

주성분 회귀모형을 이용한 과학기술 지식생산함수 추정

Estimation of S&T Knowledge Production Function
Using Principal Component Regression Model

박수동(Su-dong Park)*, 성웅현(Oong-hyun Sung)**

목 차

- | | |
|-----------------------|-----------|
| I. 서론 | III. 실증분석 |
| II. R&D 활동과 과학기술 지식생산 | IV. 결론 |

국 문 요 약

과학기술 R&D 활동의 대표적 성과인 SCI 논문과 특허의 생산에 영향을 미치는 요인은 연구비, 연구원수, 지식스톡(R&D스톡, 논문스톡, 특허스톡 등), 연구환경, 개방화 정도, 인적자본, GDP 등 다양하다. 일반적인 회귀모형을 이용하여 논문 또는 특허의 생산에 영향을 미치는 요인을 추정하면 생산요인들 간에 다중공선성 문제가 발생하여 추정의 오류가 발생한다. 본 논문에서는 과학기술 지식생산에 영향을 미치는 요인들 간의 다중공선성 문제를 해결하기 위해 주성분 회귀모형을 이용하였다. SCI 논문을 산출로 가정한 과학생산성과와 특허를 산출로 가정한 기술생산성과에 영향을 미치는 요인을 회귀모형과 주성분 회귀모형을 이용하여 3가지 사례를 대상으로 비교·분석하였다.

일반 회귀모형을 이용하여 SCI 논문과 특허의 생산에 영향을 미치는 요인들을 분석한 결과, 요인들 간에 다중공선성이 매우 높게 나타났고, 그 결과 회귀계수와 추정과 검정에 오류가 발생되었다. 반면 주성분 회귀모형을 이용하여 분석한 결과 다중공선성문제가 해결되어, 개별 생산요인에 대한 효과를 적절하게 추정할 수 있었다. 본 논문에서 제안한 주성분 회귀모형을 이용한 과학기술 지식생산함수 추정방법은 다중공선성이 강한 소수의 생산요소를 포함한 회귀분석에서 유용하게 적용될 수 있을 것이다.

핵심어 : 과학기술, 지식생산함수, 회귀모형, 다중공선성, 주성분 회귀모형

* 논문접수일: 2009.9.30, 1차수정일: 2010.4.26, 2차수정일: 2010.4.30, 계재확정일: 2010.5.2

* 한국과학기술기획평가원 정책기획실 부연구위원, triznik@kistep.re.kr, 02-589-2199, 교신저자

** 한신대학교 정보통계학과 교수, soh@hs.ac.kr, 031-379-0612

ABSTRACT

The numbers of SCI paper or patent in science and technology are expected to be related with the number of researcher and knowledge stock (R&D stock, paper stock, patent stock). The results of the regression model showed that severe multicollinearity existed and errors were made in the estimation and testing of regression coefficients. To solve the problem of multicollinearity and estimate the effect of the independent variable properly, principal component regression model were applied for three cases with S&T knowledge production. The estimated principal component regression function was transformed into original independent variables to interpret properly its effect. The analysis indicated that the principal component regression model was useful to estimate the effect of the highly correlate production factors and showed that the number of researcher, R&D stock, paper or patent stock had all positive effect on the production of paper or patent.

Key Words : Science and technology, Knowledge production function, Regression model, Multicollinearity, Principal component regression model

I. 서 론

우리나라의 경제성장 구조가 과거 노동과 자본 중심의 요소투입형에서 과학기술을 중심으로 한 기술혁신형으로 전화하면서, R&D투자의 핵심인 총요소생산성(total factor productivitiy: TFP)으로 인한 경제성장 기여도가 1970년대 17.6%에서 2000년대 45.1%로 크게 증가하였다 (이우성, 2008). 이에 따라 정부는 2008년 말 글로벌 경제위기 상황에도 불구하고 2009년 정부 R&D예산을 전년대비 11.4% 증가한 12.3조원으로 편성하여 기술혁신을 통한 경제회복과 동시에 미래 성장동력 발굴을 추진하고 있다. 특히, 현 정부는 정부와 민간 부문을 포함한 국가 총연구개발비를 2006년 GDP 대비 3.2%에서 2012년까지 GDP 대비 5% 수준으로 확대하여, 세계 최고 수준의 R&D 투자 국가를 실현할 계획이다(국가과학기술위원회, 2008).

정부와 민간의 R&D투자 확대와 더불어 R&D 활동에 참여하는 주체들의 과학기술 지식생산 활동 또한 매우 활발하게 이루어지고 있다. 우리나라의 SCI 논문수(NSI 기준)은 2007년 27,951편으로 세계 12위를 기록하였고, 미국특허 등록건수는 2007년 6,295건으로 세계 4위를 기록하였다. 우리나라 이공계 박사학위자의 약 70%'(07년)를 보유하고 있는 대학은 우리나라 SCI 논문의 약 90%를 차지하여, 대학 교육의 인력양성 기능뿐만 아니라 과학기술 지식 생산 활동 또한 매우 활발하게 수행하고 있다.

논문, 특허와 같은 과학기술지식의 생산에 영향을 미치는 요인은 연구비, 연구원수, 지식스톡(R&D스톡, 논문스톡, 특허스톡 등), 공공 R&D비중, 민간 R&D비중, 인적자본, 개방화 정도, 연구환경, GDP 등 매우 다양하다. 일반적으로 과학기술지식의 생산에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해서 생산함수를 이용하여 회귀분석을 실시한다. 그러나 과학기술지식 생산에 영향을 미치는 다양한 요인들 간에는 높은 상관관계가 존재하기 때문에, 모든 생산요소를 고려하여 회귀분석을 수행하는 것은 적절하지 못하다.

우리나라 과학기술지식 생산에 영향을 미치는 요인을 분석한 최근 주요 연구를 살펴보면 다음과 같다. 서중해(2006)는 우리나라의 SCI 논문수와 특허출원건수를 산출로 가정하여 생산함수¹⁾를 추정하였는데, 과거에 축적된 지식스톡(R&D스톡, 논문스톡, 특허스톡)이 현재 지식생산에 있어 매우 중요한 것으로 나타났고, 연구원 수와 R&D 지출이 늘수록 논문이나 특허의 생산 또한 늘어나는 것을 확인하였다. 조상섭·정동진(2007)은 공적분 패널방법론을 이용

1) 생산요소로 지식생산과정의 누적적 특성을 반영하기 위한 각 기관이 축적한 지식스톡, 지식생산 활동에 현재 투입하고 있는 자원, 외부 자원과의 연계를 나타내 주는 변수 등을 사용하였다. 지식스톡변수로는 연구개발투자 데이터를 이용한 R&D스톡, SCI 논문 수를 이용한 논문스톡, 특허 수를 이용한 특허스톡 등 세 종류의 지식스톡을 구하였다. 현재 투입하고 있는 자원변수로는 당해 연도의 연구개발비와 연구원 수를 이용하였고, 연구개발비는 기초연구, 응용연구, 개발연구 비중을 추가하였다. 외부 자원과의 연계를 나타내는 변수로는 각 기관이 보유하고 있는 지식스톡의 기관 간 파급효과를 계량화하여 이용하였다.

하여 우리나라 15개 산업의 지식생산함수를 추정하였는데, 지식생산을 늘이기 위해서는 지식스톡(특허스톡)의 축적과정을 강화하고, R&D 참여인력을 확대해야 한다고 하였다. 양혜영·박수동 외(2008)와 박수동·최대승(2009)은 SCI 논문의 생산에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 한국, 미국, 일본, 독일, 영국의 5개국을 대상으로 회귀분석을 시도하였으나, 독립변수들(연구원 수, R&D스톡, 논문스톡, 민간투자비중, 공공투자비중) 간에 다중공선성(multicollinearity)이 강하게 발생하여 유의한 모델을 도출하지는 못하였다. 박현우 외(2009)는 국가별 SCI 논문수와 생산요소들(GDP, 연구비, 연구원 수)간의 상관관계가 높다는 것을 발견하였고, 단계적(stepwise) 회귀분석을 시도한 결과 GDP 만이 독립변수로 채택되어, 국가별 GDP 수준이 SCI 논문수의 변동을 대부분 설명한다고 하였다.

회귀분석에서 독립변수들 사이에 다중공선성 문제가 발생되면 회귀계수 추정치가 불안해지고, 이론적으로 유의할 것으로 예상된 독립변수 효과가 t-검정결과 유의하지 않거나 부호가 반대로 나타나는 경우도 발생된다. 회귀모형에서 독립변수의 수가 상당히 많은 경우 다중공선성 문제를 감소시키거나 해결하기 위해 널리 이용하는 방법의 하나는 변수제거법이다. 그러나 주요 핵심 독립변수로 구성된 회귀모형인 경우 변수제거법보다 주성분 회귀모형(principal component regression model)이나 능형 회귀모형(ridge regression)을 이용하는 것이 적절하다.

본 논문에서는 논문, 특허와 같은 과학기술지식의 생산에 영향을 미치는 요인들의 상관관계가 매우 높기 때문에 다중공선성으로 인한 회귀계수 추정의 문제를 해결하기 위해서 주성분 회귀모형을 이용하였다. 구체적으로 국가별 과학생산성과, 우리나라 전체와 대학의 과학생산성과와 기술생산성과에 영향을 미치는 요인들의 효과를 분석하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 과학기술 R&D 활동의 투입과 산출을 알아보고, 대표적 과학기술지식인 SCI 논문과 특허, R&D스톡에 대해서 설명하였다. III장에서 과학기술 지식생산성과에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위한 자료와 모형과 방법을 설명하고, 회귀모형과 주성분 회귀모형을 이용하여 국가별 과학생산성과에 영향을 미치는 요인과 우리나라 전체와 대학의 과학생산성과 및 기술생산성과에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. IV장에서 본 논문의 분석결과를 요약하고 연구의 한계를 제시하였다.

II. R&D 활동과 과학기술 지식생산

1. R&D 활동의 투입과 산출

R&D란 “인간, 문화, 사회에 관한 지식의 축적을 증대하기 위해 체계적으로 행하는 창조적

활동과 그것을 활용하여 새로운 응용분야를 고안하는 활동이다(OECD, 1994)". Brown et al.(1998)은 기업 연구소를 투입, 프로세스, 산출로 구성된 하나의 시스템으로 간주하고, 투입 요소로 인력, 아이디어, 장비, 정보, 자금 등을 제시하고, 산출요소로 특허, 논문, 신제품, 신공정, 출판물, 원리 등을 제시하였다. R&D 시스템의 투입과 산출에는 연구원, 연구기간, 급여, 연구논문, 특허와 같이 측정 가능한 요소가 있는 반면에, 새로운 과학지식, 아이디어와 같이 무형의 측정 불가능한 요소도 있다. R&D 시스템의 투입요소는 산출요소에 비해 정량화가 상대적으로 쉽지만, 산출요소의 경우 일부를 제외하면 정량화가 매우 어려울 뿐만 아니라 연구 개발 단계에 따라 유형과 측정방법이 다르다.

R&D 활동의 궁극적인 목적은 기초연구의 경우 과학이론의 발전을 통한 이해의 증진 및 지식의 발전에 목적을 두고 있으며, 응용·개발연구의 경우 기업성장·경제발전에 목적을 두고 있다. R&D 활동이 상기 목적에 대한 기여 수준을 정량적으로 평가하는 것은 중요한 연구대상이다. 서중해(2006) 연구에 의하면 논문과 특허는 지표로서 한계에도 불구하고, 과학기술 성과 지표로서 가장 널리 활용될 수 있다고 주장하였다. 본 논문에서 과학기술 지식성과와 영향요인으로 이용할 논문과 특허, R&D스톡에 대해서 간단히 설명하면 다음과 같다.

2. 과학기술지식

1) SCI 논문

기초과학 분야에서 과학기술 R&D 연구성과의 객관적인 평가 기준은 Thomson ISI의 SCI를 들 수 있다. ISI는 매년 엄격한 심사를 거쳐 학술적 기여도가 높은 학술지를 선정하여 색인 및 인용 정보를 D/B로 구축하고 있으며, 이는 국가간 연구능력을 비교하는 객관적 자료로 널리 활용되고 있다(한선희 등, 1999). SCI D/B는 ISI에서 색인하는 인용정보 D/B 중 과학기술 분야의 저널을 대상으로 색인한 것으로, 발표된 논문이 다른 사람의 연구에 얼마나 도움을 주는가에 대한 척도인 인용 및 피인용에 대한 정보를 D/B로 구축한 것이다. SCI D/B에 포함된 저널에 수록된 SCI 논문은 과학기술 지식생산의 양적, 질적 활동과 수준을 분석하는 데 있어 널리 사용되고 있다. R&D 활동의 결과가 논문으로 발표되기까지에는 짧게는 1~2년, 길게는 3~4년의 시차가 발생한다.

2) 특허

특허는 기술분야의 발명과 관련된 지적재산권으로서, 개인이나 기업 또는 공공단체에 각국의 특허사무소가 부여하는 것이다. 특허통계는 혁신활동을 측정하는데 가장 널리 이용되는 지

표이다. 특허통계는 크게 출원(application)통계와 등록(grant)통계로 구분할 수 있다. 특허의 경우 출원통계와 등록통계 중에서 어떤 것이 R&D 산출을 보다 잘 반영하는지는 학자마다 견해가 다르다. R&D 산출로서 출원특허를 선호하는 학자들은 출원된 특허의 수가 등록된 특허의 수보다 많기 때문에, 출원통계가 등록통계보다는 전체 R&D 산출을 보다 잘 반영한다고 주장한다. 왜냐하면 R&D와 특허출원간의 시차가 비교적 짧고, 시차의 분산이 특허등록의 경우보다 크지 않기 때문이다. 따라서 R&D 산출지표로서 특허출원통계가 특허등록통계보다 적절한 측정치라고 할 수 있다(Grief, 1985). R&D 결과도 특허로 출원되어 등록되기까지에는 시차가 존재한다. Grief(1985)은 1960년대 중반부터 1980년대 초까지 독일의 R&D 투자와 특허출원간 관계를 분석한 결과, 시차가 1~2년으로 나타났다. Kondo(1999)에 의하면 1970년대 초부터 1980년대 중반까지의 일본산업계의 R&D 지출과 특허출원 사이에 1.5~1.7년 시차가 존재하였다.

3) R&D스톡

지식스톡(knowledge stock)은 기업의 생산활동에 직접 이용되고, 미래 기술개발을 촉진하는데 유용한 지식정보의 보유량으로, 기술지식스톡 또는 R&D스톡을 의미한다. 당해연도 산업성장에 기여하는 것은 당해연도의 자본투자보다는 그 이전의 자본스톡(capital stock)에 기인되기 때문에, R&D스톡도 자본스톡의 개념과 유사하게 적용된다. 당해연도 기술혁신의 대부분은 그 이전에 축적된 지식과 경험의 결과로 파악된다. 따라서 어떤 국가(또는 산업이나 기업)의 기술혁신 능력과 잠재력은 그 국가가 보유하고 있는 지식과 경험의 스톡에 의해 표현된다(홍순기 등, 1991).

R&D스톡을 측정할 때 시차(time lag), 진부화율(obsolescence), 디플레이터(deflator)등을 고려해야 한다. R&D 시차란 기술혁신 과정에서 아이디어가 R&D 단계를 거쳐 상용화되어 제품이 생산되기까지 소요되는 기간을 의미한다. R&D 시차는 국가나 기업은 물론 기술 분야별로 다르게 나타나며, 동일 분야라고 하더라도 R&D 단계마다 다르게 나타난다. 또한 기술수준과 기업전략의 차이에 따라서도 다양한 영향을 받게 된다. R&D 시차 분포에 대한 정확한 정보를 구하기 어렵기 때문에, 실제 R&D 시차를 추정할 때에 평균시차를 많이 이용한다(홍순기 등, 1991).

R&D스톡은 시간이 지남에 따라 진부화된다. 과거의 R&D스톡은 우수한 신기술이 출현하면 혁신적 가치가 감소하기 때문에, 순 R&D스톡의 증가분은 R&D스톡을 확대하는데 투입된 자원의 총량과 일치하지 않게 된다. 따라서 R&D스톡의 진부화율을 고려하여야 한다. Bosworth(1978)는 특허의 잔존건수 자료를 이용하여 신기술 창출에서 폐기기에 이르기까지 지식수명에 관한 통계

를 분석하였다. 지식수명주기 분석결과 폐기율이 서서히 증가하다가 6년째 최고점에 이르고, 그 후부터 완만히 감소하여 16년째에 대부분 폐기되는 것으로 나타났다. 그리고 특허권 개신 자료로부터 영국제조업의 기술지식 진부화율은 평균 10%로 추정되었다. 일본 과학기술청(1985)은 산업별 기술의 평균수명에 관한 조사 결과에 근거하여 진부화율을 추정하였다. 진부화율은 산업별 평균수명에 역수를 취하여 산출하였고, 이것은 기술지식스톡이 매년 균등하게 줄어든다는 가정에서 계산된 것이다. 또한 Patel et al.(1987) 연구에 의하면 초기 R&D 지출액은 10년이 경과되면 평균적으로 20%만이 R&D 스톡으로 형성되기 때문에, R&D 스톡의 진부화율을 20%로 추정하였다²⁾. 신태영(2002)은 R&D 스톡이 감가상각 되는 기간을 7년으로 설정하였고, 진부화율을 그 역수인 0.143으로 산출하였다. 서중해(2006)의 연구에서는 R&D 스톡의 진부화율을 0.15로 가정하였다.

마지막으로 R&D 스톡을 측정할 때 고려할 사항은 R&D 디플레이터이다. 기간이 경과함에 따라 R&D 활동에 투입된 자원의 가격은 전반적인 물가수준의 등락과 함께 변동 된다. 따라서 R&D 디플레이터를 적용하여 실질 또는 불변(constant) R&D 지출액으로 변환하여야 한다. 그러나 공식적인 R&D 디플레이터가 없기 때문에, 실제 분석에서는 GDP 디플레이터나 생산자 물가지수, 소비자 물가지수 등을 이용한다. 본 논문에서 국가별 분석인 경우 연구개발비로 2000년 기준 PPP International 달러를 이용하였고, 우리나라 전체와 대학인 경우 소비자 물가지수를 이용한 실질 연구개발비를 이용하였다. 본 논문에서는 R&D 스톡을 산출하기 위해서 Gliliches(1979)의 연구와 같이 R&D 시계열 자료로부터의 누적합 함수를 적용하였다.

III. 실증분석

1. 분석개요

본 논문에서 과학기술지식의 생산에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 한국, 미국, 일본, 영국, 독일의 5개국을 대상으로 한 국가별 과학생산성과와 우리나라 전체와 대학에 대한 과학 생산성과 및 기술생산성과로 구분하였다. 과학생산성과의 경우 ISI의 SCI 논문수(NSI D/B 또는 WoS D/B 기준)로 설정하였고, 기술생산성과의 경우 특허출원건수로 설정하였다. 국가별 과학생산성과는 ISI(National Science Indicators) D/B에서 추출한 국가별 SCI 논문수를 이용하였고, 우리나라 전체와 대학의 과학생산성과의 경우 ISI의 WoS(Web of Science)

2) 홍순기 등(1991)에서 재인용

D/B에서 추출한 SCI 논문수를 이용하였다. 과학기술지식의 생산에 영향을 미치는 요인으로 연구원수, 연구비, R&D스톡, 공공연구비(비중) 민간연구비(비중), 논문스톡(또는 특허스톡) 등을 다양하게 고려하였고, 전문가 입장에서 유의한 영향을 미칠 것으로 예상되는 논문스톡(또는 특허스톡), R&D스톡, 연구원수를 최종 투입으로 선정하였다.

〈표 1〉 분석내용별 투입과 산출

구분	분석	산출	투입
국가별 분석	과학생산성과	SCI 논문수 (NSI D/B)	논문스톡, R&D스톡, 연구원수
우리나라 전체 vs 대학	과학생산성과 기술생산성과	SCI 논문수 (WoS D/B) 국내특허 출원건수	논문스톡, R&D스톡, 연구원수(석사 이상) 특허스톡, R&D스톡, 연구원수(석사 이상)

2. 분석자료

국가별 과학생산성과에 영향을 미치는 요인으로 논문스톡, R&D스톡, 연구원수를 설정하였다. R&D스톡은 초기년도(1990년) R&D스톡을 국가별 연구개발비(2000년 기준 백만 PPP 달러)에 연평균 증가율을 이용하여 추정한 후, 지식의 진부화율 15%로 가정하여 산출하였다³⁾. 국가별 논문스톡인 경우도 R&D스톡과 동일한 방법을 적용하였다. 상기 방법으로 산출된 자료는 부록 〈자료 1〉과 같다. 우리나라 전체와 대학의 과학생산성과에 영향을 미치는 요인으로 논문스톡, R&D스톡, 연구원수(석사 이상)를 이용하였고, 기술생산성과에 영향을 미치는 요인으로 특허스톡, R&D스톡, 연구원수(석사 이상)를 이용하였다. 여기서 R&D스톡은 초기년도(1990년) 우리나라 전체와 대학의 명목 연구개발비를 소비자 물가지수⁴⁾를 적용하여 실질 연구개발비로 변환하고, 연평균 증가율을 이용하여 추정한 후, 지식의 진부화율 15%로 적용하여 산출하였다. 논문스톡과 특허스톡도 동일한 방법으로 산출하였다. 상기 방법으로 산출된 자료는 부록 〈자료 2〉와 같다.

3. 분석 모형과 방법

과학기술 지식생산에 영향을 미치는 독립변수의 효과를 평가하기 위해 다음과 같은 두 가지 회귀모형을 설정하였다. 과학생산성과 회귀모형⁵⁾에서 종속변수는 SCI 논문수(Y_1)이고, 독립변수

3) 진부화율은 국가마다, 산업마다 다르나, 우리나라 연구자들의 경우 국가별 R&D스톡을 추계할 때 일반적으로 15%를 사용하고 있으므로, 본 논문에서도 분석의 일관성과 편의를 위해 진부화율을 모두 15%로 가정하였다.

4) 생산자 물가지수를 이용하여 추정한 결과 유사한 결과를 도출하였다.

로는 논문스톡(X_1), R&D스톡(X_3), 연구원수(X_4) 등이다. 기술생산성과 회귀모형⁶⁾에서 종속 변수는 특허출원건수이고, 독립변수는 특허스톡(X_2), R&D스톡, 연구원수 등이다. 상기와 같은 다중회귀모형을 설정한 이유는 과학기술 지식생산성과인 논문과 특허라는 종속변수에 미치는 독립변수들의 효과를 추정하고 검정이다. 그러나 회귀모형에 포함된 독립변수들간에 다중공선성 문제가 발생할 경우, 회귀계수의 추정과 검정에 있어 심각한 오류가 발생된다. 따라서 다중공선성을 탐색하기 위해서 분산팽창요인(Variation Index Factor; VIF)을 고려하였다. 일반적으로 VIF가 10이상이면 다중공선성이 존재하는 것으로 판단하고, 그 값이 클수록 문제가 심각해진다.

본 논문에서 회귀모형의 다중공선성 문제를 해결하기 위해서 주성분 회귀모형을 이용하였다. 주성분 회귀모형은 독립변수의 상관행렬에서 구한 고유값과 고유벡터로부터 독립변수의 선형결합인 주성분을 생성하고, 그 주성분을 독립변수로 설정하여 추정하는 방법이다(성웅현, 2001). 또한 개별 독립변수의 효과를 측정하고 해석하기 위해서 추정된 주성분회귀함수는 원래 독립변수로 변환하였다.

본 논문에서 과학생산성과 회귀모형에서 설정한 가설은 “논문스톡, R&D스톡, 연구원수 등 세개 독립변수는 SCI 논문 생산에 모두 양(+)의 유의한 영향을 미친다”이다. 그리고 기술생산성과 회귀모형에서 설정한 가설은 “특허스톡, R&D스톡, 연구원수 등 세개 독립변수는 특허 생산에 모두 양(+)의 유의한 영향을 미친다”이다.

4. 분석결과

1) 국가별 과학생산성과

국가별 과학생산성과 회귀모형에서 논문스톡, R&D스톡, 연구원수 국가별 자료에 적합시켜 추정한 결과는 <표 2>와 같다. 미국을 제외한 모든 국가에서 결정계수가 0.95이상으로 나타나, 설정된 회귀모형의 설명력은 매우 높은 것으로 나타났다. 그러나 대부분 회귀계수의 분산팽창요인(VIF)이 10보다 매우 큰 값으로 나타났기 때문에, 논문스톡, R&D스톡, 연구원수 사이에 강한 다중공선성이 내재되어 있음을 알 수 있다. 이러한 다중공선성 영향 때문에 추정된 회귀계수 부호가 예상되었던 양(+)의 효과가 아니라 음(-)의 효과인 반대로 나타난 경우가 발생되었다. 예를 들면, 일본을 제외한 모든 국가에서 연구원수 회귀계수 부호가 음(-)으로 나타났고, 일본, 영국, 독일인 경우 R&D스톡 회귀계수 부호가 음(-)으로 나타났다. 이러한 추정 결과는 독립변수의 효과와 유의성 검정을 해석할 때 심각한 오류⁷⁾를 발생시킨다.

5) 과학생산성과 회귀모형: $Y_{1i} = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{3i} + \beta_3 X_{4i} + \epsilon_i$

6) 기술생산성과 회귀모형: $Y_{2i} = \beta_0 + \beta_1 X_{2i} + \beta_2 X_{3i} + \beta_3 X_{4i} + \epsilon_i$

또한 국가별 분석과 마찬가지로 과학기술지식의 생산에 영향을 미치는 요인들의 측정단위가 다르고 분산에 큰 차이가 있기 때문에, 종속변수와 독립변수들을 상관변환⁸⁾을 통하여 표준화하여 회귀분석을 실시한 결과는 〈표 3〉과 같다. 표준화 회귀분석에서도 다중공선성 문제 가 여전히 심각하게 존재하고, 추정과 검정에 같은 문제가 발생되었다.

따라서 〈표 2〉와 〈표 3〉과 같은 회귀계수 추정과 검정 결과에 근거하여 개별 독립변수의 유의성과 그 효과를 평가하는 것은 적절하지 못하다. 다중공선성 문제를 해결하여 분석하기 위해서 주성분 회귀모형을 적용하였다. 주성분은 독립변수들의 선형결합으로 설정되고, 모형에 포함될 주성분의 수는 독립변수의 상관행렬로부터 산출된 고유값⁹⁾의 크기에 따라 결정한다.

〈표 2〉 국가별 과학생산성과 회귀모형 추정결과(원 자료)

국가	구분	독립변수				결정계수
		절편	논문스톡	R&D스톡	연구원수	
한국	회귀계수	-897.2593	0.1558	0.1177	-0.0355	0.99
	p-값	0.3149	0.0010	0.0016	0.0371	
	VIF	0	58.45	43.08	17.62	
미국	회귀계수	-20516	0.2172	0.0884	-0.1524	0.89
	p-값	0.3554	0.0027	0.0513	0.0089	
	VIF	0	16.23	32.25	28.75	
일본	회귀계수	100871	0.3751	-0.3650	0.0636	0.97
	p-값	0.0373	0.0056	0.0191	0.1052	
	VIF	0	44.63	46.06	2.39	
영국	회귀계수	54046	0.2358	-0.3575	-0.0193	0.95
	p-값	0.0087	0.0003	0.0037	0.2578	
	VIF	0	28.68	8.73	30.71	
독일	회귀계수	55980	0.3416	-0.3710	-0.0137	0.97
	p-값	0.0003	0.0001	0.0005	0.2840	
	VIF	0	32.72	25.34	3.61	

7) 독립변수들 간에 강한 다중공선성이 존재할 경우 독립변수들 간에 강한 중복성이 존재한다는 의미로 해석할 수 있다. 즉, 회귀모형에 한 독립변수가 포함된 후 다른 중복성이 강한 변수가 포함될 경우 부분효과는 작기 때문에 효과가 유의하지 않다고 판단할 오류가 발생된다. 또한 추정량의 분산이 크게 팽창되어 회귀계수의 부호가 반대로 나타날 수 있다.

8) 상관변환(correlation transformation)이란 독립변수 자료의 평균과 표준편차를 이용하여 표준화하는 변환을 의미한다. 표준화자료를 회귀모형에 적합시킨 이유는 독립변수의 개별적인 효과를 비교하기 위한 것이다. 변수들을 표준화 하면 설정된 회귀모형에서 절편이 생략된다.

9) 독립변수의 상관행렬로부터 산출된 고유값의 합은 3이다. 고유값이 1보다 상당히 크면 설명력이 유효하고, 매우 작으면 설명력이 미흡하므로 주성분으로 적절하지 못하다.

〈표 3〉 국가별 과학생산성과 회귀모형 추정결과(표준화 자료)

국가	구분	독립변수			결정계수
		논문스톡	R&D스톡	연구원수	
한국	회귀계수	0.6502	0.5236	-0.1801	0.99
	p-값	0.0007	0.0011	0.0317	
	VIF	58.45	43.08	17.62	
미국	회귀계수	1.3368	0.9808	-1.4379	0.89
	p-값	0.0019	0.0444	0.0068	
	VIF	16.23	32.25	28.75	
일본	회귀계수	2.5491	-1.7716	0.1975	0.97
	p-값	0.0021	0.0096	0.0783	
	VIF	44.63	46.06	2.39	
영국	회귀계수	1.5406	-0.3705	-0.2381	0.95
	p-값	0.0002	0.0312	0.243	
	VIF	28.68	8.73	30.71	
독일	회귀계수	2.0533	-1.0701	-0.055	0.97
	p-값	0.0005	0.0003	0.27575	
	VIF	32.72	25.34	3.61	

〈표 4〉에 의하면 첫번째 고유값이 모든 국가에서 가장 크고, 나머지 고유값들은 거의 0에 가까운 매우 작은 값으로 나타났다. 따라서 첫 번째 고유값이 충분히 크기 때문에 첫 번째 주성분에 의하여 변수들의 변동 대부분이 설명되어질 수 있다. 첫 번째 고유값과 연관된 고유벡터는 〈표 5〉와 같다. 〈표 5〉에서 첫번째 고유값과 연관된 고유벡터 원소들은 거의 유사하게 나타났다. 주성분은 논문스톡, R&D스톡, 연구원수에 대하여 거의 동일한 가중값을 갖는 선형결합함수로 설정할 수 있고, 이는 “과학생산성과에 영향을 미치는 종합적인 성분”이라고 할 수 있다.

〈표 4〉 국가별 과학생산요소 상관행렬 고유값

고유값	한국	미국	일본	영국	독일
1	2.9469	2.9391	2.6752	2.9032	2.7262
2	0.0426	0.0421	0.3136	0.0787	0.2564
3	0.0105	0.0188	0.0112	0.0182	0.0175

〈표 5〉 국가별 과학생산요소 첫번째 고유벡터

고유벡터	한국	미국	일본	영국	독일
논문스톡	0.5799	0.5751	0.5947	0.5800	0.5962
R&D스톡	0.5778	0.5789	0.5964	0.5712	0.5848
연구원수	0.5744	0.5781	0.5391	0.5809	0.5500

따라서 주성분 회귀모형에서 첫번째 주성분만을 독립변수로 포함하였다. 주성분은 첫번째 고유값 λ_1 에 대응되는 고유벡터¹⁰⁾ e_1 원소를 가중값으로 적용하여 $P_i = e_{11}X_{1i} + e_{12}X_{3i} + e_{13}X_{4i}$ 와 같이 설정된다. 주성분 회귀모형¹¹⁾을 이용하여 추정한 결과는 〈표 6〉과 같다. 절편과 주성분의 p -값이 0.0001 이하로 매우 유의하게 나타났고, 결정계수는 〈표 2〉에 비해서 낮게 나타났으나, 여전히 높은 설명력을 보이고 있다.

〈표 6〉 국가별 과학생산성과 주성분 회귀분석 결과

구분	한국	미국	일본	영국	독일
절편	10684 (0.0001) ¹²⁾	253259 (0.0001)	61167 (0.0001)	64976 (0.0001)	60387 (0.0001)
주성분	4303.85 (0.0001)	8903.33 (0.0001)	5366.40 (0.0005)	4874.22 (0.0001)	5428.20 (0.0001)
결정계수	0.98	0.75	0.86	0.86	0.88

주성분 회귀분석 결과로부터 개별 독립변수 회귀계수의 효과를 측정하기 위해서, 〈표 6〉의 주성분 추정 결과를 원래 독립변수의 회귀계수로 변환하여 구한 결과는 〈표 7〉과 같다. 주성분 회귀모형에서 추정된 회귀계수 부호는 모두 양(+)의 효과로 나타나 이론적 효과와 일치하기 때문에, 주성분 회귀모형을 통하여 다중공선성 문제가 해결되었다. 추정된 회귀계수 크기 를 비교하면 국가마다 약간씩 차이가 있다. 과학생산성과에 가장 큰 영향을 미치는 독립변수는 한국과 미국인 경우 논문스톡, 일본과 영국인 경우 연구원수, 독일인 경우 R&D스톡으로 나타났다.

〈표 7〉 주성분 회귀분석 결과를 원래 독립변수로 변환한 결과

과학생산성과		회귀계수				
		한국	미국	일본	영국	독일
독립변수	절편	-6150.00	108535.39	-58285.95	-25319.81	-10835.77
	논문스톡	0.0801	0.0472	0.0495	0.0483	0.0563
	R&D스톡	0.0748	0.0264	0.0695	0.2995	0.1152
	연구원수	0.0653	0.0310	0.0982	0.1449	0.0788

10) 고유값에 대응되는 고유벡터의 원소는 주성분을 구성하는 독립변수의 가중치를 의미한다.

11) 주성분 회귀모형은 $Y_{1i} = \alpha_0 + \alpha_1 P_i + \epsilon_i$ 이다. 추정된 주성분 회귀계수벡터 $\hat{\alpha}$ 를 원래 회귀계수 벡터 β 로 변환하는 과정은 성용현(2001)의 회귀분석 315-317 참조.

12) ()는 회귀계수 검정의 유의수준인 p -값이다.

2) 국내 전체 과학기술 지식생산성과

국내 전체 과학생산성과와 기술생산성과 회귀모형을 부록 〈자료 2〉에 적합하여 구한 회귀분석 결과는 〈표 8〉과 같다. 분석결과 우리나라 전체 과학생산성과와 기술생산성과 회귀모형에서도 다중공선성이 심각하게 내재되어 있음을 알 수 있다. 과학생산성과 회귀모형에서 연구원수가 유의수준 0.05에서 유의하지 않게 나타났고, 부호도 음(-)으로 나타났다. 기술생산성과 회귀모형에서 중요할 것으로 예상된 특허스톡이 유의하지 않고 음(-)의 부호로 나타났고, 또한 R&D 스톡도 유의성이 있다고 단정하기 어렵게 나타났다. 즉, 결정계수는 매우 높지만 다중공선성 문제 때문에 연관된 주요 독립변수의 유의성이 확보되지 못한 추정의 오류가 내재되어 있다.

〈표 8〉 국내 과학기술 지식생산 회귀분석 결과

구분	독립변수	회귀모형		
		회귀계수	p-값	VIF
과학생산 성과	절편	-737.97	0.2039	0
	논문스톡	0.0178	0.0095	90.80
	R&D스톡	0.0172	0.00005	48.82
	연구원수	-0.0113	0.3179	25.50
	결정계수	0.99		
기술생산 성과	절편	-15528	0.1305	0
	특허스톡	-0.0405	0.1029	157.23
	R&D스톡	0.1391	0.0616	141.11
	연구원수	1.1597	0.0005	15.18
	결정계수	0.97		

과학생산성과 독립변수들의 상관행렬에서 구한 고유값은 2.9545, 0.0383, 0.0072이고, 기술생산성과 독립변수들의 상관행렬에서 구한 고유값은 2.9504, 0.0461, 0.0034로 나타났다. 즉, 첫번째 고유값과 연관된 고유벡터는 〈표 9〉와 같고, 주성분회귀분석 결과는 〈표 10〉과 같다. 과학생산과 기술생산성과 주성분 회귀분석 결과 절편과 주성분의 p-값이 모두 0.0001로 유의하게 나타났다.

〈표 9〉 국내 전체 과학기술 지식생산 첫 번째 고유벡터

구분	과학생산성과	기술생산성과
논문스톡	0.5802	-
특허스톡	-	0.5798
R&D스톡	0.5768	0.5791
연구원수	0.5750	0.5731

〈표 10〉 국내 전체 과학기술 지식생산 주성분 회귀분석 결과

구분	과학생산성과	기술생산성과
절편	11826 (0.0001)	87250 (0.0001)
주성분	5045.19 (0.0001)	25070 (0.0001)
결정계수	0.99	0.95

주성분 회귀분석 결과를 원래 독립변수로 표현하면 〈표 11〉과 같다. 주성분 회귀모형을 이용하면 모든 독립변수가 과학생산성과와 기술생산성과에 양의 효과를 미치는 것으로 나타났고, 그 의미는 다음과 같이 해석된다. 국내 전체 과학생산성과에서 R&D 스톡과 연구원수가 일정한 수준일 때 논문스톡이 100편 증가함에 따라 SCI논문수는 평균적으로 1.4편 증가하는 것으로 추정된다. 국내 전체 기술생산성과에서 특허스톡과 R&D스톡이 일정 수준일 때 석사 이상의 연구원수가 100명 증가함에 따라 특허출원건수는 평균적으로 44.7건 증가하는 것으로 나타났다.

〈표 11〉 주성분 회귀분석 결과 원래 독립변수로 변환(국내 전체)

구분	독립변수	회귀계수
과학생산 성과	절편	-5179.51
	논문스톡	0.0141
	R&D스톡	0.0093
	연구원수	0.0902
기술생산 성과	절편	5171.41
	특허스톡	0.0158
	R&D스톡	0.0463
	연구원수	0.4467

3) 대학 과학기술 지식생산성과

대학 과학생산성과와 기술생산성과 회귀모형을 부록 〈자료 2〉에 적합하여 구한 회귀분석 결과는 〈표 12〉와 같다. 대학의 과학생산성과 회귀모형에서 R&D스톡만이 유의수준 0.05에서 유의하게 나타났고, 양(+)의 유의한 영향을 미칠 것으로 예상되었던 논문스톡은 유의하지 않을 뿐만 아니라, 부호도 음(-)으로 나타났다. 대학의 기술생산성과를 회귀모형을 이용하여 추정한 결과 특허스톡만이 유의하게 나타났고, 나머지 R&D스톡과 연구원수는 유의하지 않게 나타났다.

〈표 12〉 대학 과학기술 지식생산에 미치는 요인 분석결과

구분	독립변수	회귀모형		
		회귀계수	p-값	VIF
과학생산 성과	절편	-531.90	0.3743	0
	논문스톡	-0.0583	0.3117	276.29
	R&D스톡	0.3091	0.0169	350.68
	연구원수	-0.0067	0.4562	10.09
	결정계수		0.99	
기술생산 성과	절편	0.0343	0.4084	0
	특허스톡	0.2431	0.0005	7.87
	R&D스톡	3.189191E-7	0.4534	17.40
	연구원수	-5.18314E-8	0.4953	6.05
	결정계수		0.99	

과학생산성과 독립변수들의 상관행렬에서 구한 고유값은 2.8332, 0.1651, 0.0016이고, 기술생산성과 독립변수들의 상관행렬에서 구한 고유값은 2.7017, 0.2614, 0.0369로 나타났다. 즉, 첫 번째 고유값과 연관된 고유벡터는 〈표 13〉과 같고, 주성분 회귀분석 결과는 〈표 14〉와 같다. 과학생산성과와 기술생산성과의 주성분 회귀분석 결과 절편과 주성분의 p-값이 모두 0.0001로 유의하게 나타났다.

〈표 13〉 대학 과학기술 지식생산 첫 번째 고유벡터

구분	과학생산성과	기술생산성과
논문스톡	0.5828	-
특허스톡	-	0.5684
R&D스톡	0.5890	0.6010
연구원수	0.5599	0.5619

〈표 14〉 대학 과학기술 지식생산 주성분 회귀분석 결과

구분	과학생산성과	기술생산성과
절편	11074 (0.0001)	1115.07 (0.0001)
주성분	4850.91 (0.0001)	824.59 (0.0001)
결정계수	0.98	0.87

주성분 회귀분석 결과를 원래 독립변수로 표현하면 〈표 15〉와 같다. 주성분 회귀모형을 이용하면 모든 독립변수가 과학생산성과와 기술생산성과에 양의 효과를 미치는 것으로 나타났고, 추정된 회귀계수의 의미는 〈표 11〉 국내 전체와 비교해서 차이가 있다. 대학의 R&D스톡이 과학생산성과에 미치는 영향이 대학에서 국내 전체에 비하여 상대적으로 높게 나타났고, 대학의 특허스톡이 기술생산성과에 미치는 영향도 국내 전체에 비하여 상대적으로 높게 나타났다.

추정된 회귀계수 의미는 다음과 같다. 대학 과학생산성과에서 논문스톡과 연구원수가 일정한 수준일 때 R&D스톡이 100억 증가함에 따라 SCI논문수는 평균적으로 8.7편 증가하는 것으로 추정된다. 대학 기술생산성과에서 R&D스톡과 연구원수가 일정 수준일 때 특허스톡이 100건 증가함에 따라 특허출원건수는 평균적으로 7.9건 증가하는 것으로 나타났다.

〈표 15〉 주성분 회귀분석 결과 원래 독립변수로 변환(대학)

구분	독립변수	회귀계수
과학생산 성과	절편	-7401.74
	논문스톡	0.0087
	R&D스톡	0.0868
	연구원수	0.2259
기술생산 성과	절편	-1854.11
	특허스톡	0.0785
	R&D스톡	0.0151
	연구원수	0.0385

IV. 결 론

지식기반사회 도래와 함께 경제성장에 있어 R&D투자를 중심으로 과학기술 지식생산성과의 중요성은 더욱 강조되고 있다. 정부는 글로벌 경제위기 극복방안의 하나로 R&D투자 확대를 통해 녹색성장 등 미래 성장잠재력 확충을 위한 기술혁신에 주력하고 있다. 본 연구에서는 기술혁신 과정에서 R&D투자의 1차 성과인 논문과 특허라는 과학기술지식의 생산에 영향을 미치는 요인들의 효과를 분석하였다. 과학기술 지식생산에 영향을 미치는 요인으로 가정한 R&D스톡과 연구원수, 논문스톡(또는 특허스톡)은 상관관계가 매우 높은 변수들로서, 이들을 포함한 회귀분석에서 심각한 다중공선성 문제가 발생되어 회귀계수의 추정과 검정에 오류가

발생된다.

본 논문에서 회귀모형의 다중공선성 정도를 분산팽창요인을 이용하여 판단하였고, 독립변수간 상관행렬로부터 산출한 고유값과 고유벡터를 이용하여 주성분 회귀분석을 수행하였다. 주성분 회귀모형을 적용한 결과 내재된 다중공성성 문제가 해결되었고, 개별 독립변수의 효과를 해석하기 위해서 원래 독립변수로 변환하였다. 추정된 회귀계수 크기를 비교하면 국가마다 약간씩 차이가 있다. 국가별 과학생산성과에 가장 큰 영향을 미치는 독립변수는 한국과 미국의 경우 논문스톡, 일본과 영국의 경우 연구원수, 독일의 경우 R&D스톡으로 나타났다.

우리나라 전체와 대학의 과학생산성과와 기술생산성과를 회귀모형을 이용하여 분석한 결과 독립변수간 다중공선성으로 인해 추정의 오류가 발생하였다. 그러나 주성분 회귀모형을 이용하여 분석한 결과, 과학기술지식의 생산에 영향을 미치는 3가지 독립변수 모두 논문과 특허의 생산에 있어 반드시 필요한 요인들이며, 이를 중에서 어떤 요인이 보다 많은 영향을 미친다기보다는 이들을 결합한 하나의 요인이 복합적으로 작용한다고 할 수 있다. 국내 전체 과학생산성과에서 R&D 스톡과 연구원수가 일정한 수준일 때 논문스톡이 100편 증가함에 따라 SCI 논문수는 평균적으로 1.4편 증가하는 것으로 추정되었다. 국내 전체 기술생산성과에서 특허스톡과 R&D스톡이 일정 수준일 때 석사이상의 연구원수가 100명 증가함에 따라 특허출원건수는 평균적으로 44.7건 증가하는 것으로 나타났다. 대학의 경우 R&D스톡이 과학생산성과에 미치는 영향은 국내 전체에 비하여 상대적으로 높게 나타났고, 특허스톡이 기술생산성과에 미치는 영향 또한 국내 전체에 비하여 상대적으로 높게 나타났다. 즉, 기술혁신을 위한 R&D 활동의 1차 성과인 논문 생산을 높이기 위해서는 꾸준한 연구비 지원을 통해 R&D스톡을 지속적으로 확대하고, 많은 수의 연구원들이 R&D 활동에 참여할 수 있도록 유도해야함을 알 수 있다. 그리고 대학의 특허 생산을 높이기 위해서는 R&D 활동의 성과를 특허로 출원하여 특허스톡을 지속적으로 확대할 필요가 있음을 알 수 있다.

본 논문에서 제안한 주성분 회귀모형을 이용한 과학기술 지식생산함수 추정방법은 다중공선성이 강한 지식생산요소를 포함한 회귀분석에서 매우 유용하게 적용될 수 있을 것이다. 본 연구의 한계를 제시하면 다음과 같다. 첫째, 과학기술지식의 생산에 영향을 미치는 요인은 본 논문에서 생산요소로 고려한 것 외에도 개방화 정도, 인적자본, 연구환경, GDP 등 다양한 요인들이 있으므로, 이들을 고려한 다양한 회귀모형을 시도할 필요가 있다. 둘째, 우리나라 기술생산성과의 산출로 가정한 국내특허 출원건수에는 우리나라 정부와 민간의 연구개발비 이외에 개인의 발명활동 결과로 출원한 특허가 상당히 많이 포함되어 있으므로, 국내특허 출원건수 전체를 국가 차원의 과학기술지식의 산출로 가정하는데 무리가 있을 수 있다. 이에 대한 보완으로 미국특허 출원건수를 이용할 수 있으나, 우리나라 대학에서 출원한 미국특허를 분류

하는 것 또한 쉽지는 않다. 셋째, 과학생산성과로 가정한 SCI 논문수의 경우 논문의 질이 반영되지 않았으므로, 허정은 등(2008)이 제안한 표준화된 순위보정영향력지수(Modified Rank Normalized Impact Factor, mrmIF) 등을 활용하여 산출한 논문수를 이용하여 분석할 필요가 있다.

참고문헌

- 국가과학기술위원회 (2008), 「이명박정부의 과학기술기본계획」, 서울: 국가과학기술위원회.
- 박수동·최대승 (2009), “우리나라의 과학기술 지식생산에 미치는 영향요인 분석”, 2009년 기술혁신학회 춘계학술대회 발표논문.
- 박현우·김경호·여운동 (2009), “국가별 과학연구 투입과 성과의 특성분석”, 2009년 기술혁신학회 춘계학술대회 발표논문.
- 성웅현 (2001), 「회귀분석-이론, 방법론, SAS 활용-」, 서울: 법문사.
- 서중해 (2006), 「과학기술시스템과 경제성장메커니즘 사이의 인터페이스」, 서울: 한국개발연구원.
- 신태영 (2002), 「연구개발투자와 지식축적량의 국제비교」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 양혜영·박수동 외 (2008), 「2008년도 국가연구개발사업 심층평가보고서: 대학연구센터사업군」, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 이우성 (2008), “R&D 투자의 경제적 파급효과 분석”, KISTEP 세미나 발표자료.
- 조상섭·정동진 (2007), “Knowledge Production Function in South Korea : An Empirical Analysis”, 「기술혁신학회지」, 10(3) : 383~405.
- 한선화·김태희·김선호 (1999), 「SCI DB 분석을 통한 기초과학수준 평가체계 수립에 관한 연구」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 허정은 등(2008), “국가연구개발사업의 과학적 성과분석을 위한 새로운 계량지표 개발에 관한 연구”, 「기술혁신학회지」, 11(3) : 376~399.
- 홍순기·홍사균·안두현 (1991), 「연구개발투자의 산업부문간 흐름과 직·간접 생산성 증대효과 분석에 관한 연구」, 서울: 과학기술정책연구소.
- Bosworth, D.L. (1978), “The Rate of Obsolescence of Technical Knowledge: A Note”, *Journal of Industrial Economy* 26(3) : 273-283.

- Brown, M.G. and Svenson, R.A. (1998), "Measuring R&D Productivity", *Research Technology Management* 42(6) : 30-35.
- Grief, S. (1985), "Relationship Between R&D Expenditure and Patent Applications", *World Patent Information* 7(3) : 190-195.
- Kondo, M. (1999), "R&D Dynamics of creating patents in the Japanese industry", *Research Policy* 28 : 587-600.
- OECD (1994), *The Measurement of Scientific and Technological Activities : proposed standard practice for surveys of research and experimental development*, Paris: OECD.

박수동

성균관대학교에서 산업공학 박사학위를 취득하고 현재 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 정책기획실 부연구위원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 기술경영, 경제성분석, 창의성기법(TRIZ 등) 등이다.

성용현

성균관대학교 통계학과를 졸업하고 미국 Ohio University에서 경영학석사 및 Texas Tech University에서 경영통계학 박사학위를 취득하였다. 한신대학교 정보통계학과 정교수로 재직 중이고, 주요 관심분야는 다변량분석, 기술가치평가, 실물옵션 등이다.

〈부록〉 분석자료

〈자료 1〉 국가별 과학생산성과와 생산요소 통계

연도	논문수			논문스톡			R&D스톡			연구원수		
	한국	미국	일본	한국	미국	일본	한국	미국	일본	한국	미국	일본
1990	1588	223939	44416	5644	1363539	254246	36092	1069488	511354	67602	965603	582815
1991	1870	231915	46177	6668	1390923	262286	39298	1100153	522423	73275	981659	598333
1992	2402	239812	52109	8069	1422096	275052	43013	1127063	531289	85268	997716	622410
1993	2966	238530	51927	9825	1447312	285722	47705	1145979	537115	93680	1013772	641083
1994	3963	244646	55887	12314	1474861	298750	53808	1162016	541284	89018	1024884	658866
1995	5390	255577	58737	15857	1509209	312675	60502	1187598	550344	100456	1035995	673421
1996	6437	251263	61458	19916	1534091	327232	67612	1220223	556966	99433	1097952	617365
1997	7870	249687	65074	24798	1553664	343221	74800	1260125	566065	102660	1159908	625442
1998	9854	254286	67777	30932	1574900	359515	78816	1306338	576120	92541	1210414	652845
1999	11332	255155	69547	37625	1593820	375134	83031	1361287	585041	100210	1260920	658910
2000	12494	252903	68801	44475	1607650	387665	89070	1425215	596059	108370	1289782	647572
2001	14904	259215	71241	52708	1625718	400757	96489	1483127	608213	136337	1319705	675898
2002	15923	255000	69896	60725	1636860	410539	103748	1526554	620195	141917	1342454	646547
2003	18839	274459	75735	70455	1665790	424693	111472	1569824	632946	151254	1430551	675330
2004	19392	265507	68994	79279	1681429	429983	121132	1609144	645612	156220	1393523	677206
2005	23099	300244	75521	90486	1729458	441007	131742	1654237	663858	179812	1387882	704949
2006	23297	293410	71191	100210	1763450	446047	144719	1704895	684647	199990	-	709691

연도	논문수		논문스톡		R&D스톡		연구원수	
	영국	독일	영국	독일	영국	독일	영국	독일
1990	48560	43506	278738	246438	157311	249560	133000	-
1991	50032	44632	286959	254105	157742	256974	128000	241869
1992	54364	47374	298279	263363	157624	262104	129000	164443
1993	54449	46417	307986	270275	158438	264824	131000	167534
1994	59483	50586	321272	280320	159651	266453	134000	170624
1995	62759	53452	335840	291724	160651	268704	145673	231128
1996	64874	55895	350338	303861	161187	271142	144735	230189
1997	63817	59078	361604	317359	161480	274841	145641	235793
1998	68426	64853	375790	334609	162391	279581	157662	237712
1999	69971	65127	389392	349544	164963	287082	163108	254691
2000	71488	65222	402471	362335	168042	296303	161352	257874
2001	70482	66706	412583	374690	170933	304932	167019	264385
2002	67953	65146	418648	383633	173944	312894	174433	265812
2003	72380	69236	428231	395324	176622	320202	178035	268942
2004	69614	64892	433610	400917	178673	326321	173715	270215
2005	78828	75307	447397	416087	181745	331911	179387	272148
2006	77108	72271	457395	425945	185622	339433	183535	279452

〈자료 2〉 국내 전체 및 대학 지식생산성과와 생산요소 통계

연도	논문수		특허수		논문스톡		특허스톡		R&D스톡		연구원수	
	전체	대학	전체	대학	전체	대학	전체	대학	전체	대학	전체	대학
1992	2291	1098	31073	43	119469	3143	473121	177	91663	6256	48201	23256
1993	3083	1559	36491	66	138039	4231	540193	271	116636	8117	56018	28618
1994	4004	2025	45712	83	163046	5621	622209	341	151937	10971	72723	42700
1995	5741	3166	78499	150	217088	7944	745966	617	195111	14712	79283	44683
1996	7094	3930	90326	168	274851	10682	908921	691	245596	19974	82643	45327
1997	8691	5324	92734	228	326357	14404	1098940	938	302062	26715	87858	48588
1998	10267	8862	75188	364	352591	21105	1286690	1497	350078	33122	84684	51162
1999	12147	10517	80642	530	380345	28457	1474032	2180	396506	40033	88365	50151
2000	13482	12001	102010	705	425303	36189	1678230	2900	454557	47283	97276	51727
2001	15651	14026	104612	817	466120	44787	1892615	3361	528657	55000	104640	53717
2002	17222	15609	106136	1095	502338	53678	2111060	4504	606596	63967	113788	57634
2003	20280	18338	118652	1898	545639	63964	2340040	7808	694749	72529	120290	59746
2004	23772	21476	140115	2213	603908	75845	2592942	9103	806444	83069	124833	59957
2005	25772	23101	160921	3253	674243	87570	2878244	13381	927031	94592	136521	64895
2006	27979	25082	166189	5113	739295	99516	3185803	21033	1067450	108129	143393	65923