

표준과 기술혁신의 관계에 관한 연구: 표준 제정·보유정보와 특허정보를 이용한 패널데이터 분석 및 정준상관 분석[†]

A Study on the Relationship between Standardization and Technological Innovation:
Panel Data and Canonical Correlation Analysis through the use
of Standardization Data and Patent Data

이희상(Heesang Lee)*, 김순천(Sooncheon Kim)**, 전예준(Yejun Jeon)***

목 차

- | | |
|------------------|----------------|
| I. 서 론 | IV. 연구모형 및 데이터 |
| II. 기존연구 검토 | V. 분석결과 |
| III. 기본가정 및 가설설정 | |

국 문 요 약

국내외적으로 기술혁신에 미치는 요소를 파악하기 위한 연구들이 다양하게 시도되었지만, 표준이 기술혁신에 영향을 미치는 부문에 관해서는 그 연구의 양이 작을 뿐더러 관련 종사자들에 대한 설문조사나 사례를 기반으로 한 연구가 대부분이었다. 본 연구는 우리나라 산업수준에서 표준화 활동이 기술혁신에 미치는 영향을 살펴보기 위해 표준화활동과, 기술혁신의 관계를 실증적으로 분석하였다. 표준제정수, 표준보유수, 국내특허출원수, 매출액, 영업이익, 순이익, 무형자산, 연구개발비를 한국산업표준 분류체계의 대분류를 기준으로 2003-2012년 동안의 연도별 패널데이터로 수집하였다. 첫 번째 연구로 산업별 특성효과를 반영한 산업전반의 표준과 기술혁신과의 관계를 찾기 위해 특허출원수를 종속변수로 표준제정수, 표준보유수, 연매출액, 연간영업이익을 독립변수로 하는 패널데이터모형을 사용하였고, 시간지연(time lag) 등을 고려하여 다양한 형태의 분석모형을 설계하였다. 분석 결과, 표준제정은 같은 해의 특허출원에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났고, 1-2년 뒤에 특허출원에 영향을 미치지 않았으나, 3년 뒤에 특허출원에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 표준보유는 특허출원에 정(+)에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 장기적으로는 표준이 기술혁신에 긍정적인 역할을 하지만, 새로 제정된 표준을 혁신주체가 수용하기까지 시간이 걸리기 때문인 것으로 해석된다. 두 번째 연구로 각 산업별로 부각되는 표준과 기술혁신의 상관관계가 어떻게 다른지를 식별하기 위해 표준을 방법표준, 전달표준, 제품표준으로 구분하여, 산업별로 기술혁신의 요인들과의 정준상관분석을 시행하였다. 분석 결과, 전반적으로 패널분석의 결과와 유사하나, 몇몇 산업에서는 산업별 특성을 반영하는 결과가 발견되었다. 따라서 표준 정책 측면에서는 기술혁신을 촉진하기 위하여 각 산업별 특징을 고려하여 장기적인 안목으로 표준화활동을 장려하는 정부의 노력이 요청된다.

핵심어 : 표준화, 기술혁신, 패널분석, 정준상관분석

※ 논문접수일: 2016. 7. 20, 1차수정일: 2016. 9. 5, 게재확정일: 2016. 9. 20

* 성균관대학교 기술경영전문대학원 교수, leehee@skku.edu, 031-290-7604, 교신저자

** 성균관대학교 산업공학과 석사과정, empairs@naver.com

*** 성균관대학교 기술경영학과 석사과정, jyj757@naver.com

† 이 논문은 <제4회 표준정책 마일스톤 연구논문 공모전> 선정 논문으로 2016년도 한국표준협회의 지원을 받아 수행된 연구임.

ABSTRACT

Previous researches have introduced various ways to analyze the impact of standardization on innovation while the works are not only small in number but based on interview or case study. This paper addresses the impact of standardization activities within South Korean industries on technological innovation applying an empirical analysis of standardization activities and technological innovation. Drawing on Korean Industrial Standards Classification from panel data of 2003 to 2012, we employed corresponding data of each industrial classification: Number of standards, Accumulated number of standards, Number of patents applied in Korea, Sales, Operational profit, Intangible asset, and R&D invest. In the first model, we run panel data models employing the number of patents applied in Korea as an independent variable, and the number of standards, accumulated number of standards, sales, and operational profit as dependent variables to observe industrial impacts upon the relationship between standards and patents, along with time lagged consideration. The result shows that number of standards are revealed to have a negative influence on patent applications in the year of research, and no significant effect appears for the next two years while positive effect shows up on the third year. Meanwhile, accumulated number of standards turned out to have positive effects on patent applications in Korea. This implies it takes time for innovation subjects to embrace newly established standards while having a significant amount of positive effect on technological innovation in the long term. In the second model, we use canonical correlation analysis to find industrial-wide characteristics. The result of this model is equivalent to the result of panel data analysis except in a few industries, where some industry specific characteristics appear. The implications of our results present that Korean policy makers have to take account of industrial effects on standardization to promote technological innovation.

Key Words : Standardization, Technological Innovation, Panel Data Analysis, Canonical Correlation Analysis

I. 서 론

국가 차원의 표준제도가 도입된 지 50년이 넘는 동안 기술표준은 우리나라의 기술발전, 품질 향상 등 산업국가로 도약하는데 초석이 되어왔을 뿐 아니라(국가기술표준백서, 2014) 산업의 네트워크 외부성에 기여를 하고 시장매개효과를 가져오는 등 기술혁신과 산업발전에 긍정적인 역할을 수행하고 있다(Farrell 외, 1985). 표준화 활동과 기술혁신에 관련한 그동안의 연구는 표준이 기술혁신의 촉매제 역할을 하는지 저해하는지에 대해 이견이 있는 만큼 표준화 활동이 우리나라의 산업에 어떤 영향을 미치고 있는지를 체계적으로 분석하는 것은 표준관련 정책 수립에 합리적인 기반을 제시할 수 있을 것이다. 그동안 표준 및 표준화에 대한 연구는 활발히 진행되어 왔으나, 표준이 기술혁신에 미치는 영향에 대한 연구는 그 수가 적을뿐더러 이론적 기반 또한 미흡한 실정이다. 최근에 들어와서 표준과 혁신의 연관성에 관한 연구가 늘어나는 추세이나(Choi 외, 2011), 대부분 개별 사례연구나 특정 산업만을 대상으로 연구가 진행되어 왔다. 또한, 이들 연구에서는 개별 사례에 대한 정성분석이나 관련 기술이나 산업 종사자들의 주관적인 설문답변에 근거한 횡단면적인 회귀분석 등 방법론적 한계를 가져왔다.

본 연구의 목적은 우리나라의 기술표준이 기술혁신에 미치는 영향을 기업단위의 설문조사나 사례연구로 진행한 기존연구에서 벗어나 산업수준에서의 객관적인 시계열 데이터들을 이용한 정량적인 분석을 통해 우리나라 표준화 활동과 기술혁신의 연관성을 실증적으로 밝히는데 있다. 특히 표준이 기술혁신에 시계열적으로 유의미한 영향을 미치는지와 표준 분야에 따라 표준이 기술혁신에 다르게 영향을 미치는가에 대한 실증적 연구 결과는 표준정책 결정권자들에게 새로운 시야를 제공함으로써 표준의 제정 및 활용 등 표준정책 도출에 기여할 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장에서는 기존연구 검토를 통해 그동안 진행되어왔던 표준과 기술혁신에 관련된 연구결과들을 조명하고, 이를 바탕으로 3장에서 기본가정을 제시하고 연구가설을 설정한다. 4장에서는 우리나라 표준 보유수와 표준 제정수 데이터를 활용해 패널분석과 정준상관분석을 수행한 뒤 5장에서 해당 분석결과를 제시하고, 마지막 6장에서 본 연구의 결론과 한계점 및 향후 연구방향을 제시한다.

II. 기존연구 검토

전통적으로 표준은 일종의 규제로서 기술혁신에 부정적인 영향을 미친다고 여겨져 왔다(Blind, 2013). 이는 표준화활동으로 인해 생기는 기술의 고착화현상(lock-in effect), 독점화,

기술의 폐쇄성 초래, 기술 다양성 감소 등으로 설명된다(성태경, 2015). 하지만 최근에 들어 표준이 기술혁신을 촉진시킨다는 연구결과들이 나오고 있다(성태경, 2012). 성태경(2009)은 636개 제조기업과 102개 서비스기업을 대상으로 표준화 활동이 기술혁신에 미치는 영향을 R&D집약도와 특허출원수를 종속변수로 놓은 로지스틱 회귀모형으로 분석했다. 분석 결과, 종속변수에 따라서 또 제조업인지 서비스업인지에 따라서 표준화 활동이 기술혁신에 영향을 미치지 않기도 하고, 정(+)이나 부(-)의 관계를 미치기도 한다는 결과를 제시한 바 있다. Blind(2009)는 표준화 활동이 혁신의 촉매제로서의 역할을 세 가지로 구분하여, 마케팅에 요구되는 시간을 줄이는 기능, 혁신 제품의 확산을 돕는 기능, 그리고 경쟁을 유도하여 혁신을 촉진시키는 기능이 있다고 주장하였다.

표준을 규제의 일종으로 보더라도 규제가 특정 분야에서는 기술혁신을 촉진시킨다는 연구 또한 활발히 진행되어왔다. Gann 외(1998)는 영국 주택들의 에너지 효율성에 대한 표준을 건축산업의 규제로 보고 사례연구를 진행했는데 어느 정도 유연한 규제로서의 표준은 시장유인과 제도적 프레임워크를 제공함으로써 기술혁신을 촉진시킨다는 결과를 제시하였다. 이러한 주장은 건축에 관련된 시장에는 유의미 할 수 있으나 같은 주택 표준이라도 병원이나 연구실 등 다른 용도의 건물에는 적용될 수 없고 한 산업에만 국한되어있다는 점과 실증적인 데이터가 부족하다는 점이 한계점으로 지적된다. Jaffe 외(1997)는 환경규제가 미국 제조업의 R&D비용과 특허출원수에 미치는 영향을 시간지연을 고려한 패널모형을 통해 분석함으로써 “적절한 환경규제가 혁신을 일으키고 생산성에도 기여한다”는 포터가설을 검증하였다. 이 논문은 규제와 기술혁신과의 관계를 실증적으로 분석하였다는 의의가 있지만, 환경규제와 환경산업만을 범위로 한다는 한계점이 있다. Lanoie 외(2008) 또한 퀘벡 제조섹터의 환경규제와 총요소생산성(FTP)의 관계를 시간지연을 고려한 일반최소제곱법(GLS)을 사용해 분석하여 환경규제가 산업의 생산성을 높인다는 것을 밝혀내었다. 이러한 연구들로 인해 최근에는 산업이나 국가에 따라 표준이 기술혁신을 촉진하기도 하고 저해하기도 한다는 의견이 받아들여지고 있다(성태경, 2015).

Choi 외(2011)는 표준화와 혁신이 핵심으로 된 논문들의 요인분석과 군집분석을 이용한 연구를 통해 표준과 혁신의 트렌드를 규명했고 표준화와 혁신에 관련된 연구는 꾸준히 증가하고 있다고 주장하였다. 하지만 우리나라의 표준과 기술혁신의 연관성에 대한 연구는 선진국과 비교해 적은 편이며, 기존의 연구는 기업단위의 기술혁신 활동을 기업에 근무하는 실무자에게 직접 문의하는 설문조사에 의존하고, 횡단면적인 분석에 치우쳐 있는 한계점을 가지고 있다. 따라서 시계열적인 분석이나 산업수준의 객관적인 데이터를 이용한 정량적인 분석이 필요하다. 현재 우리나라에서는 각종 표준화 활동이나 기술혁신에 관한 분류체계와 산업단위 재무지표에 대한 체계적인 데이터 관리가 이루어지고 있으므로 이를 이용한 실증적이고 심층적인 연구가 가능하다고 판단된다.

III. 기본가정 및 가설설정

본 연구는 우리나라 기술혁신과 표준의 관계에 대한 실증적 분석으로서 1) 산업 전반의 기술 혁신 활동에 영향을 미치는 표준화 요인에 대한 연구와 2) 세부산업분야별 표준화와 기술혁신의 관계를 연구하고자 한다. 표준과 기술혁신에 관계에 대한 이론적 배경은 다음과 같다.

성태경(2009)에 의하면 기술혁신의 과정에서 표준의 역할은 표준지식/정보의 입력, 표준화 활동에 의한 아이디어 창출, 그리고 신표준에 대한 표준화 과정 이 세 가지로 나뉜다. 표준은 대표적인 혁신지표 중 하나인 R&D활동에도 직접적인 연관성을 가진다. 예를 들어 통신시스템은 정확하고 신뢰성 있는 시간과 주파수 표준에 의존하는데 측정표준기술이 부실하다면 상업화의 첫 단계라 할 수 있는 R&D투자를 꺼려하게 될 것이고 반대로 정교한 측정기술, 기술표준 등은 R&D활동을 촉진시킨다. 성태경(2010; 2015)에 의하면 표준은 기술혁신의 R&D, 생산, 상업화 및 시장침투, 기술확산 단계에서 중요한 역할을 수행한다. 즉, R&D 단계에서 정교한 측정표준, 기술표준, 그리고 소재특성에 대한 데이터들이 R&D 활동을 촉진시키며, 생산 단계에서 측정표준, 호환표준으로 인해 생산성이 향상하고 유연생산체제(Flexible Manufacturing system) 구축이 가능해진다. 상업화 및 시장침투 등의 시장 단계에서 첨단기술제품이 시장에 진출할 때 생기는 리스크를 산업표준이 감소시켜주며, 기술확산 단계에서 표준이 기술의 확산을 가능케 하고 촉진시킨다.

특허는 단순히 발명활동의 지표로 보일 수도 있으나 기술혁신의 세 가지 과정인 발명, 혁신, 확산 중 마지막 단계인 기술확산의 정도를 나타내는 중요한 지표로 쓰일 수 있다(Sun 외, 2007). 또한 특허는 기술혁신 지표로서 가장 많이 통용되고 있는 지표 중 하나이다(Pilkington 외, 2002). Beneito(2006)에 의하면 특허수는 기술혁신의 척도로서 R&D비용과 함께 가장 많이 통용되고 있는 지표다. 따라서 본 연구에서는 기술혁신활동의 투입측면을 나타내는 R&D비용과 기술혁신활동의 성과를 반영하는 특허출원수를 기술혁신의 측정변수로 활용한다.

성태경(2015)에 의하면 과거에는 표준과 특허는 서로 연관성이 없는 것으로 여겨져 왔지만, 정보화가 진행되면서 표준특허와 같이 표준화과정에서 특허처리의 문제가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 표준과 특허의 상충관계를 해결하기 위한 연구가 상당히 진행되고 있다. Blind (2009)에 의하면 표준은 아직 강력한 기술이전 채널로서 인식되지 못하고 있지만 연구방향, 연구개발, 기술혁신의 프레임워크를 생성하는 요소이고 특히 표준이 특허의 효과적인 지렛대와 확산 메커니즘 역할을 할 수 있다고 주장한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 기술혁신의 측정변수로 특허출원수를 사용하고 표준 및 표준화활동이 기술혁신에 영향을 미친다고 보고 다음과 같은 가설을 설정하였다.

가설 1: 산업전반에 대하여 표준의 제정과 보유는 기술혁신 활동에 영향을 미칠 것이다.

표준과 기술혁신의 관계에서 시차효과(time-lag effect)를 고려할 수 있다. 환경규제와 특허의 연관성을 실증적 분석으로 증명한 Lanjouw 외(1993)는 환경규제 준수비용이 늘어나면 신 환경기술을 가진 특허수도 1년에서 2년의 시간차를 두고 증가한다는 것을 실증적 분석을 통해 증명하였다. Lanoie 외(2001)는 환경규제가 총요소생산성(FTP)에 규제시행 당해연도에는 부정적인 영향을 미쳤으나, 2년 뒤에는 아무 영향을 미치지 않았고, 3년째부터 긍정적인 영향을 미쳤다는 것을 밝혀내었다. 본 연구에서는 이러한 연구결과에 의거하여, 산업전반의 표준과 기술혁신의 관계를 분석하기 위해서도 시간지연을 반영하여야 한다고 판단하여 다음과 같은 가설을 설정하였다.

가설 2: 산업전반에 대하여 표준이 기술혁신활동에 미치는 영향은 일정한 시간지연을 두고 나타날 것이다.

가설 1, 2에서 산업전반에 걸친 표준화 활동이 기술혁신의 측정변수인 특허활동에 특정한 영향을 미친다면, 각 산업별 표준화 활동은 서로 다른 특이점을 가질 것으로 예상할 수 있다.

가설 3: 표준화활동이 기술혁신에 미치는 영향은 각 산업별로 다르게 나타날 것이다.

한편 산업전반과 세부산업은 분석단위가 다르고 수집 가능한 자료가 다르므로 가설 1/2와 가설 3 각각에 적합한 실증 방법론으로 패널데이터 모형과 정준상관분석을 각각 사용하였다. 즉, 가설 1, 2가 관심을 갖는 산업전반의 표준화 활동과 기술혁신의 관계를 시계열 효과와 산업별 특성효과를 고려한 패널데이터 모형으로 분석하고, 각 산업별로 표준이 기술혁신에 특정한 관계를 갖는지에 관한 가설 3의 검증에는 정준상관분석을 사용하였다.

IV. 연구모형 및 데이터

1. 모형

1) 패널데이터 모형

기술혁신은 복잡하고 다양한 원인들에 의하여 발생하기 때문에, 모든 결정요인들을 변수로

반영하여 분석하기는 불가능하다. 본 연구에서는 이러한 기술혁신에는 영향을 미치지만 변수로 반영하지 못한 누락변수(omitted variable)들을 제어하고 각 산업별 개별효과(individual effect)를 고려하기 위해 패널데이터 모형을 이용한 분석을 수행한다. 가설 1의 검증을 위하여 기술혁신활동의 측정변수인 산업 i 의 연도 t 의 특허출원수를 모형의 종속변수로 두고, 표준 제정수와 보유수를 독립변수로 둔 2개의 기본 선형모형을 설정하였다. 이후 가설 2의 검증을 위해 표준 제정수의 $t-1$, $t-2$, $t-3$ 시차변수를 모형에 독립변수로 추가한 뒤, 모형의 설명력을 위하여 특허출원에 영향을 미친다고 생각되는 산업별 연 매출액과 영업이익을 각각의 모델에 독립변수로 추가하여 (식 1), (식 2)와 같은 최종 모형을 도출하였다.

$$PAT_{i,t} = \beta_1 ST_{i,t} + \beta_2 ST_{i,t-1} + \beta_3 ST_{i,t-2} + \beta_4 ST_{i,t-3} + \beta_5 SA_{i,t} + \beta_6 OP_{i,t} + \lambda_i + \nu_{i,t} \quad (\text{식 1})$$

$$PAT_{i,t} = \beta_1 CST_{i,t} + \beta_2 SA_{i,t} + \beta_3 OP_{i,t} + \lambda_i + \nu_{i,t} \quad (\text{식 2})$$

여기서 종속변수인 $PAT_{i,t}$ 은 특허출원수, 독립변수들인 $ST_{i,t}$ 는 표준제정수, $CST_{i,t}$ 는 표준보유수, $SA_{i,t}$ 는 연매출액, $OP_{i,t}$ 는 영업수익을 나타내며, λ_i 는 각 산업별 개별특성효과, $\nu_{i,t}$ 는 확률적 교란항을 나타낸다. 패널데이터 모형에서 개별특성효과 λ_i 를 고정된 값으로 볼 것인지, 확률변수로 볼 것인지에 따라 고정효과모형과 확률효과모형으로 나누어지고 추정방식이 달라진다. 두 모형을 구분하는 방법으로 λ_i 와 독립변수간의 연관성이 있으면 고정효과모형을 연관성이 없으면 확률효과모형을 선택할 수 있다(Johnston, 1997). 이는 λ_i 가 독립변수와 관련이 없으면 고정효과모형의 추정치가 효율성을 잃게 되고, λ_i 가 독립변수와 관련이 있으면 확률효과모형의 추정치가 일관성을 잃게 되기 때문이다(Hsiao, 2003). Hausman 검정은 이러한 특성을 이용하여 확률효과모형이 추정치가 적합한지를 검정한다. Hausman 검정에서의 귀무가설을 기각하여 고정효과모형을 적용하게 되면, λ_i 와 독립변수간이 내생성 문제를 고려하여야 한다. 본 연구에서는 원자료에서 평균값을 차감 또는 1차 차분한 후에 추정하는 집단 내 추정을 이용하여 내생성 문제를 해결한다.

2) 정준상관분석

가설 3의 검증을 위해 사용하는 정준상관분석(canonical correlation analysis)은 Hotelling (1936)에 의해 개발된 다변량 분석기법이다. 상관분석은 개별 변수끼리의 상관관계를 분석하는 통계기법인 반면, 정준상관분석은 변수 집단 간의 상관관계를 분석하기 위한 통계기법이다.

회귀분석과 비교한다면 회귀분석은 종속변수가 한 개인데 비교하여 정준상관분석은 복수의 관련있는 종속변수들을 함께 분석한다. 정준상관분석의 절차는 먼저 정준상관함수를 생성한 후 그 함수의 유의성을 검증한다. 정준상관함수가 통계적으로 유의하다면, 독립변수군, 종속변수군 각 변수군에 속한 변수들 중 어떤 변수가 더 큰 영향력이 있는지 계산하여 변수 간에 어떤 상호작용이 있는지 분석한다.

정준상관함수를 생성하기 위해 변수군의 선형조합을 생성하는데, 이 때 두 선형조합간의 상관관계가 가장 큰 선형조합을 생성한다. X 는 n 개의 변수로 이루어진 독립변수군, Y 는 m 개의 변수로 이루어진 종속변수군일 때, X 변수군을 선형조합 W 로, Y 변수군을 선형조합 V 로 결합시키는 가중치 벡터를 a , b 라고 하면, 정준상관분석에서 사용하는 정준가중치 a' 와 b' 는 (식 3)과 같이 W 와 V 의 상관관계를 최대화하는 벡터로 정의한다. a' 와 b' 를 사용한 선형조합 W 와 V 는 (식 4)와 같이 계산하며, W 와 V 를 정준변형특점이라고 부른다.

$$\arg \max_{a,b} (R_{WV}) = \{a', b'\} \quad (\text{식 3})$$

$$W = \sum_{i=1}^n a_i X_i, \quad V = \sum_{j=1}^m b_j Y_j \quad (\text{식 4})$$

본 연구에서는 독립변수군인 X 를 표준의 제정수 또는 보유수로 정의하였고 이는 방법표준 제정수 또는 보유수, 전달표준 제정수 또는 보유수, 제품표준 제정수 또는 보유수 등 3가지 변수로 구성하였다. 종속변수군인 Y 는 기술혁신으로 정의하였고 이는 특허출원수, 무형자산수, 연구개발비 등 3가지 변수로 구성하였다.

두 변수군의 정준변형의 정준변형특점인 W 와 V 간의 상관계수 R_{WV} 는 두 변수군 간의 정준상관계수를 의미한다. 이영준(2002)는 다변량 통계량 중 하나인 윌크스의 램다(Wilks' Λ)로 정준상관함수의 통계적 유의성을 검증할 수 있다고 주장했으며, 최열 외(2005)와 김태근 외(2013)도 윌크스의 램다를 이용하여 정준상관함수의 통계적 유의성을 검증하였으므로 본 연구도 이 방법을 사용하였다.

정준상관함수가 통계적으로 유의하다면, 다음 단계로 각 변수군에 속한 변수들 중 어떤 변수가 상대적으로 더 큰 영향력이 있는지 계산한다. 이영준(2002)는 세 가지 방법을 제안했는데, 첫 번째는 앞에서 계산한 정준가중치이고 두 번째는 정준부하량이고, 마지막은 정준교차부하량이다. 정준부하량은 특정 변수군에 속한 한 변수와 그 변수군이 선형조합된 정준변형특점과의 단순상관계수이며, 정준교차부하량은 특정 변수군에 속한 한 변수와 그 변수군이 아닌 다른

변수군이 선형조합된 정준변형특점과의 단순상관계수이다. 본 연구에서는 세 가지 방법 중 가장 표본에 영향을 적게 받아 선호되는 방법인 정준교차부하량을 사용하였다. 정준교차부하량은 각 변수들에 대해 계산할 수 있는데, 이 때 상대적으로 큰 값들끼리 비교하여 결과를 도출한다. 예를 들어 X_1 , X_3 과 Y_3 의 정준교차부하량이 각각 0.950, -0.930, 0.915 라면 X_1 이 증가하고 X_3 가 감소할 때 Y_3 는 증가한다는 결과를 도출할 수 있다. 이 때 정준교차부하량의 크기는 상대적이므로 연구자가 적절한 해석을 위한 기준을 정할 수 있으나, 정준상관분석은 변수군 간의 관계를 분석하는 기법이므로 높은 정준교차부하량을 갖는 변수들끼리 연결해서 해석해야 한다(이영준, 2002).

2. 데이터

본 연구에서 사용되는 데이터는 구분별로 <표 1>과 같이 수집되었다. e나라표준인증에서 제공하는 2000년도부터 2012년도까지의 분야별 표준 보유수, 제정수, 분야, 형태(방법, 전달, 제품)별 데이터를 추출했다. 표준제정은 표준화기관, 생산자협회 또는 학술전문협회 등 이해관계자의 합의를 통해 제정되거나 시장에 의해 자발적(de facto)으로 생성되고 제정 시 국제 표준화 기관이 정한 가이드 문서에 준거할 것으로 의무지워져 있어 데이터의 신뢰도와 활용도가 높다(국가기술표준원, 2016).

<표 1> 데이터 현황

구분	설명	기간(년)	자료수집	비고
표준	제정수/ 보유수 분야 / 형태 (방법, 전달, 제품)	2000 ~ 2012	NDSL, e나라표준인증	패널분석, 정준상관분석
특허	등록된 특허의 분류별 출원수	2003 ~ 2012	NDSL	패널분석, 정준상관분석
연구개발비	새로운 제품, 기술을 위하여 지출된 산업별 비용	2003 ~ 2012	한국은행 기업경영분석	정준상관분석
무형자산	경제적 효익이 있는 비화폐성 산업별 자산			정준상관분석
매출액	상품 또는 제품의 판매 및 노역 제공에 의한 산업별 수입			패널분석
영업이익	기업의 주된 영업활동에 의해 발생한 산업별 이익			패널분석

NDSL에서 제공하는 특허데이터는 2003년도부터 2012년도까지의 등록된 특허의 분류별 출원수를 사용한다. 국제특허분류(IPC)는 미국 등 선진국들을 포함해 국제적으로 통용되고 있고

정기적으로 분류 개정을 시행하기 때문에 분류체계가 명확하므로 그 분야의 대표성이 높다.

한국은행에서는 1960년부터 매년 우리나라 법인기업의 경영성과와 재무상태를 조사, 분석하여 이를 기업경영분석 책자로 발간하고 있는데 이 중 2003년부터 2012년 까지의 연구개발비, 무형자산, 매출액, 영업이익의 데이터를 수집했다(한국은행, 2012). 연구개발비는 각 산업마다 내려진 정의와 지원되는 범위가 차이를 보일 수 있지만 한국은행(2012)은 손익계산서상의 경상개발비에 연구비를 곱한 값에 제조원가명세서상의 경상개발비를 합친 값으로 정의한다. 연도별 무형자산 데이터는 미래 경제적 효익이 있는 비화폐상 자산으로 재화의 생산이나 용역의 제공, 타인에 대한 임대 또는 관리에 사용할 목적으로 기업이 보유하고 있으며 물리적 형체가 없지만 식별이 가능한 데이터를 말한다(한국은행, 2012). 한국은행(2012)에 의하면 매출액은 상(제)품의 매출 또는 용역의 제공에 따른 수입금액으로서 반제품, 부산품, 잔폐물 등을 포함한 총매출액에서 매출환입액, 에누리액 및 매출할인을 공제한 순매출액을 말하며 영업이익은 기업의 주된 영업활동에 의해 발생된 이익을 뜻한다.

1) 데이터 매칭 프로세스

본 연구는 산업수준에서의 표준과 특허로 대표되는 기술혁신의 관계성을 연구한다. 그러나 우리나라에서 통용되고 있는 국제특허분류(IPC)와 한국산업표준(KS)은 각기 상이한 분류체계를 따르므로 자료를 산업수준에서 같은 기준으로 분석하기 위해서는 각 체계의 분류들을 매칭하는 작업이 필요하다. 특허의 분류체계인 IPC는 A섹션부터 H섹션까지 8개의 섹션을 최상위 분류로 하여, 130개 클래스, 639개 서브클래스, 7,343개 메인그룹, 65,152개 서브그룹의 순으로 세분화되고(IPC 2016.01 version 기준), KS의 경우 기본(A)부문부터 정보부문(X)까지 총 21개의 대분류를 최상위분류로 하여 하위 분류단위로 세분화된다. 표준과 특허 각각의 분류체계가 차이를 보이므로 세계지적재산권기구(WIPO)에서 발행하는 가이드라인과 한국표준정보망 홈페이지에서 제공하는 정보를 사용하여 매칭 초안을 마련하고, 이를 전문가의 자문을 거쳐 상응되는 분야별로 <표 2>와 같이 매칭을 확정하였다. 이때 표준의 경우 21개의 대분류, 특허의 경우 130개의 클래스가 분야별 매칭 단위로 사용되었다. <표 2>를 살펴보면, 21개 표준 대분류 중 18개의 대분류는 산업과 연관된 분류인데 비교하여, 3개의 대분류인 A-기본, J-생물, Q-품질경영의 경우는 현존하는 특정 산업과 대입시킬 수 있다고 보기 어렵기 때문에 연구대상에서 제외시켰다. IPC의 경우 총 130개의 클래스 중 표준의 대분류와 상응하지 않는다고 판단되는 40개 클래스를 제외한 90개 클래스만 사용했다. 예를 들어, IPC 클래스 코드 중 A63-운동; 놀이; 오락, C14-원피; 나피; 생피; 피혁, F17-가스 또는 액체의 저장 또는 분배는 표준과 특허의 분야별 데이터 매칭에서 제외되었다.

〈표 2〉 표준과 특허의 분야별 데이터 매칭

표준 - 18개 대분류	특허 - 90개 클래스
기계-B	B01, B02, B04 B06, B07, B25, B26, B27, B30, D2, F01, F02, F03, F04, F15, F23, F24, F27, F41, G01, G07, G12
전기전자-C	F21, H01, H01, H02, H03, H04, H05
금속-D	A44, B21, B23, B24, C21, C22, C23, D21
광산-E	E21
건설-F	E01, E04
일용품-G	A45, A46, A47, B42, B43, B44, B68, C11, E06, G04, G10
식품품-H	A21, A22, A23, C05
환경-I	B09, C02, E03
섬유-K	A41, A42, A43, D01, D03, D04, D05, D06
요업-L	B28, C03, C04, C09
화학-M	B29, B31, B33, B41, C01, C07, C08, C10, C12, F42
의료-P	A61, A62
수송기계-R	B60, B62
서비스-S	G09
물류-T	B65, B67
조선-V	B63
항공우주-W	B64
정보-X	G03, G11

V. 분석결과

1. 패널데이터 분석 결과

〈표 3〉에 나타난 두 패널데이터 모형의 Hausman 검정 결과, 두 모형 모두 검정귀무가설을 기각하여 고정효과모형이 적합한 것으로 나타났다. 따라서, 고정효과모형 추정방법인 집단내추정법을 이용하여 두 모형을 각각 추정하였다. 시차효과를 고려한 표준의 제정수와 관련된 모형 1의 추정결과, 표준 제정 당해년도에는 표준제정수와 특허출원수가 부(-)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한, 1-2년전 표준제정수는 특허출원수와 상관성이 없지만 3년전의 표준제정수는 특허출원수와 정(+)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 표준의 제정이 규제로 작용하여 당장에는 혁신활동에 부정적이지만 시간이 흐르면 표준에 대응하는 기술혁신 성과인 특허제정에 긍정적인 영향을 미친다고 해석할 수 있다. 이는 모형2의 결과에서 그때까지의 표

준 제정수가 누적된 당해연도 표준의 보유수인 CST 변수가 특허출원수가 정(+의 상관관계가 있다는 것으로도 설명된다. 또한 두 모델 모두 영업이익액과 특허출원은 상관이 없지만 매출액은 특허출원에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 두 모델의 분석 결과 표준 보유수와 제정수 모두 기술혁신의 변수인 특허출원에 영향을 미치는 것으로 나타나고, 표준의 제정은 3년이 지난 후에 특허출원에 영향을 미치므로 가설 1, 2 모두 채택할 수 있다.

〈표 3〉 패널데이터 모형을 적용한 특허출원수 결정요인 추정 결과

변수	모델1 추정계수	모델2 추정계수
$ST_{i,t}$	-1051.22***	
$ST_{i,t-1}$	-68.34	
$ST_{i,t-2}$	-152.38	
$ST_{i,t-3}$	409.94***	
$CST_{i,t}$		6335.66***
SA	-846.84**	-1224.18***
OP	239.95	522.69
R Square	0.41902	0.29684
Hausman p -value	6.641e-07	4.295e-06

*, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 유의함

2. 정준상관분석 결과

1) 표준의 분야별 연도별 제정수와 기술혁신 지표

〈표 4〉는 표준의 분야별 연도별 제정수 변수군과 기술혁신 지표 변수군 간의 최대의 선형조

〈표 4〉 분야별 연도별 제정수와 기술혁신 지표 간의 정준상관함수 유의성 검증 결과

표준 분야	기계	전기전자	금속	광산	건설	일용품	식료품	환경	섬유
월크스의 랍다	0.057	0.328	0.040	0.294	0.104	0.239	0.160	0.067	0.102
카이제곱값	15.745	6.138	17.769	6.732	12.447	7.863	10.066	14.859	12.545
정준상관계수	0.936	0.818	0.973	0.782	0.897	0.842	0.844	0.867	0.927
p-value	0.072	0.726	0.038	0.665	0.189	0.548	0.345	0.095	0.184
표준 분야	요업	화학	의료	수송기계	서비스	물류	조선	항공우주	정보
월크스의 랍다	0.184	0.048	0.138	0.038	-	0.214	0.092	0.172	0.048
카이제곱값	9.301	16.659	10.894	18.055	-	8.473	13.104	9.668	16.691
정준상관계수	0.885	0.924	0.910	0.959	-	0.847	0.903	0.852	0.967
p-value	0.410	0.054	0.283	0.035	-	0.487	0.158	0.378	0.054

합을 찾았을 때의 상관계수와 유의성 검증 결과이다. 분석 결과 금속과 수송기계 분야에서 유의 수준 5%로 연도별 제정수 변수군과 기술혁신 지표 변수군 간에 선형관계가 있음을 확인했다.

〈표 5〉는 선형관계가 있는 2개 분야에 대해 각 변수들과 다른 정준변형특점 간의 상관계수인 정준교차부하량을 계산한 결과이다. 정준교차부하량의 절대값이 0.9 이상인 변수들을 살펴보면, 금속 분야에서는 제품표준의 정준교차부하량이 음수이면서 절대값이 0.9이상인데 비교하여 기술혁신 변수군의 정준교차부하량은 연구개발비와 무형자산은 음수이고 특허는 양수이므로 제품표준이 제정되는 것은 연구개발비와는 정(+)의 관계가 있으나 특허 및 무형자산과는 음(-)의 상관관계가 있음을 알 수 있다. 반면 수송기계 분야는 방법표준 및 제품표준과 제품표준은 양수로써 0.9 이상을 가지며, 기술혁신 변수군의 3개 변수 모두가 정준교차부하량이 음수여서 방법표준 및 제품표준은 기술혁신의 3개 변수 모두와 음(-)의 상관관계가 있는 것이다.

〈표 5〉 각 표준의 연도별 제정수와 기술혁신 지표들의 정준교차부하량

변수군	구분	금속	수송기계
표준의 제정수	방법표준	-0.873	0.950
	전달표준	-0.884	0.838
	제품표준	-0.949	0.934
기술혁신	특허	0.605	-0.138
	무형자산	-0.334	-0.694
	연구개발비	-0.809	-0.950

2) 표준의 연도별 보유수와 기술혁신 지표

〈표 6〉은 표준의 분야별 연도별 보유수 변수군과 기술혁신 지표 변수군 간의 최대의 선형조합을 찾았을 때의 상관계수와 유의성 검증 결과이다. 계산 결과 금속, 환경, 섬유, 요업, 의료, 수송기계, 조선, 항공우주, 정보 등 9개 산업분야에서 유의수준 5%로 연도별 보유수 변수군과 기술혁신 지표 변수군 간에 선형관계가 있음을 확인했다. 같은 유의수준 5%로 연도별 제정수 변수군과 기술혁신 지표 변수군 간에 선형관계가 있는 산업이 2개인 것에 비교하면 보유수 변수군이 더욱 유의한 산업수가 많음을 알 수 있었다.

〈표 7〉은 유의미한 선형관계가 있는 9개 산업분야들에 대해 정준교차부하량을 계산한 결과이다. 표준지표의 정준교차부하량의 절대값이 0.9 이상인 변수들을 중심으로 살펴보면, 금속, 섬유, 요업, 조선, 항공우주 등의 분야들은 방법표준의 정준교차부하량이 크고, 환경, 의료, 수송기계, 항공우주 등의 분야들은 전달표준의 정준교차부하량이 컸다. 금속분야를 제외한 나머지

〈표 6〉 분야별 연도별 보유수와 기술혁신 지표 간의 정준상관함수 유의성 검증 결과

표준 분야	기계	전기 전자	금속	광산	건설	일용품	식료품	환경	섬유
월크스의 랍다	0.111	0.280	0.006	0.082	0.060	0.245	0.064	0.001	0.036
카이제곱값	12.086	6.998	28.232	13.752	15.501	7.732	15.125	39.001	18.349
정준상관계수	0.864	0.808	0.975	0.878	0.884	0.836	0.933	0.998	0.952
p-value	0.209	0.637	0.001	0.131	0.078	0.561	0.088	0.000	0.031
표준 분야	요업	화학	의료	수송기계	서비스	물류	조선	항공우주	정보
월크스의 랍다	0.035	0.048	0.033	0.001	-	0.054	0.016	0.001	0.009
카이제곱값	18.496	16.727	18.730	41.655	-	16.056	22.664	39.810	26.070
정준상관계수	0.975	0.953	0.965	0.998	-	0.960	0.951	0.999	0.937
p-value	0.030	0.053	0.028	0.000	-	0.066	0.007	0.000	0.002

지 분야들은 해당 분야들에 대응하는 기술혁신 지표들의 정준교차부하량과 방법표준 및 전달표준의 보유수에 해당하는 정준교차부하량의 부호와 대부분 같다.¹⁾ 즉, 표준을 많이 보유할수록 기술혁신 지표 역시 증가한다는 것을 확인할 수 있다. 금속 분야는 세 가지 형태의 표준을 많이 보유할수록 특허는 증가하지만, 무형자산과 연구개발비는 감소하는 패턴을 보였다.

〈표 7〉 9개 산업분야의 표준의 연도별 보유수와 기술혁신 지표들의 정준교차부하량

변수군	구분	금속	환경	섬유	요업	의료	수송기계	조선	항공우주	정보
표준의 보유수	방법표준	0.901	0.826	0.917	0.950	-0.899	0.888	0.943	0.966	0.794
	전달표준	0.831	0.942	0.790	0.800	-0.908	0.920	0.607	0.993	0.724
	제품표준	0.797	-0.775	0.836	0.866	-0.633	0.529	0.672	0.530	0.632
기술 혁신	특허	0.283	0.626	0.235	0.850	-0.821	-0.073	0.907	0.466	0.517
	무형자산	-0.659	0.975	0.824	0.694	-0.898	0.774	0.886	0.917	0.266
	연구개발비	-0.949	0.899	0.859	0.872	-0.837	0.993	0.870	0.981	0.524

정준상관분석 결과, 산업에 따라서 기술혁신지표와 표준화지표와의 관계가 다양하게 나타남을 알 수 있다. 따라서 표준화활동이 기술혁신에 미치는 영향이 각 산업별로 다르게 나타날 것이라는 가설 3을 채택할 수 있다.

1) 유일한 예외인 수송기계의 특허의 정준교차부하량은 표준의 보유수 지표들의 정준교차부하량과 부호가 반대이지만 -0.073으로 절대값이 작아 큰 의미는 없다.

VI. 정책적 함의 및 향후 연구과제

패널모형분석과 정준상관분석을 통해 표준 분야에 따라 표준의 제정과 보유가 각각 기술혁신지표에 어떤 영향을 미치는지 분석했다. 먼저 패널모형분석 결과 표준의 제정은 당장에는 기술혁신지표에 부정적인 영향을 미치나, 시간이 흐르면서 기술혁신지표에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 표준의 누적 보유수는 기술혁신지표에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

개별 산업별로 표준의 제정과 보유가 기술혁신지표에 미치는 영향을 분석한 정준상관분석 결과 표준의 연도별 제정수 변수군과 기술혁신지표 변수군 간에 유의한 선형관계를 확인한 분야는 금속과 수송기계였다. 금속 분야는 표준을 제정할수록 연구개발은 증가하나 특허는 감소했고 수송기계 분야는 표준을 제정할수록 연구개발이 오히려 감소했다. 분야에 따라 표준의 제정이 연구개발에 정(+)의 영향을 미칠수도 있고 부(-)의 영향을 미칠수도 있음이 확인되었다. 표준의 연도별 보유수 변수군과 기술혁신지표 변수군 간의 경우 금속, 환경, 섬유, 요업, 수송기계, 조선, 항공우주, 정보 분야 등에서 유의한 선형관계를 확인했다. 표준의 연도별 보유수와 기술혁신 간에 유의한 선형관계를 보인 분야들은 금속과 환경 분야를 제외하면 방법, 전달 형태의 표준들이 기술혁신 지표들과 정(+)의 관계를 보임을 확인했다.

본 연구의 결과가 주는 정책적 함의는 거시적 관점과 미시적 관점으로 나눌 수 있다. 거시적 관점으로는 표준화 활동에 있어서 장기적인 관점을 가지고 정책적 지원을 추진하는 것이 필요하다는 것이다. 본 연구의 결과 우리나라에서 표준의 제정이 규제로 작용하여 당해연도의 특허출원 활동에는 부정적인 영향을 끼치지만 해당 산업내 기업들은 1, 2년내에 표준에 대응하는 기술혁신을 달성하여 3년차에는 특허출원 수를 증가시키며 드러났다. 따라서 표준의 제정이 산업 내의 기업들의 행동양식을 변화시킬 수 있는 충격이므로 각 산업 구성원들은 표준으로 인한 환경의 변화에 대해 기술혁신 관점에서 1, 2년이 지나면 긍정적으로 반응하는 것을 믿고 표준 정책을 장기적인 안목으로 추진할 필요가 있다.

미시적 관점으로는 각 산업별로 차별적인 표준화 정책지원이 필요하다. 본 연구의 결과 산업에 따라 표준의 제정 및 보유수가 기술혁신에 긍정적인 영향을 미치거나 부정적인 영향을 미칠수도 있고 해당 표준이 제품표준, 방법표준, 전달표준인지에 따라 유용성의 차이를 보일 수 있음이 밝혀졌다. 따라서 표준의 보유수와 기술혁신 사이에 유의한 선형관계가 확인된 금속, 환경, 섬유, 요업, 의료, 수송기계, 조선, 항공우주, 정보 산업분야에서는 표준화 정책이 기술혁신에 미치는 영향을 좀 더 세밀하게 해석하여 산업별 특징과 유용한 표준유형에 적합한 표준화 정책이 필요하다. 특히 이중에서 1) 항공우주산업의 경우 방법표준과 전달표준 모두가 기술혁

신의 모든 지표에 양의 영향을 미치므로 방법표준과 전달표준 활동의 촉진이 기술혁신의 제반 요소(특히, 무형자산, 연구개발비)에도 긍정적인 영향을 주므로 기술혁신관점에서도 방법표준과 전달표준에 관련한 적극적인 표준화 정책이 필요하다. 2) 같은 논리로 금속, 섬유, 요업, 조선 산업분야에서는 기술혁신의 제반 요소에 긍정적인 영향을 주므로 기술혁신관점에서는 방법표준에 관련한 적극적인 표준화 정책이 필요하다. 3) 반면에 의료, 수송기계 산업분야에서는 기술혁신관점에서 다른 표준보다는 전달표준에 관련한 적극적인 표준화 정책이 필요하다. 4) 다만, 환경분야는 방법표준과 전달표준이 특허에는 긍정적인 영향을 끼치지만 무형자산과 연구개발비에는 부정적인 영향을 주므로 기술혁신의 세부지표에 따라서는 표준화 정책이 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 고려한 정책수립이 필요할 것이다.

향후 연구에서 고려해야 할 사항은 두 가지가 있다. 첫째로, CPC(Cooperative Patent Classification) 체계를 이용한 우리의 연구와는 다른 특허 데이터의 사용이다. 전 세계적으로 CPC 특허분류체계를 채택하고 있는 추세를 따라 우리나라도 2015년 부터 모든 신규출원에 대해 CPC를 도입하였으며, IPC보다 세분화된 CPC를 이용함으로써 연구결과의 정확성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 아직까지 대부분의 특허 데이터베이스가 IPC를 기반으로 하고 있어 CPC기반의 특허데이터 수집에 어려움이 있으며, 처음부터 CPC코드를 획득한 특허와 IPC코드를 CPC코드로 변환한 특허와의 일치성 문제 또한 고려해야 한다. 따라서 추후연구에서는 CPC가 도입된 2015년 이후의 특허자료를 사용해야 할 것이다.

둘째로, KS인증 데이터의 활용이다. 인증 데이터를 통해 표준이 얼마나 활용하고 있는지에 대한 정보를 얻을 수 있다. 이러한 정보를 이용하여 본 연구의 분석 모형을 더욱 발전시킬 수 있을 것으로 예상된다. 하지만 아직까지 인증정보 데이터베이스가 충분히 구축되지 않아, 자료 수집에 어려움이 있다. 따라서 후속연구에서는 인증 유관기관과의 긴밀한 협력이 요구된다.

참고문헌

(1) 국내문헌

국가기술표준원 (2015), 「2014년 국가기술표준백서」

국가기술표준원 (2016), 「국가표준 : 표준화개요」, <http://kats.go.kr/content.do?cmsid=26> (2016. 07.13).

김태근·조영환·오장근 (2013), “정준상관분석을 통한 내장산국립공원 산림식생구조의 입지환경 평가”, 「생태와 환경」, 46(4): 561-569.

- 성태경 (2009) “표준화 활동과 기술혁신의 연관성에 관한 탐색적 연구: 제조기업과 서비스업의 비교”, 『대한경영학회』, 22(2): 761-782
- 성태경 (2010) “표준과 기술혁신의 연관성에 관한 소고”, 『경영과 정보연구』, 29(4): 225-244.
- 성태경 (2012), 『표준의 경제학: 이론, 사례, 정책』, 경기: (주)한국학술정보.
- 성태경 (2015) “표준과 기술혁신: 연구과제 및 전망”, 『기술혁신연구』, 23(3): 1-19
- 이영준 (2002), 『정준상관분석의 이해』, 서울: 도서출판 석정.
- 최열·임하경 (2005), “초고층아파트 공동공간의 범죄불안감 특성 분석”, 『대한건축학회 논문집-계획계』, 21(7): 57-63.

(2) 국외문헌

- Beneito, P. (2006), “The Innovative performance of In-house and Contracted R&D in Terms of patents and Utility models”, *Research Policy*, 35(4): 502-517.
- Blind, K. (2009), “Standardisation as a Catalyst for Innovation”, TUB(Technische Universität Berlin), Germany.
- Blind, K. (2013), “The Impact of Standardization and Standards on Innovation”, Manchester Institute of Innovation Research, http://www.nesta.org.uk/sites/default/files/the_impact_of_standardization_and_standards_on_innovation.pdf, (accessed 13 February 2015).
- Cheong, H. (2014), “Analysis of panel data”, *Cambridge University Press*, 54.
- Choi, D. G., Lee, H. and Sung, T. K. (2011), “Research Profiling for ‘standardization and innovation’”, *Scientometrics*, 88: 259-278.
- Farrell, J. and Garth, S. (1985), “Standardization, Compatibility, and Innovation”, *The RAND Journal of Economics*, 16(1): 70-83
- Gann, D. M., Wang, Y. and Hawkins, R. (1998), “Do Regulations Encourage Innovation? - The Case of Energy Efficiency in Housing”, *Building Research & Information*, 26(5): 280-296.
- Hotelling, H. (1936), “Relations between Two Sets of Variates”, *Biometrika*, 28(3/4): 321-377.
- Jaffe, A. B. and Palmer, K. (1997), “Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study”, *Review of Economics and Statistics*, 79(4): 610-619.
- Jaffe, A. B., Peterson, S. R., Portney, P. R. and Stavins, R. N. (1996), “Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence

- Tell Us?”, *Journal of Economic Literature*, 33(1): 132-163.
- Lanjouw, J. O. and Mody, A. (1995), *Stimulating Innovation and International Diffusion of Environmentally Responsive Technology*, Washington, DC: World Bank.
- Lanoie, P., Patry, M. and Lajeunesse, R. (2008), “Environmental Regulation and Productivity: Testing for Porter Hypothesis”, *Journal of Productivity Analysis*, 30(2): pp. 121-128.
- Pilkington, A., Dyerson, R. and Tissier, O. (2001), “Patent Data as Indicators of Technological Development: Investigating the Electric Vehicle”, *Management of Engineering and Technology*, 24: 5-12.
- Sun, Y., Lu, Y., Wang, T., Ma, H. and He, G. (2008) “Pattern of Patent-based Environmental Technology Innovation in China”, *Technological Forecasting and Social Change*, 75(7): 1032-1042.

이희상

서울대학교 산업공학 학사와 석사를 취득하고 Georgia Institute of Technology에서 산업공학 박사를 취득했으며 현재 성균관대학교 기술경영대학원 교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 개방형 혁신, 최적화경영, Business Analytic 등이 있다.

김순천

성균관대학교에서 산업공학 학사학위를 취득하고 현재 성균관대학교 산업공학 석사학위 과정 중이다. 관심분야는 Data Mining, Business Analytics & Optimization, Machine Learning 등이다.

전예준

Indiana University of Bloomington에서 Informatics 학사학위를 취득하였으며, 현재 성균관대학교에서 기술경영 석사학위 과정 중이다. 관심분야는 ICT, Standard, Patent, Informatics, Business Analytic 등이다.