

자료포락분석을 통한 국가 나노기술 연구개발투자 결과의 혁신성 분석 연구

Study on Innovation Measurement of National R&D Investments
for Nanotechnology Using Data Envelopment Analysis

임정선(Jung Sun Lim)*, 한 혁(Hyuk Hahn)**,
원동규(Dong-Kyu Won)***, 김상국(Sanggook Kim)****

목 차

- | | |
|-----------|----------------|
| I. 서 론 | IV. 분석 자료 및 결과 |
| II. 선행연구 | V. 결론 및 시사점 |
| III. 연구모형 | |

국 문 요 약

국제적으로 정부의 연구개발 성과분석 활동은 증거기반 데이터를 통해 혁신성을 파악하고, 또한 객관적인 정책이행의 타당성을 확보하는 방향으로 진화중이다. 유럽연합의 경우 4차산업혁명/첨단제조업 부흥을 지원하는 나노기술 기반의 KETs(Key Enabling Technologies) 정책을 추진하여 왔으며, KETs Observatory 프로젝트를 통해 KETs가 도출한 정량적 혁신성과들을 유럽연합 홈페이지를 통해 공개하였다. 유럽연합은 또한 FP7 및 Horizon2020이 지원한 혁신적 연구과제들을 데이터 분석을 통해 파악하는 Innovation Radar 시스템을 구축하였다. 미국 역시 Federal RePORTER 시스템을 통해 나노기술을 포함한 연방의 연구개발 투자/성과를 정량적으로 집계/분석 하는 체계를 고도화 중이다. 한국 나노기술 분야의 경우 NTIS(National Science & Technology Information Service) 정보를 분석한 기초통계 자료들이 정책 현장에서 활용되고 있다. 기초 통계자료 수준을 넘어선 혁신성 분석 방법론의 고도화는 미국·유럽을 포함한 세계 각국의 정책 이슈이며, 또한 정부의 장기적인 연구개발 투자 영역이다. 본 연구는 한국 NTIS의 나노기술 연구개발 투자 결과와 투입-산출 기반의 효율성 분석 모형을 활용하여, 정부 R&D 투자의 혁신 특성을 정량화 하는 연구를 시도하였다.

핵심어 : 나노기술, 혁신, 레이더, 자료포락

※ 논문접수일: 2018.12.3, 1차수정일: 2019.1.25, 게재확정일: 2019.2.11

* 한국과학기술정보연구원 선임연구원, jsunnylim@kisti.re.kr, 02-3299-6124, 주저자

** 한국과학기술정보연구원 책임연구원, hyhahn@kisti.re.kr, 02-3299-6285

*** 한국과학기술정보연구원 책임연구원, dkwon@kisti.re.kr, 02-3299-6053

**** 한국과학기술정보연구원 책임연구원, sgkim@kisti.re.kr, 02-3299-6294, 교신저자

ABSTRACT

The international trends in activities of government R&D performance measurement is evolving into evidence-based approach to support the verification of objective policy implementation. The European Commission has been implementing KETs (Key Enabling Technologies) policy that incubates nanotech based emerging technologies to support the fourth industrial revolution/revitalization of high-tech manufacturing, and resulting innovations are quantified by KETs Observatory project. The European Commission also built Innovation Radar system that monitors potentially innovative projects within FP7 and Horizon2020 by data analysis. The United States is also upgrading its Federal RePORTER system to quantitatively monitor federal R&D investments with outcomes (including nanotechnology). In the field of Korean nanotechnology, basic statistical data by analyzing NTIS (National Science & Technology Information Service) information is applied in policy field. Developing innovation measurement methodology beyond basic statistical analysis is an international policy issue, and a long-term R&D investment area of a government. The objective of this model study is to quantify the innovation potential of nano R&D investments conducted by Korea government, using input-output based efficiency measurement model and NTIS (National Science & Technology Information Service) that is comprehensive data portal for national R&D investments/outcomes including nanotechnology.

Key Words : Nanotechnology, Innovation, Radar, DEA

I. 서 론

2018년 노벨 경제학상 수상자 Paul Romer는 1980년대 내생적 성장이론을 제시하며 기술을 포함한 지식의 생산·확산이 선진국형 경제의 핵심 성장요인임을 규명하였다(Romer, 1986). Romer 이론 등을 참고하여 OECD/유럽연합은 지식기반경제(OECD, 1996) 및 국가혁신체제(OECD, 1997) 모델들을 제안하는데, 이들은 지식의 창출·확산·활용간 연계 강화를 통해 지속적인 경제성장을 이룬다는 목적을 가지고 있다(또한 이 과정을 혁신이라 정의하고 있다). 본 모형들은 그동안 세계 각국의 정책현장에서 국가 혁신 방법론으로 활용되어 왔는데, 최근에는 전략적 과학기술군을 육성하고 또한 효과적으로 확산·활용하여 경제효과를 창출하는 적극적 정책수단으로 활용되고 있다(Lim et al., 2015). 또한 각국 정부는 이를 지원하기 위하여 연구개발 투자결과의 혁신성을 객관적 자료와 모델을 통해 진단·탐지하는 현장연구를 지속적으로 지원하고 있다(High-Level Expert Group, 2011; European Commission, 2015a, 2015b, 2018a, 2018b; STAR METRICS, 2016; Federal RePORTER, 2018; 경제장관회의 18-3, 2018).

나노기술은 2000년부터 21세기 신산업혁명을 이끌 핵심기술로서 주목받아 왔으며, 각국 정부가 기술개발 촉진법을 수립하여 전략적으로 육성하여 왔다. 최근 세계각국은 나노기술을 첨단제조업 부흥정책 및 4차산업혁명의 핵심기술로 활용하고 있다(Lim et al., 2015). 미국·유럽연합 등은 2009년 경제위기 이후부터 나노기술을 포함한 국가 전략기술들의 혁신성을 객관적인 데이터·모델을 통해 모니터링 하는 방법론을 고도화 중이다. 구체적으로 유럽연합은 나노기술 중심의 KETs 정책에 의해 육성된 핵심기술군들의 혁신성 및 경제적 효과를 탐지하는 증거기반의 분석모델 및 시스템(European Commission, 2015a, 2015b, 2018a, 2018b)을 개발하여 일부 서비스 중이다. 해외와 비교한 한국의 경우 최근까지도 정부의 나노기술 투자성과에 대한 현황요약 결과들이 주류를 이루며, 증거기반의 혁신성 분석 모델화 및 시스템화에 관한 연구는 매우 초기단계에 머물러 있다. 본 연구는 국외 정책 현장에서 개발 및 구현되고 있는 나노기술 투자결과의 혁신성을 모니터링 하는 모델·시스템 사례를 파악하고, 이를 참고하여 국내 나노기술 사례에 적용 가능한 초기 연구모델 수립에 기여하고자 한다. 구체적으로 국내 나노분야 연구개발에 투자해온 7대 부처의 혁신 특성을 객관성을 확보한 자료를 통해서 파악하고, 향후 협력방안을 모색할 때에 의사결정에 참고 가능한 정보 개발에 기여한다.

II. 선행연구

미국과 유럽연합은 한국·중국·일본·대만 등 아시아 국가들의 나노기술개발 역량 강화를 위협으로 인식하였으며, 글로벌 리더쉽을 확고히 하기 위해 나노기술 기반의 상업화 역량을 강화하는 일련의 국가정책들을 발표하였다(Lim et al., 2015). 가령 유럽연합은 나노기술을 첨단제조업 부흥정책(Key Enabling Technologies, KETs) 및 4차산업혁명 이행을 위한 핵심 기술군으로 활용하였다(European Commission, 2015c; World Economic Forum, 2016). 나노기술은 태생부터 첨단산업 창출을 위한 전략기술군으로 육성되었다. 미국과 유럽연합은 나노기술 연구개발의 투자 성과인 지식·특허·산업화 자료를 효과적으로 수집하고, 또한 활용 가능성을 혁신성이라는 이름으로 파악하는 모델화·시스템화 연구를 10여년간 고도화 하고 있다.

미국은 국가혁신계획 중에 포함된 첨단제조업 부흥정책의 이행을 위한 핵심기술로 나노기술을 선정하였다(Lim et al., 2015). 또한 2009년 발효된 ARRA(American Recovery and Reinvestment Act)에 의해 나노기술을 포함한 첨단기술들의 연구개발 성과를 데이터베이스화 하는 STAR METRICS(STAR METRICS, 2016; Federal RePORTER, 2018) 프로젝트를 현재까지 지속적으로 고도화 중이다. 그동안 미국정부의 나노기술 연구성과물 분석은 주로 정성적인 결과들에 의지하고 있는데, NNI(National Nanotechnology Initiative)가 매해 백악관 및 국회에 보고하는 나노기술개발 연도별 시행계획(NSTC, 2017) 및 대통령자문위원단의 NNI 평가서(PCAST, 2017)가 여기에 포함된다. 유럽연합 역시 나노 및 융합기술 기반의 첨단제조업 부흥정책 KETs를 이행중이며, KETs Observatory 프로젝트를 통해 그 성과물들의 혁신성과 경제적 기여도를 과학적·증거기반 방법을 통해 모니터링 하고 있다(European Commission, 2018a). 유럽연합은 또한 FP7(Framework Program 7)과 Horizon2020을 통해 투자한 첨단기술들의 혁신성을 모니터링 하는 객관적 증거기반 시스템 Innovation Radar를 공개하여 서비스 중이다(European Commission, 2018b). OECD는 CSTP(Committee on Science and Technology Policy) 산하 WPN(Working Party on Nanotechnology, 현 BNCT(Biotechnology, Nanotechnology and Converging Technologies))에서 2007~2015년간 수행한 자료기반의 나노기술 혁신성·상업화 분석 연구결과를 홈페이지에 공개하고 있다(OECD, 2018).

한편, 한국의 경우 국가의 연구개발 투자정보 및 파생된 논문·특허·상용화 정보를 망라한 종합정보시스템 NTIS가 구축되어 있다. NTIS 시스템을 통해서 나노기술 관련의 기본정보를 파악할 수 있다. 나노기술분야에 특화된 연구개발 투자 및 성과 분석은 국가나노기술정책센터에서 다수 수행하여 정부문서인 “연도별 나노기술개발시행계획” 작성의 기본 자료를 제공하여

왔다. 나노기술정책센터는 NTIS 외에도 국내외의 다양한 나노관련 DB 들을 활용하여 다양한 정보를 분석한 보고서들을 발간하여 왔다(National Nanotechnology Policy Center, 2018). 그러나 기초통계 및 설문조사 수준을 넘어선 모형·증거기반의 계량적 분석연구는 매우 미흡했던 것이 현실이며(Bae et al., 2016), 최근에서야 모델 기반의 계량화 연구가 구체화 되고 있다.

요약하면 미국·유럽연합은 정책현장 수요에 의해 정부의 나노기술 투자결과를 수집하고, 또한 그 혁신성을 객관적 자료에 기반하여 모니터링 하는 모델·시스템 연구를 고도화 하고 있다. 이에 대비한 한국의 연구현황은 초기단계에 머물러 있는 것으로 파악된다.

III. 연구모형

2011년 유럽연합이 공개한 KETs 정책은 연방의 나노·첨단제조 연구개발 투자로 인해 생산되는 지식이 기술·제품·제조로 연계되어 경제적 효과로 확산되는 혁신 과정을 3 pillar bridge model(High-Level Expert Group, 2011)로 요약하였다. 또한 KETs Observatory 프로젝트를 통해 KETs 정책의 산물들이 기술·제품·제조로 연계되는 과정을 증거기반 데이터로 모델링·정량화 하는 방법론을 연구중이며, 이를 위해 3대 데이터 체계(IPC/PRODCOM/CN(European Commission, 2015a))를 연계하는 방법론을 고도화 하고 있다(European Commission, 2018a). 유럽연합은 또한 FP7 및 Horizon2020 연구개발 결과들의 혁신성을 증거기반의 모형을 통해 연구(European Commission, 2015b)한 결과를 “Innovation Radar Data-Driven Tool” 라는 이름으로 유럽연합 홈페이지에 공개하였다(European Commission, 2018b). 유럽연합의 KETs Observatory 및 Innovation Radar 연구사례들(High-Level Expert Group, 2011; European Commission, 2015a, 2015b, 2018a, 2018b)은 다양한 한계점에도 불구하고 가장 최근의 현장 연구 결과물로서 참고할 가치가 높다.

본 연구는 유럽연합의 연구결과물들을 참고하여 한국 정부의 나노기술 연구개발 성과의 혁신성을 객관적 데이터와 모형을 통해 분석하였다. 한국 정부의 나노기술 투자로 인한 기술지식 창출·확산·활용의 혁신과정을 모델분석 하기 위한 객관적 자료로서 NTIS의 논문·특허·기술이전 정보를 사용하였다. 논문은 과학기술지식의 생산, 특허는 제품화, 기술이전은 상용화 활동을 대표하는 정보라 가정하였는데 이는 배성훈(Bae et al., 2016)의 선행연구를 참고하였다. 현재 연구는 혁신성을 정형화 하는 모델로 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)을 사용하였다. 자료포락은 비모수적·상대적 효율성 분석 방법으로, 데이터에 따라 함수형태를 가정하고

모수를 추정하거나 혹은 단위가 상이한 입·출력 요소들에 대해서 추가적인 가중치를 고려할 필요가 없다는 장점을 가지고 있다. 때문에 모형 설정에 있어 분석자의 주관적 견해를 배제하여 객관성을 확보할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 정책 의사결정을 지원하기 위한 분석에 적합하다. 본 연구에서는 나노기술에 투자하는 정부 7대 부처의 연구개발비·과제수 대비 산출되는 논문·특허·기술이전 성과를 도출하는 효율을 분석한다. 자료포락분석을 통한 효율성 결과는 부처의 혁신 특성을 정형화 하며, 또한 협업이 필요할 시에 상호 보완이 가능한 부처들을 추천하는 정보로 활용한다. 참고로 부처의 고유 임무를 고려하지 않은 단순한 효율성 비교는 의미를 가지지 않는 것으로 해석하였다.

자료포락 분석이론은 1957년에 발표된 Farrell의 효율성분석이론, 1970년에 발표된 Shephard의 거리함수이론을 1978년 Charnes, Cooper, Rhodes가 통합하며(Charnes et al., 1978) 개발되었다. 동일 평가활동을 수행하는 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)간의 효율성 비교를 통해 벤치마크대상을 선별하며, 또한 최고 효율 대비 투입요소/산출요소에서 발생하는 비효율성을 수치화 할 수 있다. 자료포락 분석모형은 CCR과 VRS 두가지 모형이 대표적으로 활용되고 있다. Charnes, Cooper, Rhodes가 제시한 자료포락 초기모형인 CCR은 투입-산출간 관계가 규모에 무관하다(CRS, Constant Return to Scale) 가정한다. Banker, Charnes and Cooper가 1984년에 제시한 BCC 모형은 CCR 모형이 가진 규모불변 가정을 개선하여, 투입-산출 관계가 규모에 따라 변하는 것을(VRS, Variable Return to Scale) 가정한다. 또한 자료포락 모형은 투입지향(Input-Oriented)과 산출지향(Output-Oriented) 모델로 구분되는데, 투입지향모델은 최고의 산출효율을 얻는데 있어 투입요소들을 최소화 할 수 있는 개선안 도출에, 산출지향모델은 최고의 투입효율을 얻는데 있어 산출요소들을 최대화 할 수 있는 개선안 도출에 활용된다(이정동·오동현, 2012). 본 연구는 R의 자료포락 패키지인 Benchmarking(Benchmarking, 2017)의 입력지향형 CCR 모형을 통하여 결과를 분석하였다.

$$\begin{aligned} \theta^{k*} &= \min_{\theta, \lambda} \theta^k \\ \theta^k x_m^k &\geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m = 1, 2, \dots, M) \\ y_n^k &\leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n = 1, 2, \dots, N) \\ \lambda^j &\geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J) \end{aligned}$$

(그림 1) 입력 지향형 CCR 모형

$$\theta^{k*} = \min_{\theta, \lambda} \theta^k$$

$$\theta^k x_m^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m = 1, 2, \dots, M)$$

$$y_n^k \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n = 1, 2, \dots, N)$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1$$

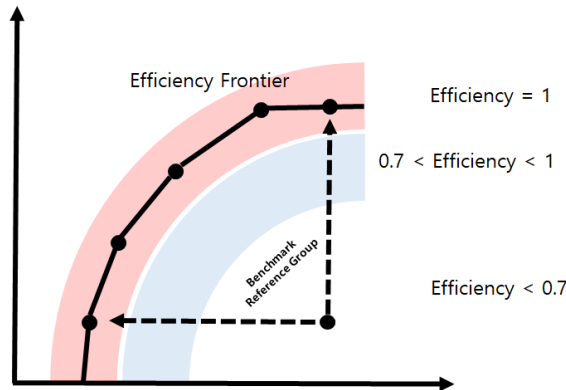
$$\lambda^j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J)$$

(그림 2) 산출 지향형 BCC 모형

분석 결과의 이미지는 <표 1>에 예시하였듯이 가장 효율적인 의사결정단위(Decision Making Unit, 이하 DMU)의 효율값(Efficiency)이 1을 나타내며, 가장 효율적인 DMU가 그리는 궤적을 Efficiency Frontier라 한다. 자료포락 분석의 결과들은 0-1 값을 가지는데 본 연구에서는 1을 강효율, ~0.7을 중효율, 0.7 이하를 약효율로 분류하여 혁신특성을 나타내는 레이더 모형으로 활용하였다. 자료포락분석은 또한 약효율 DMU가 개선을 위해 벤치마킹 하여야 할 강효율 준거집단(Reference Group) 정보를 제공한다. 자료포락분석을 통한 강·중 효율값은 DMU의 고유한 입무를 반영한 혁신 특성으로, 약효율 DMU가 참고하는 준거집단 정보는 향후 협력 가능 추천안으로 해석하였다.

<표 1> 자료포락 분석 자료의 다양한 입출력 변수 및 Efficiency 값을 이용한 레이더 모형 예시

Input Data	Output Data		
정부 연구개발 투자액 + 과제수	논문 건수 (과학기술지식)	특허 건수 (제품화)	기술이전 건수 (사업화)



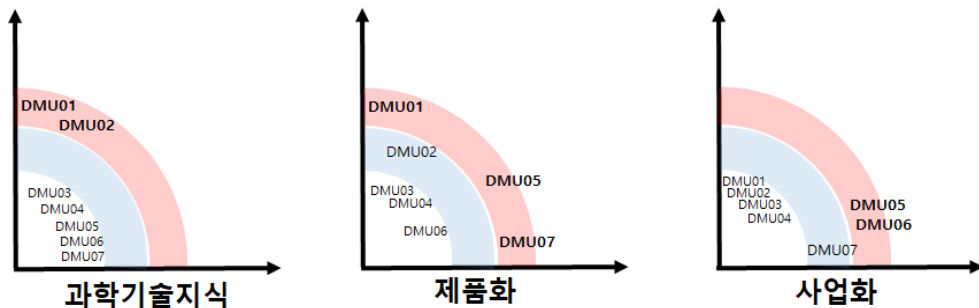
IV. 분석 자료 및 결과

분석할 자료로 한국의 국가지원 과학기술정보를 종합 집계하는 NTIS 시스템(NTIS, 2018)의 나노분야를, 그리고 100억 이상을 투자한 정부부처들을 DMU로 파악하였다. 2013~2016년간 각 DMU의 연구과제비·과제수, 그리고 논문·특허·기술이전수의 평균값을 자료포락분석의 대상으로 하였다. 참고로 나노기술 연구개발 투자의 주요 부처인 (구) 미래창조과학부((현) 과학기술정보통신부)의 설립년도인 2013년, 그리고 연구사업의 조사·분석·평가가 완료되어 공개된 가장 최근 년도인 2016년을 기준으로 자료를 수집하였다. 또한 나노기술 관련 입력·출력 자료중 0 값을 포함하지 않는 DMU 들을 선택하였다.

유럽연합 3 pillar bridge 모형(High-Level Expert Group, 2011) 및 배성훈(Bae et al., 2016)의 선행연구를 참고하여 연구개발비 투입으로 산출되는 논문결과를 과학기술지식으로, 특허를 제품화 정보로, 기술이전수를 사업화 정보로 활용하였다. 자료포락분석에 사용될 Input 및 Output 자료들을 <표 2>에, 자료포락분석 결과를 <표 3>에 요약하였다.

<표 2> NTIS 기준, 2013-2016년간 나노기술 연구개발 투자부처들의 예산액·과제수·논문수·특허수·기술이전수 총합

	Inputs(2013-2016)		Outputs(2013-2016)		
	예산액(억원)	과제수(개)	논문(개)	특허등록(개)	기술이전(개)
DMU01(교육부)	2407	3415	6177	1066	215
DMU02(과기정통부)	15566	5451	12565	3013	325
DMU03(방위사업청)	457	127	84	19	8
DMU04(보건복지부)	341	199	105	25	5
DMU05(산업통상자원부)	7673	1299	874	888	377
DMU06(중소기업벤처부)	2194	1685	25	336	388
DMU07(환경부)	630	206	160	140	43



(그림 3) DMU별 과학기술지식·제품화·사업화 혁신 특성의 레이더 차트화 결과

〈표 3〉 자료포락 분석에 의한 효율성 결과

	DMU	Efficiency
과학기술지식	DMU01	1
	DMU02	1
	DMU03	0.29
	DMU04	0.26
	DMU05	0.29
	DMU06	0.01
	DMU07	0.34
제품화	DMU01	1
	DMU02	0.85
	DMU03	0.22
	DMU04	0.27
	DMU05	1
	DMU06	0.49
	DMU07	1
사업화	DMU01	0.51
	DMU02	0.24
	DMU03	0.24
	DMU04	0.11
	DMU05	1
	DMU06	1
	DMU07	0.83

〈표 4〉 협력 고려 부처와 협력 가능부처(준거집단) 정리표

	협력 고려 DMU	협력 가능 DMU(준거집단)
과학기술지식	DMU03	DMU02
	DMU04	DMU01 / DMU02
	DMU05	DMU02
	DMU06	DMU01 / DMU02
	DMU07	DMU02
제품화	DMU03	DMU05 / DMU07
	DMU04	DMU01 / DMU07
	DMU06	DMU01 / DMU07
사업화	DMU01	DMU06
	DMU02	DMU05 / DMU06
	DMU03	DMU05 / DMU06
	DMU04	DMU05 / DMU06

〈표 3〉의 결과를 레이더 도표화 하여 (그림 3)에 요약하였다. 효율값 1 및 0.7을 강중약 분류 기준으로 사용하였으며, 논문·특허·기술이전 산출 효율을 부처의 과학기술지식·제품화·사업화 혁신 특성으로 파악하였다. 또한 특정 DMU가 향후 타 DMU와의 협력을 고려할 시에 상호 혁신성을 보완할 수 있는지에 관한 추천안을 도출할 수 있다. 협력을 고려하는 DMU가 검토할 수 있는 준거집단 부처의 정보를 〈표 4〉에 정리하였다.

V. 결론 및 시사점

국가 과학기술의 육성은 혁신성장의 핵심 기반으로 인식되고 있다. 그러나 단순한 R&D 투자 확대만으로는 성과 창출에 한계를 드러내고 있으며, 이를 보완할 수 있는 R&D 투자시스템의 업그레이드가 주요 국정과제로 지적되고 있다. 지속적으로 연구개발 성과를 종합 분석하고, 부처·기관 간 협력을 강화하며, 발전적 대안을 제시(경제장관회의 18-3, 2018) 하는데 기여할 수 있는 객관적 증거기반의 분석 방법론 개발은 현재에도 향후에도 지속될 것이다.

본 연구는 NTIS의 나노기술 연구개발 투자액·결과물이라는 객관적 자료와 자료포락분석 모델을 통해, 부처의 혁신 특성을 파악하고 또한 상호 보완안을 제안하는 방법론 수립에 기여하였다. (그림 3)에 요약된 레이더 차트의 정보는 부처의 고유 특성을 잘 반영한다. DMU01/DMU02 (미래부/교육부)는 타 부처 대비 상대적으로 지식의 창출에 강점을 가지고 있으며 DMU05/DMU07(산업부/환경부)는 응용·사업화에 강점을 가진 것으로 평가된다. 〈표 4〉의 정보는 DMU02 (과기정통부)와 DMU05(산업통상자원부)가 혁신 특성을 상호 보완할 수 있음을 시사한다. 두 부처는 협업할 경우 연구개발투자를 통해 기술의 확보부터 산업화에 시너지 창출이 가능할 것으로 분석되는데, 실제로 두 부처는 이러한 특성들을 반영한 나노융합2020이라는 원천-상용화 상호보완 프로젝트를 운영중이다. 객관적 데이터에 기반한 분석 방법론을 고도화 할 경우, 국가 프로젝트의 현황 및 향후 방향성을 토의하는 의사결정 과정에서 활용할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 상호 보완점을 도출하거나 더 나아가 협업을 고려할 수 있는 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구의 한계점 및 향후 개선점을 아래와 같이 요약한다. 데이터·증거기반 혁신성 정형화 연구의 핵심은 데이터이다. 현재 과학기술지식-제품-상용화에 관한 데이터를 NTIS의 나노기술이라는 일관된 기준으로 도출하였으나, NTIS 자체는 국가 연구개발 투자결과에 보다 중점이 맞추어진 DB이다. 과학기술지식이 특허 및 상용화를 거쳐 사회에 끼치는 혁신을 보다 심도있게 분석하기 위해서는 이에 상응하는, 체계적인 양질의 데이터를 필요로 한다. 세계 주요국들은

기술-특허-산업에 이르는 서로 상이한 공공·민간 DB 들을 연계하는 국가규모의 사업들을 진행 중이며 미국의 STAR METRICS(현 Federal RePORTER), 유럽연합의 KETs Observatory 및 Innovation Radar 프로젝트들이 이에 해당한다. 특히 유럽연합 KETs의 이중 DB간 연계 사례(IPC/PRODCOM/CN)는 향후 연구방향에 시사하는 바가 크다. 또한 DB간 상호관계가 복잡하여 짐에 따라 분석모델 역시(머신러닝/딥러닝 등) 함께 고도화 되어야 하겠다.

참고문헌

- 경제장관회의 18-3 (2018), 「혁신성장 지원을 위한 정부 R&D 투자 혁신방안」, 관계부처 합동.
- 이정동·오동현 (2012), 「효율성분석이론-DEA : 자료포락분석법」, 지필 미디어, 서울.
- Bae, S. H., Kim, J. H., Yoon, J. S., Kang, S. K., Shin, K. M., Cho, S. J. and Lee, K. K. (2016), “Measuring Efficiency of National R&D Programs within Nanotechnology Field Using DEA Model”, *J. Soc. Korea Ind. Syst. Eng.*, 39(2): 64-71.
- Benchmarking (2017), “Benchmark and Frontier Analysis Using DEA and SFA”, <https://cran.r-project.org/web/packages/Benchmarking/index.html> (2018.10.11.).
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444.
- European Commission (2015a), “Key Enabling Technologies(KETs) Observatory; Methodology Report”, *European Commission*, Brussels Belgium.
- European Commission (2015b), “Innovation Radar: Identifying Innovations and Innovators with High Potential in ICT FP7, CIP & H2020 Projects”, *European Commission*, Brussels Belgium.
- European Commission (2015c), “Key Enabling Technologies(KETs); Time to Act”, *European Commission*, Brussels Belgium.
- European Commission (2018a), “KETs Observatory Tool”, <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/kets-tools/> (2018.10.11.).
- European Commission (2018b), “Discover Great EU-Funded Innovations”, <https://www.innoradar.eu/about> (2018.10.11.).
- Federal RePORTER (2018), “Federal RePORTER”, <https://federalreporter.nih.gov/> (2018.10.11.).
- High-Level Expert Group (2011), “High-Level Expert Group on Key Enabling Technologies”,

European Commission, Brussels Belgium.

Lim, J. S., Shin, K. M., Yoon, J. S. and Bae, S. H. (2015), "Study of US/EU National Innovation Policies Based on Nanotechnology Development, and Implications for Korea", *Journal of Information Science Theory and Practice*, 3(1): 50-65.

National Nanotechnology Policy Center (2018), <https://www.nnpc.re.kr> (2018.03).

NSTC(National Science and Technology Council) (2017), "NNI Supplement to the President's 2018 Budget", *Executive Office of President(USA)*, Washington DC.

NTIS(National Science & Technology Information Service) (2018), "국가과학기술지식정보 서비스", <http://ntis.go.kr> (2018.3.10.).

OECD(The Organisation for Economic Co-operation and Development) (1996), "The Knowledge-Based Economy", *OECD Publications*, Paris France.

OECD (1997), "National Innovation System", *OECD Publications*, Paris France.

OECD (2018), "Key Nanotechnology Indicators", <http://www.oecd.org/sti/emerging-tech/> (2018.10.11.).

PCAST (President's Council of Advisors on Science and Technology) (2017), "Report to the President and Congress on the Assessment of the National Nanotechnology Initiative", *Executive Office of President(USA)*, Washington DC.

Romer, P. M. (1986), "Increasing Returns and Long-Run Growth", *The Journal of Political Economy*, 94(5): 1002-1037.

STAR METRICS, (2016), "STAR METRICS(Science and Technology for America's Reinvestment Measuring the Effects of Research on Innovation, Competitiveness and Science)", <https://www.starmetrics.nih.gov/> (2016.01).

World Economic Forum (2016), "The Fourth Industrial Revolution: What It Means, How to Respond", <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/> (2018.10.11.).

임정선

한국과학기술원(KAIST) 생명화학공학과 석사, 美 퍼듀대학(Purdue) 화학공학과 박사 학위를 취득하였다. 현재 한국과학기술정보연구원(KISTI) 선임연구원으로 근무 중이다. 주요 연구분야는 나노바이오, 계면현상, 과학기술정책, 기술평가, 기술사업화, 그리고 과학기술 정보계량 연구이다.

한 혁

한국과학기술원(KAIST)에서 기술경영학으로 석사 학위를 취득하였다. 현재 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서 책임연구원으로 근무 중이다. 주요 연구 분야는 지역연구지형분석, 지역R&D투자분석, 기술 시장분석방법론연구 등이다.

원동규

서울대학교에서 도시계획학 박사학위를 취득하였다. 현재 한국과학기술정보연구원 책임연구원 및 R&D 투자분석센터장으로 재직중이다. 관심분야는 복잡계모형, 개방형혁신, 과학기술정책 연구이다.

김상국

서울대학교에서 산업공학으로 석사학위를 취득하고, 美 플로리다공과대학(FIT)에서 경영과학으로 박사학위를 취득했다. 현재 한국과학기술정보연구원 책임연구원과 동국대학교 경영대학 경영학과 겸임교수로 재직 중이다. 전공분야는 확률과정 및 대기이론이며, 관심분야는 기술평가, 기술혁신, 기술사업화를 위한 과학기술의 정보계량 연구이다.