&D비용	2011년도 연구개발 투자액	KIS-VALUE
설비투자비	2011년도 설비 투자액	KIS-VALUE
교육훈련비	2011년도 교육훈련비	KIS-VALUE
매출증감	2010년도 대비 2013년도 매출액	KIS-VALUE

마지막으로 Tobit 분석에 이용되는 변수는 투입여유에 영향을 미칠 수 있는 외부요인들로 구성된다. 1단계 DEA분석의 투입여유를 설명하는 변수로는 기업의 자산 규모, 기업 연혁, 혁신장애물, 산업분류, 협력활동의 유무, 기업의 법정유형을 사용하였다. 기업의 자산 규모는 혁신활동의 규모에 영향을 미치기 때문에 고려되어야 한다(신민식·김수은, 2012). 각 기업의 2011년 총 자산의 로그 값을 변수로 설정하였다. 기업의 연혁은 기업이 가지고 있는 축적된 노하우 등에 따른 R&D 투자 특징을 나타낸다. 산출변수의 기준년도와 기업 설립 년도의 차이를 기업 연혁 변수로 설정하였다. 혁신장애물은 기업의 혁신활동에 어려움을 줄뿐 아니라 기업의 전략적 선택에도 영향을 미친다(이성기, 2008). 한국기업혁신조사 설문항 중 제품혁신 및 공정혁신을 수행하지 못하거나 성공적인 실현을 저해한 11가지 요인 중 관련 여부와 중요도를 묻고 있다. 또한 11가지 요인은 자금문제, 기업역량요인, 시장요인, 필요요인으로 분류하고 있으므로, 본 연구에서도 이를 활용하여 각 분류의 응답값을 높음=3, 중간=2, 낮음

=1, 없음=0으로 하여 평균값을 4가지 혁신장애물 변수로 사용하였다. 협력 여부 또한 기업의 혁신성장에 영향을 미칠 수 있기 때문에 한국기업혁신조사에서 협력의 유무를 묻는 설문항의 답변을 협력 변수로 사용하였다(강석민·서민교, 2013). 산업 분류 별 R&D 투자의 특징을 고려하기 위해 제조업/서비스업을 더미변수로 사용하였다. 해당년도 기업의 조직혁신과 마케팅혁신 여부도 더미변수로 사용하였는데, 이는 기업의 혁신활동의 방향과 그에 따른 R&D 투자, 성과가 다를 수 있기 때문이다. 이는 한국기업혁신조사에서 조직혁신과 마케팅혁신의 도입 유무를 묻는 항목으로 측정하였다. 마지막으로 R&D 활동을 기업의 규모 측면에서 고려할 뿐만 아니라 이상에서 논의되지 않은 다양한 기업적 특성을 고려하기 위해 대기업, 중기업, 소기업으로 나뉘는 법정유형을 더미변수로 사용하였다. 대기업과 중소기업은 혁신활동의 규모 면에서 다를 뿐 아니라 그에 대한 성과, 혁신활동의 목적, 사용하는 정보의 원천 등 다양한 내적 특성에서 차이를 보이기 때문이다(박재민, 2010). 위 세 파트의 변수들을 정리하면 다음과 같다.

<표 3> Tobit 분석에 사용되는 변수

변수명	변수설명	자료수집
기업규모	ln(2011년 총 자산)	KIS-VALUE
기업 연혁	2013년도에서 기업의 설립년도 차감	KIS-VALUE
자금문제	지난 3년간(2011-2013) 제품혁신 및 공정혁신을 수행하지 못하거나 성공적인 실현을 저해한 요인(내부 자금 부족, 기업 외부 자금부족, 과도한 혁신비용)의 관련 여부와 중요도를 4점 척도(높음=3, 없음=0)로 하여 평균값	2014 한국기업혁신조사표
기업역량 요인	지난 3년간(2011-2013) 제품혁신 및 공정혁신을 수행하지 못하거나 성공적인 실현을 저해한 요인(혁신을 위한 우수인력 부족, 기술에 대한 정보 부족, 시장에 대한 정보 부족, 혁신을 위한 협력파트너의 부재)의 관련 여부와 중요도를 4점 척도(높음=3, 없음=0)로 하여 평균값	2014 한국기업혁신조사표
시장요인	지난 3년간(2011-2013) 제품혁신 및 공정혁신을 수행하지 못하거나 성공적인 실현을 저해한 요인(독과점 기업에 의한 시장지배, 혁신 제품에 대한 시장수요 불확실성)의 관련 여부와 중요도를 4점 척도(높음=3, 없음=0)로 하여 평균값	2014 한국기업혁신조사표
필요요인	지난 3년간(2011-2013) 제품혁신 및 공정혁신을 수행하지 못하거나 성공적인 실현을 저해한 요인(3년 이전에 수행한 혁신 성과로 인해 추가적인 혁신 불필요, 혁신 제품에 대한 시장수요 불확실	2014 한국기업혁신조사표



	성)의 관련 여부와 중요도를 4점 척도 (높음=3, 없음=0)로 하여 평균값	
산업분류	산업분류가 제조업일 경우 1, 서비스업 일 경우 0	KIS-VALUE
협력	한국기업혁신조사에서 혁신활동 수행과 관련하여 타기업 또는 타기관과 협력한 경우 1, 그 외 0	2014 한국기업혁신조사표
조직혁신	지난 3년간(2011-2013) 3가지 조직혁신 중 하나라도 운영에 도입도 경우 1, 그 외 0	2014 한국기업혁신조사표
마케팅혁신	지난 3년간(2011-2013) 4가지 마케팅혁신 중 하나라도 운영에 도입도 경우 1, 그 외 0	2014 한국기업혁신조사표
대기업	법정유형이 대기업일 경우 1, 그 외 0	2014 한국기업혁신조사표
중기업	법정유형이 중기업일 경우 1, 그 외 0	2014 한국기업혁신조사표
소기업	법정유형이 소기업일 경우 1, 그 외 0	2014 한국기업혁신조사표

#### 4. 연구 방법

본 연구에 사용되는 방법론은 3단계 DEA분석이다. 기존 DEA분석은 투입변수와 산출변수 외에 외부 요인을 통제할 수가 없다. 그렇기에 기존 방법으로는 기업의 특성 등의 외부 요인을 배제하고 군집 간의 효율성을 비교할 수 없다. 1단계에 산출되는 연구개발 효율성은 외부 환경요인에 대한 통제가 이루어지지 않은 상태로써, 분석에서의 편의가 개입되어있을 확률이 높다. 2단계를 통하여 외부 환경적 영향력을 제거하게 된다. 기업규모, 연혁 등과 같은 기업 특성 뿐 아니라 한국기업혁신조사 설문에서 나타난 혁신의 장애물, 협력 여부와 같은 항목들은 기업 R&D 효율성에 있어 외부적으로 영향을 미칠 수 있는 요인들이며 이들의 영향력을 정량화하여 분리하고자 하였다. 2단계에서 Tobit 분석을 통해 얻어진 모수들로 예측투입여유를 측정하고, 이를 이용하여 3단계에서 조정 과정을 거치며 외부 환경의 영향력을 통제한 최종적인 순효율성 점수가 측정되게 된다. 이를 보완하기 위해 행해지는 방법이 바로 3단계 DEA분석이다. 3단계 DEA분석을 통하여 외부 환경요인의 영향을 배제한 순 효율성을 도출할 수 있다(황석원 외, 2009).

1단계에서는 설정한 투입변수와 산출변수를 사용하여 DEA분석을 실시한다. 이때 DEA분석 유형은 투입지향 BCC모형을 사용한다. 투입변수를 통제할 것이기 때문에 투입지향 모델을 사용하는 것이 적합하다. 또한 상당수의 경우 경영규모는 효율성 평가에 영향을 미칠 수 있고(유금록, 2004), 투입 및 산출에 있어 규모에 따른 변화가 존재한다고 판단되므로, 선행 연구와 같이 규모수익가변을 가정하는 것이 적합하다(천동필 외, 2014). 이를 통해 투입여유를 산출하여, 2단계에서는 투입여유를 종속변수로, 사전에 설정한 독립변수들을 사용하여 Tobit 분석을 실시한다. 투입여유에 대한 독립변수의 영향을 분석하여 얻은 수식의 계수들을 사용하여 외부 요인들의 효과를 고려한 예측여유를 측정한다. 3단계에서는 2단계에서 얻어진 예측여유를 통해 1단계에서 사용한 투입변수를 조정된 후 1단계와 같이 DEA분석을 다시 한 번 시행하여 각 기업의 효율성 점수를 산출해낸다. 투입변수를 조정하는 방법은 기

존 투입변수에 예측여유의 최댓값과 예측여유와의 차이값을 더해주면 된다. 즉, 유리한 외부 요인에 의해 투입여유가 낮은 의사결정단위에게 불리한 외부요인을 부여함으로써, 투입여유가 낮은 기업의 여유가 상향조정되는 것이다(황석원 외, 2009).

산출해낸 효율성 점수를 정부지원 형태에 따라 분석하기 위해 표본을 요인분석과 군집분석을 사용하여 그룹화한다. 요인분석은 사전에 설정한 보호지원, 조세지원, 자금지원, 기술지원, 시장지원 5개의 변수를 사용하여 확인적 요인분석을 통해 차원을 축소하여 정부지원 형태로 구분하고, 요인점수를 산출한다. 이때 산출된 요인점수로 군집분석을 실시하여, 표본을 군집으로 구별한다. 3단계 DEA분석을 통해 얻은 효율성 점수를 비모수검정을 통하여 군집 간의 차이를 분석한다. 첫 검정은 Kruskal-Wallis검정을 통해 군집 간의 차이가 유의한지 확인하고, 이 후 Mann-Whitney검정을 통하여 군집 내의 관계를 파악한다. 이를 통하여 어떤 정부지원 형태가 사물인터넷 기업의 R&D 효율성에 영향을 미치는지 비교할 수 있다.

## IV. 분석결과

### 1. 연구결과

#### 1) 요인분석 및 군집분석

먼저 요인분석을 통해 정부지원 형태를 나누기 위해 한국기업혁신조사 설문문을 기반으로 66개의 표본 기업의 정부지원 현황을 변수화하였다. 이를 기술통계로 정리하면 <표 4>와 같다. 사물인터넷 기업의 기술혁신 과정에서 상대적으로 보호지원과 조세지원, 자금지원을 중요하게 고려한다는 것을 알 수 있다.

<표 4> 기술통계량

지원형태	평균	표준편차	중간값	최솟값	최댓값
보호지원	0.602	0.834	0	0	3
조세지원	0.667	1.092	0	0	3
자금지원	0.783	0.896	0.667	0	3
기술지원	0.189	0.467	0	0	2
시장지원	0.273	0.641	0	0	2

변수화한 설문조사 데이터를 확인적 요인분석을 통하여 3개의 차원으로 축소한 결과는 다음과 같다. 조세지원과 자금지원이 성분1로 축소되었고, 기술지원과 시장지원이 성분2로 축소되었고, 보호지원은 성분3이 되었다. 성분1의 조세지원과 자금지원은 정부지원 형태에서 직접지원의 성격을 가지고 있다. 또한 성분2의 기술지원과 시장지원은 정부지원 형태에서 간접지원의 성격을 가지고 있고, 성분3은 보호지원으로 정부지원 형태에서 법률적 보호의 성격을 띄고 있다(신현우, 2009). 그러므로 성분1을 '직접지원'으로, 성분2를 '간접지원', 성분3을 '보호지원'으로 요인분석 결과를 해석할 수 있다.

<표 5> 확인적 요인분석 결과

지원형태	성분		
	1	2	3
보호지원	0.005	0.048	0.944
조세지원	0.863	0.173	-0.175
자금지원	0.766	0.110	0.317
기술지원	0.109	0.942	-0.002
시장지원	0.360	0.545	0.446

참고: KMO=0.630, Bartlett  $\chi^2=44.316$ , 자유도=10, \*\*\*  $p = 0.000$

위 요인분석의 결과로 차원의 축소와 더불어 각 차원의 요인점수도 산출할 수 있다. 이렇게 산출될 요인점수를 사용하여 66개 표본을 군집분석하면 결과는 다음과 같다. 결과 수치를 보면 군집1은 비교적 간접지원을 중요하게 여기는 집단, 군집2는 직접지원을 중요하게 여기는 집단, 마지막으로 군집 3은 보호지원을 중요하게 여기는 집단으로 분류되었다. 66개의 표본들이 군집1에 8개, 군집2에 15개, 군집3에 43개 소속되었다.

<표 6> 최종 군집분석 결과

지원형태	군집		
	1	2	3
직접지원	-0.07258	1.49460	-0.50787
간접지원	2.33017	-0.26490	-0.34111
보호지원	-0.25064	-0.15448	0.10052

<표 7> 각 군집의 케이스 수

군집	1	8.000
	2	15.000
	3	43.000
유효	66.000	
결측	0.000	

## 2) 3단계 DEA분석

3단계 DEA분석을 위한 투입변수, 산출변수, 투입여유의 설명변수를 정리하면 다음 <표 8>와 같다. 66개 사물인터넷 기업의 평균 R&D 비용은 약 48억 원이고, 설비투자비는 약 15.3억 원, 교육훈련비는 약 9,240만원이다. 투입여유 설명변수 중 산업분류를 보면 제조업이 44개로 약 67%를 차지하고 있고, 서비스업이 22개로 약 33%를 차지하고 있다. 또한 사물인터넷 기업 중 협력활동을 하고 있는 기업은 35%이다. 표본 중 약 52%가 조직혁신을 도입하였고, 약 30% 기업이 마케팅혁신을 도입하였다. 표본 중 중소기업에 속해있는 기업이 79%로 가장 많았고, 대기업에 속한 기업이 15%, 소기업에 속한 기업이 6%로 가장 적었다.

<표 8> DEA 적용 변수들의 기술통계량

변수	평균	표준편차	중간값	최솟값	최댓값
R&D 비용(원)	4,804,406,258	12,933,797,505	1,162,302,000	0	73,226,000,000
설비투자비(원)	1,530,921,015	4,403,128,982	318,205,000	0	33,945,861,000
교육훈련비(원)	92,392,288	266,704,943	11,591,000	0	1,631,000,000
조정 후 매출증감(원)	258,560,355,107	66,974,042,680	252,055,317,501	1	513,889,287,001
기업규모	10.7525	0.5009	10.801	9.605	12.073
나이	17.5909	9.0737	15.000	4.000	48.0
자금문제	0.2980	0.5864	0	0	3.0
기업역량요인	0.4356	0.6236	0	0	2.5
시장요인	0.5530	0.7888	0	0	3.0
필요요인	0.1515	0.4520	0	0	2.0
산업분류	0.6667	0.4714	1	0	1.0
협력	0.3485	0.4765	0	0	1.0
조직혁신	0.5152	0.4998	1	0	1.0
마케팅혁신	0.3030	0.4596	0	0	1.0
대기업	0.1515	0.3586	0	0	1.0
중기업	0.7879	0.4088	1	0	1.0
소기업	0.0606	0.2386	0	0	1.0

R&D 비용, 설비투자비, 교육훈련비를 투입변수로, 조정된 매출증감을 산출변수로 1단계 DEA분석을 돌려 투입여유를 산출하고, 산출된 투입여유를 Tobit 분석을 사용하여 예측투입여유를 산출한다. 이를 이용해 초기 투입변수를 조정하여 마지막으로 3단계 DEA분석을 실시한다. 이를 통해 최종적으로 각 표본의 효율성점수를 얻을 수 있다. 이 효율성점수와 군집분석의 결과를 이용하여 각 정부지원 형태에 따른 효율성 차이를 검정한다.

### 3) 결과값

3단계 DEA를 통해 얻어진 효율성점수는 점수의 절대 수치보다는 각 표본 간의 상대적 크기가 중요하다. 이를 위해 효율성점수가 높은 순서에 따라 1에 가까운 순위값을 갖도록 변환하였다. 즉, 순위값이 작을수록 효율적인 상태임을 나타낸다. 이러한 비모수적인 변수를 사용해 집단 내의 차이를 밝히기 위해 Kruskal-Wallis 검정을 하였다. 그 결과는 다음과 같다. 기술통계를 보면 보호지원을 중요하게 생각하는 군집3이 평균 순위값이 가장 낮고, 직접지원을 중요하게 생각하는 군집2가 그 다음, 간접지원을 중요하게 생각하는 군집1의 평균 순위값이 가장 높게 나왔다. 즉, 평균치를 기준으로 보호지원 군집의 효율성이 가장 높고, 직접지원 군집의 효율성이 그 다음, 간접지원 군집의 효율성이 가장 낮다고 볼 수 있다. Kruskal-Wallis 검정 결과 유의수준 0.1 이내로 집단 내에 차이가 유의하다.

<표 9> Kruskal-Wallis Test 검정 결과

	N	평균 순위값	평균 효율성점수	효율성점수 표준편차
군집 1	8	47.88	0.476	0.244
군집 2	15	31.80	0.704	0.260
군집 3	43	31.42	0.717	0.248

$\chi^2=5.148$ , 자유도=2, \* $p = 0.076$ , \*\*\* $p - value < 0.01$ ; \*\* $p - value < 0.05$ ; \* $p - value < 0.1$

<표 10> Mann-Whitney Test 검정 결과

	N	평균순위	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	p
군집 1	8	15.50	32.0	152.0	-1.809	*0.076
군집 2	15	10.13				
군집 1	8	36.88	85.0	1,031.0	-2.262	**0.023
군집 3	43	23.98				
군집 2	15	29.67	320.0	1,266.0	-0.045	0.964
군집 3	43	29.44				

\*\*\* $p - value < 0.01$ ; \*\* $p - value < 0.05$ ; \* $p - value < 0.1$

각 군집 간의 효율성 차이의 유의성을 검정하기 위해 두 집단씩 Mann-Whitney 검정을 실시하였다. 그 결과, 군집1과 군집2는 유의수준 0.1 이내 차이가 유의하며, 군집2의 평균 순위가 군집1보다 낮았다. 군집1과 군집3의 Mann-Whitney 검정 결과, 유의수준 0.05 이내 차이가 유의하고 볼 수 있고, 군집3의 평균 순위가 군집1의 평균 효율성 순위보다 낮았다. 즉, 군집3의 효율성이 군집1의 효율성에 비해 높다고 해석할 수 있다. 마지막으로 군집2와 군집3의 Mann-Whitney 분석 결과에서는 군집3의 평균 순위가 낮기는 하지만 유의한 차이는 나타나지 않았다.

## V. 결 론

본 연구는 사물인터넷 사업을 영위하는 기업을 대상으로 정부지원제도의 형태에 따른 기업 R&D 효율성의 차이에 대하여 3단계 DEA를 적용하여 분석하였다. 분석 결과 정부의 조세와 자금 지원을 포함하는 직접지원을 받는 집단이 정보제공 및 마케팅 지원을 포함한 간접지원을 받는 집단보다 R&D 효율성이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 이러한 이유로는 사물인터넷은 고도화된 기술을 필요로 하는 산업에 속하여 신기술의 영향력이 제품의 완성도에 큰 영향을 미치기에 직접적인 기술지원과 정부연구개발사업 참여로 얻어지는 지식축적의 효과가 크게 나타나기 때문이다. 또한, 조세지원과 자금지원은 R&D 참여자들에게 인센티브를 제공할 수 있는 여건을 마련해 준다. 이는 각 참여자들의 연구개발 능력을 향상시켜 R&D 효율성에 긍정적인 영향을 준다.

두 번째로, 법적 보호장치인 기술보호지원을 받는 집단은 간접지원을 받는 집단보다 기업의 R&D 효율성이 상대적으로 더 크게 나타났다. 이는 R&D 효율성에 있어 보유한 기술을 보호하고 상업화를 지원하는 것이 상대적 효과가 크다. 그러나 직접지원과 기술보호지원의

효율성 차이는 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 이러한 현상 역시 기술이 발전단계에 있는 제품의 특성으로 볼 수 있으며, 기술이 성숙기에 진입하기 전에는 신기술의 보호가 보다 중요하게 다뤄진다고 해석 할 수 있다. 본 연구는 사물인터넷 산업의 강화와 육성을 위하여 어떠한 형태의 정부 지원정책이 뒷받침되어야 할 것인지 제시할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

본 연구는 다음과 같은 시사점을 가진다. 정책 관점으로는 정부에게 적합한 정책의 형태를 제언할 수 있다. 직접지원 또는 기술보호지원을 통하여 투자된 산업에서의 효율성 제고는 직접적인 예산 뿐 아니라 간접적인 인력 및 시간자원의 낭비를 막을 수 있을 것이다. 장기적으로 정부지원제도를 통해서 사물인터넷 산업이 경쟁력을 가질 수 있다면 사물인터넷 기술을 적용한 신산업이 확장됨에 따른 다양한 일자리가 창출될 것이라 기대된다. 학문적인 시사점으로는 현재 발전 단계에 있는 산업을 중심으로 성과를 분석함으로써 향후 사물인터넷 산업 관련 연구에의 시작이 되었다는 점이며, 특히 본 연구에서 사용된 샘플 수집의 과정은 사물인터넷 산업의 범주를 규정하여 연구 대상을 선택하는 기준으로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 사물인터넷 산업을 대상으로 한 정책지원의 효과에 관한 연구부채를 실증적으로 접근했다는 점에 있어서 의의가 있다.

본 연구는 적은 표본수를 연구대상으로 하여 분석하였다는 점과, 설문조사 자료를 바탕으로 변수를 설정했다는 점에서 한계를 가진다. 추후 사물인터넷 산업이 성장하여 표본수가 늘어나고, 공식적인 산업분류체계가 지정되었을 때, 3단계 DEA를 적용한다면, 본 연구에서 사용한 방법론을 적용한다면 사물인터넷 산업에 대한 정부지원의 효과를 보다 정확히 규명할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 강석민·서민교 (2013), “기술협력, 혁신 및 기업의 흡수능력에 관한 실증연구”, 「산업경제연구」, 26(2) : 945-959.
- 고윤승 (2014), “전자무역: 사물인터넷 (IoT) 의 주요국 정책과 시장전망에 관한 연구”, 「통상정보연구」, 16(5) : 27-47.
- 김민수 (2015), “사물인터넷 기술과 미래 서비스 방향에 대한 이해”, 「주간기술동향」, 1708호.
- 김병우 (2008), “R&D 투자와 설비투자”, 「한국경제연구」, 21 : 33-58.
- 류숙원·김상윤 (2010), “정책도구의 선택이 중소기업혁신에 미치는 영향에 관한 연구”, 「한국정책과학학회보」, 14(2) : 65-90.
- 미래창조과학부 (2013), 「사물인터넷 산업 실태조사 및 시장분석 연구」, 경기: 미래창조과학부.
- 미래창조과학부·정보통신기술진흥센터 (2014), “사물인터넷 R&D 추진계획”, 「IITP CP」, 14-4호.
- 미래창조과학부·한국산업기술진흥협회 (2015), 「창조경제를 위한 기술혁신지원제도」, 서울: 미래창조과학부·한국산업기술진흥협회.
- 박경도·윤지웅 (2007), “학술연구: 중소기업의 내부연구개발 활동과 외부 연구개발 활동의 관계: 보완관계인가 대체관계인가?”, 「기업가정신과 벤처연구 (구 벤처경영연구)」, 10(3) : 63-84.
- 박재민·이종만 (2011), “기업의 혁신 활동이 기업성과에 미치는 영향”, 「한국콘텐츠학회논문지」, 11(3) : 339-350.
- 송종국·김혁준 (2009), “R&D 투자 촉진을 위한 재정지원정책의 효과분석”, 「기술혁신연구」, 17(1) : 1-48.
- 신민식·김수은 (2012), “기업의 재무적 특성변수가 R&D 투자와 기업가치간의 관계에 미치는 영향”, 「기술혁신연구」, 20(1) : 45-73.
- 신진교 (2007), “중소기업의 R&D와 기술혁신: 전략 및 조직문화의 역할”, 「경영연구」, 22(2) : 377-397.
- 신진교·최영애 (2008), “연구논문: 중소기업의 R&D 와 혁신-정부정책지원의 조절효과”, 「기업경영연구 (구 동림경영연구)」, 26(단일호) : 119-132.
- 신태영·송종국·안두현·이우성·정승일·손치웅·손수정·김현호·허현희·한기인 (2006), 「기술혁신 지원제도의 효과분석과 개선방안」, 서울: 한국산업기술진흥협회·과학기술정책연구원.
- 신현우 (2009), “기술혁신 장애요인이 지원제도 활용에 미치는 영향에 관한 실증연구”, 「기술혁신연구」, 17(2) : 81-107.
- 신현우 (2010), “한국 제조기업의 기술혁신 지원제도 활용도에 관한 연구”, 서울산업대학교 IT정책전문대학원 박사학위 논문.
- 안승구·전황수 (2016), “국내외 사물인터넷(IoT) 정책 추진 방향”, 「KISTEP INI」, 13호 : 16-26.

- 유금록 (2004), 「공공부문의 효율성 측정과 평가: 프린티어분석의 이론과 적용」, 서울: 대영문화사.
- 이도형 (2011), 「기술혁신형 기업 육성을 위한 기술혁신지원제도의 현황 및 정책적 이슈」, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 이병기 (2004), 「정부의 연구 개발 보조가 민간 기업의 연구 개발 투자에 미치는 효과 분석」, 서울: 한국경제연구원.
- 이성기 (2008), 「다변량 프로빗 모형을 이용한 혁신과정의 장애요인과 기업의 기술확보 전략에 관한 실증연구: 한국 제조업을 중심으로」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 이종대·정양현 (2014), “한국 중소기업의 R&D 생산성 분석 : R&D 단계 및 산업 유형”, 「회계정보연구」, 32(1) : 51-68.
- 이후성·이정수·박재민 (2015). “정부 R&D지원 유형에 따른 중소기업 기술적 성과 분석”, 「기술혁신학회지」, 18(1) : 73-97.
- 정성철·윤문섭·장진규 (2004), 「특허와 기술혁신 및 경제발전의 상관관계」, 서울:과학기술정책연구원.
- 정우수·김사혁·민경식 (2013), “사물인터넷 산업의 경제적 파급효과 분석”, 「인터넷정보학회 논문지」, 14(5) : 119-128.
- 조가원·강희중·김정진·손창수·김민재 (2014), 「2014 년도 한국의 기업혁신조사: 제조업 부문」, 세종: 과학기술정책연구원.
- 주영주·조선유 (2014), “기업의 교육훈련비, 직무만족도, 이직률, 직업기초능력, 교육훈련 수행성과, 매출액 간의 구조적 관계 규명”, 「HRD 연구 (구 인력개발연구)」, 16(2) : 57-85.
- 주정민·나형진 (2015), “사물인터넷 (IoT) 에 관한 국내 연구 동향 분석”, 「정보화정책」, 22(3) : 3-15.
- 천동필·정양현·방성식 (2014), “한국 주요 기업의 연구개발 생산성 분석”, 「회계연구」, 19(4) : 173-190.
- 최은영·정진욱 (2015), “기술혁신에 대한 R&D 투자와 전유성의 역할에 관한 연구”, 「시장경제연구」, 44(3) : 81-105.
- 한국정보화진흥원 (2015), “IoT 융합 신산업 발전방향 및 정책대응 방향.” 「IT & Future Strategy」, 3 : 1-3
- 황석원·안두현·최승현·권성훈·천동필·김아름·박종혜 (2009), 「국가연구개발사업 R&D 효율성 분석 및 제고방안」, 서울: 과학기술정책연구원
- Almus, M., & Czarnitzki, D. (2003), “The effects of public R&D subsidies on firms’ innovation activities: The case of Eastern Germany”, *Journal of Business & Economic Statistics*, 21(2): 226-236.
- Arrow, K. (1962), “Economic welfare and the allocation of resources for innovation. In the rate and direction of inventive activity: Economic and social factors”, Princeton Univ. Press, 609-626.
- Busom, I. (2000), “An empirical evaluation of the effects of R&D subsidies.”, *Economics of Innovation and New Technology*, 9(2): 111-148.
- Chun, D., Chung, Y., & Bang, S. (2015), “Impact of firm size and industry type on R&D efficiency throughout innovation and commercialisation stages: Evidence from



- Korean manufacturing firms”, *Technology Analysis & Strategic Management*, 27(8): 895-909.
- Cohen, W. M. (1996), “Empirical studies of innovative activity and performance.” in Paul Stoneman(eds.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Cambridge, MA: Blackwell Press.
- Conner K.R., & Prahalad C.K. (1996), “A resource-based theory of the firm: Knowledge versus opportunism”, *Organization Science*, 7(5): 477-501.
- Guan, J., Zuo, K., Chen, K., & Yam, R. C. (2016), “Does country-level R&D efficiency benefit from the collaboration network structure?”, *Research Policy*, 45(4): 770-784.
- Hall, B. H. (2007), “Patents and patent policy”, *Oxford Review of Economic Policy*, 23(4): 568-587.
- Hall, B., & Van Reenen, J. (2000), “How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence”, *Research Policy*, 29(4): 449-469.
- Hashimoto, A., & Haneda, S. (2008), “Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry”, *Research Policy*, 37(10), 1829-1836.
- Robson, M. T. (1993), “Federal funding and the level of private expenditure on basic research”, *Southern Economic Journal*, 63-71.
- Spender J. C. & Grant R. M. (1996), “Knowledge and the Firm: Overview”, *Strategic Management Journal*, 17: 5-9.
- Wang, E.C. & Huang, W.C. (2007), “Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach”, *Research Policy*, 36(2): 260 - 273.
- Werner, B. M., & Souder, W. E (1997), “Measuring R&D performance: US and German practices”, *Research Technology Management*, 40(3).
- Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., & Vinel, A. (2012), “Internet of things”, *International Journal of Communication Systems*, 25(9): 1101.