

RESEARCH ARTICLE

Quantitative Assessment of Technological Convergence and Cross-industry Generality in R&D Projects: A Patent-Based Analytical Framework

Jung-Woo Lee¹, Moo-Kyung Jang²

¹Department Manager, Department of Legal Affairs, Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology, Republic of Korea

²Professor, Department of Bigdata & Management Engineering, Namseoul University, Republic of Korea

Corresponding Author: Moo-Kyung Jang (mkjang@nsu.ac.kr)

ABSTRACT

This study proposes an analytical framework to quantitatively measure the degree of convergence in R&D projects using patent-based indicators. This framework uses patent data collected during the R&D planning stage to evaluate both technological convergence and cross-industry generality. First, patents related to each R&D project are identified, and technological concentration and convergence are measured using the International Patent Classification (IPC). Next, by applying the linkage table between the Korea Standard Industrial Classification (KSIC) and IPC provided by the Korean Intellectual Property Office (KIPO), the industrial classification of each project is determined, and its cross-industry generality level is assessed. The derived technological convergence and cross-industry generality values are mapped to the x- and y-axes, respectively, to visualize the convergence distribution across all projects, providing a comparative framework for analyzing the convergence characteristics among projects.

This study moves beyond conventional qualitative approaches by enabling data-driven assessment and prediction of convergence levels at the R&D planning stage. Integrating this framework into the information systems managed by specialized R&D organizations can enhance convergence-oriented project management and promote more effective convergence research.

KEYWORDS

R&D planning, technological convergence, cross-industry generality, convergence R&D, patent analysis

Open Access

Received: November 03, 2025

Revised: December 15, 2025

Accepted: June 05, 2026

Published: June 30, 2026

Funding: The author received manuscript fees for this article from Korea Institute of Intellectual Property.

Conflict of interest: No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

© 2026 Korea Institute of Intellectual Property



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

원저

특허정보를 활용한 R&D 과제의 기술융합 및 산업적 범용성 측정방법에 관한 연구*

이정우¹, 장무경²

¹한국산업기술기획평가원 법무실 실장

²남서울대학교 빅데이터경영공학과 교수

교신저자: 장무경 (mkjang@nsu.ac.kr)

차례

1. 서론

- 1.1. 연구배경
- 1.2. 연구목적

2. 선행연구

- 2.1. 국가연구개발사업의 R&D 기획과 특허분석
- 2.2. 융합연구
- 2.3. 특허분류체계 및 산업연계표

3. 연구방법

- 3.1. 연구절차
- 3.2. 연구대상 및 자료수집
- 3.3. 분석방법
- 3.4. 기술융합도 측정
- 3.5. 산업적 범용성 측정

4. 연구결과

- 4.1. 기술융합도 분석
- 4.2. 산업적 범용성 분석
- 4.3. 기술융합도와 산업적 범용성을 이용한 융합수준 분석

5. 결론 및 향후과제

국문초록

미래사회를 선도할 성장동력 확보와 4차 산업혁명에 대한 대응 등을 위해서는 지속적인 융합연구가 필요하며, 이에 정부에서도 융합연구 과제를 발굴하여 지원하고 있다. 본 연구는 R&D 과제의 융합정도를 측정할 수 있는 분석 프레임워크를 마련하고, 수집된 데이터를 이용하여 실증분석한다.

연구데이터는 한국산업기술기획평가원이 2023년도 신규과제 지원을 위해 과제기획 단계에서 실시한 특허분석 결과(선행특허 데이터)를 활용하였다. 먼저, 기획 대상과제의 선행특허가 갖는 국제특허분류를 이용하여 해당과제의 기술집중도와 기술융합도를 측정한다. 다음으로는 지식재산처에서 제공하는 표준산업분류(KSIC)와 특허분류(IPC)간 연계표를 이용하여 해당과제의 표준산업분류를 특정하여 산업적 범용성을 측정한다. 도출된 기술융합도와 산업적 범용성을 각각 수평축과 수직축으로 매핑하여 분석대상과제 전체의 융합정도 분포를 구하고, 특정 R&D 사업 및 R&D 과제의 융합수준을 비교할 수 있는 프레임워크를 제공한다.

이러한 연구는 기존에 전문가 및 담당자가 주관적으로 R&D 과제의 융합여부를 판단하는 관행에서 벗어나, 데이터 기반의 의사결정을 가능하게 한다. 또한, R&D 기획 단계에서부터 기획과제의 기술측면의 융합정도, 산업측면의 융합정도를 예측하고, R&D 과제를 지원할 수 있다. 본 연구의 프레임워크 및 프로그램을 R&D 전문기관이 관리하는 기획시스템에 적용한다면, 보다 효과적인 융합과제 관리가 가능하고, 융합연구 촉진에 기여할 것으로 기대한다.

주제어

R&D 기획, 기술융합, 산업적 범용성, 융합 R&D, 특허분석

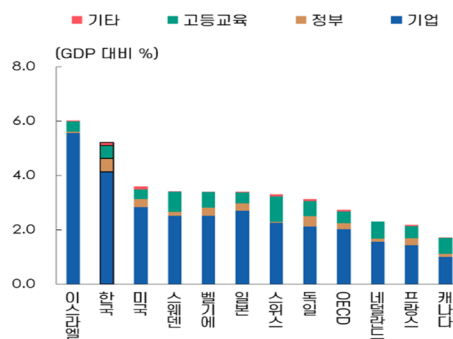
1. 서론

1.1. 연구배경

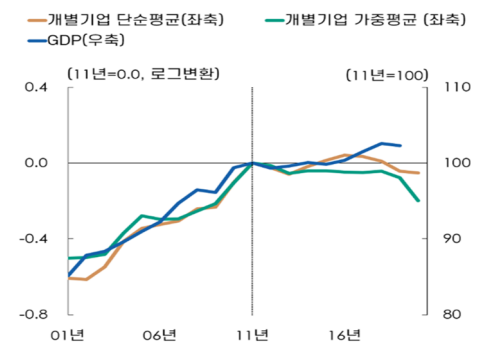
국가 경쟁력 향상, 미래성장동력 확보, 사회문제 해결 등을 위하여 연구개발은 중요한 역할을 하고 있다. 주요국들도 R&D 투자를 지속적으로 확대하고 있다. 미국은 세계 1위 규모의 R&D 투자를 지속하고 있으며, 중국도 연구개발 투자 비중 확대를 통해서 미국과의 기술격차를 축소하고 있다.¹⁾ 우리나라도 연구개발의 중요성을 인식하고 매년 R&D 규모를 늘려나가고 있다. 정부의 주요R&D 예산은 2024년 21.9조원, 2025년 24.8조원으로 증가하였고, 2026년도 정부안은 30.1조원으로 발표하였다.²⁾ 대규모 예산이 투입됨에 따라 연구개발 지원의 효율성도 중요한 이슈로 부각되고 있다.

우리나라의 R&D 투자 대비 산출 생산성과 평균효율성을 조사한 과거 자료에 따르면, 효율성 지수는 1985년에 0.10에서 시작하여 2006년에는 0.83까지 상승하였으나, 1보다 낮은 수준이다.³⁾ 2022년에 한국은행에서 발표한 자료도 이와 유사하다. 우리나라 기업의 R&D 지출규모와 미국 내 특허출원건수는 각각 세계 2위(22년, GDP의 4.1%)와 4위(20년, 국가별 비중 7.6%)를 차지하며 투입·산출 양면에서 우수한 모습을 보였으나, 기업의 생산성 증가율은 2001~2010년 연평균 6.1%에서 2011~2020년 0.5%로 크게 낮아진 것으로 조사되었다.⁴⁾ 한편, 산업연구원에서는 주요 5개국(G5: 미국, 독일, 프랑스, 영국, 일본)의 평균 총요소생산성은 0.856이며, 한국의 총요소생산성은 0.614로 낮은 수준이라고 진단하면서 R&D의 목적성·체계성, R&D 수행주체의 자율성과 창의성, 기술의 사업화·자본화 촉진 저해 등을 생산성을 낮게 하는 주요 원인으로 지목하고 R&D 패러다임 및 운영방식 개편, 투자 활성화와 연구환경 개선을 위한 제도 마련 등 생산성 제고 방안이 필요하다고 하였다.⁵⁾ 이처럼 R&D의 투자확대 뿐만아니라, R&D 생산성 및 효율성 향상을 위한 지속적 노력도 필요하다. 특정분야의 기술혁신 및 성능개선만으로는 한계가 있으며, R&D 전주기(투입-성과)에서의 효율적 연결이 중요하다.

<그림1 2022년 OECD 회원국의 R&D 지출규모>



<그림2 전체 기업의 총요소생산성>



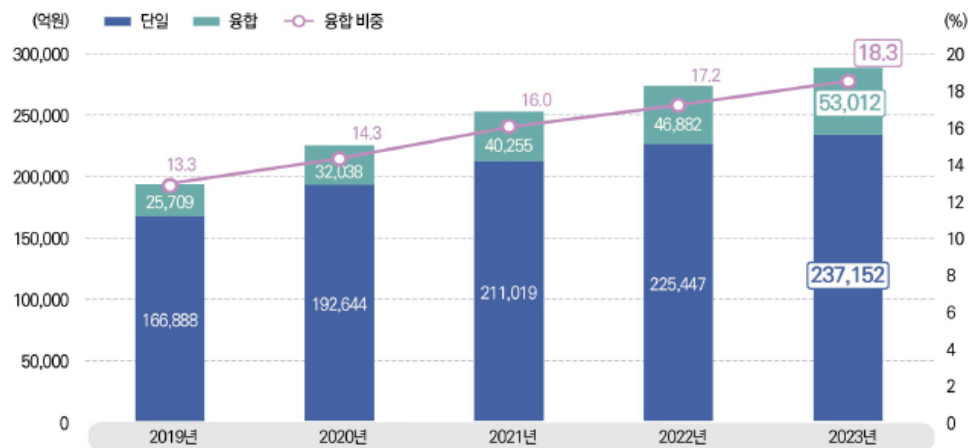
* 본 논문의 완성도 제고를 위해 귀중한 조언을 해주신 익명의 심사위원님들께 감사드립니다. 본 논문은 「산업기술 R&D 과제의 융합정도 측정방법론 개발 연구」의 일부를 수정 보완한 결과입니다. 또한, 본 논문의 내용은 필자의 개인적 견해에 따른 것이며, 소속기관의 공식적 입장과는 무관함을 밝힙니다.

- 1) 한국산업기술진흥원, "OECD 통계로 살펴본 주요 6개국의 R&D 투자 동향", 한국산업기술진흥원, <<https://www.kia.t.or.kr/front/board/boardContentsView.do>>, 검색일: 2025. 8. 25.
- 2) 국가과학기술자문회의, "2026년도 국가연구개발사업 예산 배분조정안", 국가과학기술자문회의, <https://www.pacst.go.kr/jsp/council/councilArchiveView.jsp?archive_id=1408&category_cd=1>, 검색일: 2025. 8. 22
- 3) 김영훈·김선근, "우리나라의 R&D 생산성 및 효율성 분석: OECD 국가와의 비교를 중심으로", 「기술혁신연구」, 제19권 제1호(2011), 1-27면.
- 4) 한국은행, "R&D 세계 2위인 우리나라, 왜 생산성은 제자리 걸음인가? (혁신 1편)", 한국은행, <<https://www.bok.or.kr/portal/bbs/B0000347/view.do?nttId=10084457&menuNo=201106>>, 검색일: 2024. 6. 3.
- 5) 김현우·김찬준, "산업기술 R&D 생산성 제고를 위한 제언", 한국산업연구원, KIET 산업경제, 2024, 52-64면.

세계경제포럼(WEF)에서 발표한 보고서⁶⁾에 따르면, 4차 산업혁명의 핵심 기술들이 개별적인 발전을 넘어 상호 융합됨으로써 산업 전반의 패러다임을 전환시키고, 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI), 로봇공학 등의 기술 융합은 기존의 선형적 공급망을 유연한 ‘디지털 공급 네트워크’로 진화시킨다고 하였다. 이러한 변화는 제품 중심의 산업 구조를 서비스 중심의 플랫폼 생태계로 재편하고, 단순한 기술 고도화보다 이종 기술 간의 결합을 통한 가치 창출이 미래 산업의 핵심 경쟁력이 될 것으로 예상하였다.

정부에서도 산업융합 촉진법을 제정(2011.4.5.)하여 산업융합의 기반을 조성하고 산업경쟁력을 강화하기 위하여 노력하고 있으며, 과학기술기본법에 의거하여 매년 융합연구개발 활성화 기본계획을 수립하여 연구개발을 지원⁸⁾하고 있다. 이러한 근거로 한국과학기술기획평가원에서는 매년 R&D 지원과제 및 융합 연구과제 현황을 조사하고 있다. 이때, 융합 연구과제는 두 개 이상의 과학기술표준분류에 해당하는 과제로 정의하고 있으며, 매년 지속적으로 증가하고 있다. 기술분류별로는 에너지/자원, 건설/교통, 생명과학, 화공 등의 분야에서 융합이 활발하게 진행되고 있는 것으로 조사⁹⁾되었다. 최근 5년간 융합과제 및 융합과제의 비중은 아래 그림과 같다.

<그림3 최근 5년간 융합 연구과제 및 융합비중 현황 >



이처럼 정부에서 융합연구에 관하여 지속적으로 관찰하고 지원하는 것은 융합연구를 통해 산출되는 성과물이 경제적 파급효과가 크고, 기술혁신과 산업경쟁력 및 생태계 육성에 중요한 것으로 판단하기 때문이다. 실제로 여러 논문에서 일반적인 전통적 연구와 융합연구의 경제적, 학술적 성과를 비교분석한 결과 긍정적인 실증결과를 제시하기도 한다. 이에 따라 본 연구에서는 R&D의 기획단계에서부터 융합기술의 정도를 판단하고 지원할 수 있는 방법론을 제안하고자 한다.

6) World Economic Forum, "Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains", World Economic Forum, 2017, pp. 1-21.
 7) 산업융합 촉진법 제1조(목적) 이 법은 산업융합의 촉진을 위한 추진 체계와 그 지원에 관한 사항 등을 규정하여 산업융합의 기반을 조성하고 산업경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 지속적인 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 한다.
 8) 과학기술기본법 제17조(협동·융합연구개발의 촉진) ④ 정부는 신기술 상호간 또는 신기술과 학문·문화·예술 및 산업 간의 융합연구개발을 촉진하기 위한 시책을 세우고 추진하여야 한다.
 9) 한국과학기술기획평가원, "2023년 국가연구개발사업 조사·분석 보고서", 한국과학기술기획평가원, 2024, 1-218면.

1.2. 연구목적

본 연구는 특허정보를 활용하여 R&D 과제의 융합정도를 측정하는 방법론을 제안한다. 정부에서는 융합연구를 장려하고 있으나, 융합과제를 측정하는 방법론에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 따라, R&D 과제를 기획하는 단계에서 진행되는 특허분석의 결과물을 활용하여 융합정도를 측정하고자 한다. 본 연구에서는 특허의 서지에 제공되는 IPC(International Patent Classification) 분류를 활용하여 기술융합도(Technological Convergence)를 측정하고, 특허와 산업연계표를 활용하여 산업적 범용성(Cross-industry generality)을 측정하여 과제별 융합정도를 비교할 수 있는 프레임워크를 제공한다. 이러한 프레임워크를 활용하여 R&D 기획 과제의 융합정도를 측정하여 분류하고, 효과적으로 융합 연구과제를 지원할 수 있을 것이다.

2. 선행연구

2.1. 국가연구개발사업의 R&D 기획과 특허분석

국가연구개발사업의 일반적 사항을 규정하고 있는 국가연구개발혁신법 제9조 및 같은 법 시행령 제11조, 국가연구개발혁신법 매뉴얼에서는 사전기획의 절차 및 추진내용을 제시¹⁰⁾하고 있으나, R&D 기획의 정의 및 세부방법론은 명시되지 않았다. 법령의 체계와 R&D 전문기관의 담당업무를 살펴보고 분류하면, R&D지원을 위한 사업기획과 과제기획으로 구분할 수 있으며 광의적으로 해석하면, 미래사회 및 유망기술 예측, R&D 로드맵 및 전략수립 등을 포함할 수 있다. 즉, R&D 기획은 R&D 과제를 지원하기 위한 미래사회 및 유망기술 예측, R&D 로드맵 및 전략수립, 사업기획, 과제기획 등 사전업무로 정의할 수 있다.

미래사회 및 유망기술 예측, R&D 로드맵 및 전략수립은 비영리 연구기관에서 발표하는 사례가 일반적이다. 한국생명공학연구원은 향후 5~10년 이내에 산업적 실현이 가능하고 향후 기술적 혁신성, 산업적 파급효과가 높게 전망되는 유망기술을 선정하여 발표¹¹⁾하였고, 한국과학기술기획평가원은 한국 사회의 핵심 트렌드/변화로 인해 발생 가능한 경제·사회·문화적 이슈를 전망하기 위하여 10년 내 국가 R&D 단계가 마무리되고 시장에 변혁을 가져올 수 있는 Breakthrough 기술을 선정하고 발표¹²⁾하고 있다. 그 외에도 이종웅은 인공지능 모델(BERT)을 활용하여 데이터 기반의 국방과학기술분야의 미래유망기술 선정하고 제시¹³⁾하였고, 양혜원은 미국에서 공개된 특허 DB와 논문 DB를 활용하여 수소연료전지 기반의 미래 유망 교통기술을 도출¹⁴⁾하였으며, 전은석은 특허정보를 활용하여 공백기술, 공백기술 개발 로드맵 등 스마트 팜 유망기술과 로드맵을 제시하였다.¹⁵⁾ 이처럼 미래 유망기술 및 R&D 로드맵을 도출함에 있어서 키워드, 논문, 특허 등 데이터 기반의 분석방법론이 연구되고 있다.

10) 국가연구개발혁신법 제9조(예고 및 공모 등) 및 국가연구개발혁신법 시행령 제11조(연구개발과제 및 연구개발기관에 대한 사전 검토) 법 제10조제1항에서 “대통령령으로 정하는 사항”이란 연구개발과제 수행을 신청한 기관·단체·연구자에 대한 다음 각 호의 사항을 말한다.

1. 법 제32조제1항에 따른 참여제한 해당 여부
2. 제9조제1항제2호가목에 따른 신청 자격의 적합 여부

11) 한국생명공학연구원, “2024 바이오 미래유망기술”, 한국생명공학연구원, 2024, 1-79면.

12) 한국과학기술기획평가원, “KISTEP 10대 유망기술”, 과학기술정책지원서비스, <<https://www.k2base.re.kr/bhrcTech/list.do>>, 검색일: 2026. 6. 5.

13) 이종웅, “빅데이터 기반 국방과학기술 미래유망기술 예측 연구”, 「한국산학기술학회논문지」, 제25권 제6호(2024), 568-574면.

14) 양혜원, “특허 및 논문 빅데이터 분석을 통한 수소연료전지 기반 미래 유망 교통기술 예측”, 고려대학교 대학원, 박사, 2022, 1-99면.

15) 전은석, “빅데이터 활용 특허분석을 기반으로 한 스마트팜 유망기술 발굴 및 기술 로드맵 개발”, 고려대학교 대학원, 박사, 2022, 1-100면.

R&D 사업기획은 일반적으로 신규예산의 획득 및 사업운용을 위하여 실시되며, 대표적인 사업기획은 예비타당성 조사를 위한 기획이다. 한국과학기술기획평가원이 공개한 예비타당성조사 보고서에 의하면 기술동향을 분석하는 방법으로 특허동향조사 및 특허분석을 실시하고 있다. 반도체첨단산업기술개발사업 예비타당성조사 보고서에서도 국가별 특허동향을 분석하고, 특허정보를 활용하여 기술 순환주기 및 기술수준 분석을 실시하였다.¹⁶⁾ 이처럼 기획 과정에서 특허 등 데이터 기반의 R&D 기획이 진행되고 있다.

조민선 등(2025)은 과제기획을 ‘미래 연구개발 목표 달성을 위해 지식 격차와 리스크를 최소화하고, 연구 방향과 방법을 체계적으로 설정하여 자원과 인적 역량을 효과적으로 관리하면서, 시장 수요 및 불확실성을 고려한 명확한 연구 주제를 선정하여 프로젝트의 성공 가능성을 높이는 효율적인 관리 과정’으로 정의하고 수요분석을 통해 필요성을 파악하고 이를 바탕으로 목표를 설정하여 효율적인 연구 방향과 방법을 수립하는 과정으로 주장하면서, 기후 복합재난 대응 중점과제 및 선정절차를 제안하였다.¹⁷⁾ 윤석민(2024)은 산업기술분류와 국제특허분류(IPC) 연계표를 이용하여 산업군별 기술용어 네트워크를 구축하고 인공지능 기반의 사업화성공 예측 모형을 개발하여 R&D 과제기획 혹은 평가단계에서 시 활용할 수 있는 사업화 성공을 예측하고자 하였다.¹⁸⁾

<표1 R&D 기획 관련 선행연구 요약 >

구분	주요내용(연구자)	연구조사 방법
미래사회 및 유망기술 예측	<ul style="list-style-type: none"> ○ 바이오 분야 미래 유망기술 선정(정주혜 등) ○ 10대 유망기술 선정(한국과학기술기획평가원) ○ 국방과학기술분야 유망기술 예측(이중웅) ○ 수소연료전지 활용 운송기술 분야 유망기술(양혜원) ○ 스마트 팜 분야의 공백기술 도출 및 기술개발 로드맵(전은석) 	문헌조사, 키워드 분석, 논문정보, 특허정보 등 활용하여 전문가 의견수렴
R&D 전략 수립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계를 선도하는 글로벌 R&D 추진 전략(과기부) ○ 스마트 팜 분야의 공백기술 도출 및 기술개발 로드맵(전은석) 	특허분석 및 전문가 의견수렴
사업기획	<ul style="list-style-type: none"> ○ R&D 사업 예타보고서 	특허분석, 시장규모 및 전문가 의견수렴
과제기획	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후 복합재난 대응 R&D 중점과제 발굴 연구(조민선 등) ○ 특허데이터를 활용한 연구개발과제의 사업화성공 예측모형 연구(윤석민) 	문헌조사, 전문가 의견수렴, 특허, 시장규모, 재무 분석 등

<표1>은 R&D 기획 관련 선행연구와 연구·조사 방법을 요약한 것이다. 표1에서 보는 바와 같이, 유망기술 예측, R&D 전략 수립, 사업기획 등 R&D 기획과 관련된 다양한 업무 및 연구에서 특허분석이 이루어지고 있다. 법령 및 규정적 측면에서 살펴보면, R&D 관련법령 또는 행정예규에서도 특허분석 활용을 명시하고 있다. 정부에서는 R&D 지원체제의 혁신과 자율적이고 책임 있는 연구환경을 조성하기 위하여 국가연구개발혁신법을 제정하고 2021년 1월1일부터 시행하고 있다. 국가연구개발혁신법은 정부 R&D의 지원근거, 지원절차 및 관리방법, 연구윤리 및 제재처분 등 연구개발 전반에 관한 사항을 규정하고 있으며, 법 제9조는 과제의 사전 기획에

16) 한국과학기술기획평가원, “2024년도 예비타당성조사 보고서 반도체첨단산업기술개발사업”, 한국과학기술기획평가원, 2025, 1-154면.

17) 조민선 외 4 인, “ADAT2 프레임워크를 활용한 현장 전문가 수요 분석 기반 기후 복합재난 대응 R&D 중점과제 발굴 연구”, 「기술혁신학회지」, 제28권 제1호(2025), 45-73면.

18) 윤석민, “데이터 기반 연구개발 과제기획에 관한 연구: 특허 NLP, SNA, IML을 통합한 R&D 사업화성공 예측모형(PLATForM) 개발을 중심으로”, 고려대학교 대학원, 박사, 2024, 1-247면.

관한 사항을 명시하고, 같은 법 시행령 제8조는 사전기획을 추진할 경우, ① 관련 연구 분야에 대한 지원 필요성, ② 논문 또는 특허 등 연구개발 동향, ③ 기대효과 등 3가지 사항을 포함하여 사전기획을 진행하도록 하고 있다. 이에 R&D 전문기관에서는 국가연구개발혁신법 및 관련 규정에 따라 특허분석을 진행하고 연구개발 동향 조사에 활용하고 있다.

2.2. 융합연구

융합(Convergence)은 복수의 학문·기술·도구·방법을 통합하여 하나의 문제(공동 목표)를 해결하거나 새로운 시스템을 창출하는 문제해결 전략(Problem-Solving Strategy)으로서, 자연·과학·기술·사회 시스템 간 경계에서 새로운 복합 시스템이 형성되는 현상¹⁹⁾ 혹은 서로 다른 기술영역을 통합하여 새로운 기술(또는 제품/서비스)을 창출하는 것²⁰⁾을 말한다.

Gambardella et al.(1998)은 IT분야 기업들의 특허 포트폴리오와 제품 전략을 분석하여 기술융합(Technological Convergence)으로 기술영역의 경계가 허물어지는 경향이 있으며, 기술혁신과 경쟁을 촉진한다고 주장²¹⁾하였고, 많은 연구자들이 기술의 융합 또는 융합기술과 성과의 관계에 관하여 실증연구를 진행하여 융합역량 또는 융합연구가 연구성과 확대 및 생산성 향상에 기여함을 확인하였다. Cameron et al.(2005)은 영국, 프랑스 등 제조업 데이터를 기반으로 기술융합, R&D 투자, 무역이 생산성 향상에 미치는 영향을 분석한 결과 기술융합과 연구개발이 생산성 향상에 영향을 미치는 것을 확인²²⁾하였고, Kim K. et al.(2019)은 기업의 기술융합 정도가 기업의 전반적인 혁신에 긍정적인 영향을 미치는 것을 실증분석²³⁾하였으며, 육형갑 등(2021)은 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)과 Malmquist Index를 이용하여 융합연구가 일반 연구보다 높은 성과를 갖는다고 주장²⁴⁾하였다.

한편 융합에 관한 연구는 R&D 과제정보, 특허정보 등의 데이터를 활용하여 연구되고 있다. 성기서(2015)²⁵⁾은 R&D 과제의 과학기술분류를 이용하여 ICT 기술이 융합을 촉진시키는 핵심기술임을 확인하였고, 고병열 등(2019)²⁶⁾은 정부출연연구기관이 수행한 과제정보를 이용하여 연구기관의 기술집중도(Herfindahl-Hirschman Index) 및 기술융합특성 지수를 산출하고, 융합영역을 발굴하는 모형을 제안하였다. 특히, 융합을 측정하고 분석함에 있어서 특허정보를 활용하는 방법이 널리 활용되고 있다. 김현주 등(2024)은 항만산업의 핵심기술과 기술융합을 분석하기 위하여 특허정보 검색기능을 이용하여 항만관련 특허를 추출(KIPRIS)하고, 특허의

19) Mihail C. Roco. "Principles of convergence in nature and society and their application: from nanoscale, digits, and logic steps to global progress", *Journal of Nanoparticle Research*, Vol.22 No.11(2020), Article No. 321.

20) Hyunmin Lee, "Converging technology to improve firm innovation competencies and business performance: evidence from smart manufacturing technologies", *Technovation*, Vol.123(2023), Article No. 102724.

21) Alfonso Gambardella & Salvatore Torrisi, "Does technological convergence imply convergence in markets? Evidence from the electronics industry", *Research Policy*, Vol.27 No.5(1998), pp. 445-463.

22) Gavin Cameron et al., "Technological convergence, R&D, trade and productivity growth", *European Economic Review*, Vol.49 No.3(2005), pp. 775-807.

23) Keungoui Kim et al., "Technology convergence capability and firm innovation in the manufacturing sector: An approach based on patent network analysis", *R&D Management*, Vol.49 No.4(2019), pp. 595-606.

24) 육형갑 외 3인, "정부출연연구기관의 융합연구 R&D 사업에 대한 효율성 분석: 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)에 기초하여", 「지식경영연구」, 제22권 제4호(2021), 237-260면.

25) 성기서, "R&D 제안서 동시분류분석을 활용한 ICT 융합 네트워크 분석", 서울과학기술대학교 대학원, 석사, 2015, 1-38면.

26) 고병열 외 2인, "융합지수 측정을 통한 출연연 융합연구영역 발굴모형 연구", 「기술혁신학회지」, 제22권 제3호(2019), 446-474면.

IPC 분류코드를 활용하여 메인 그룹 빈도분석을 통해서 항만분야의 기술동향과 연구의 집중도를 분석²⁷⁾하였다. 김은정 등(2022)은 특허정보를 활용하여 토픽모델링과 네트워크 분석을 수행하고 헬스케어 분야에서 기술융합을 이루는 요소기술과 핵심기술을 파악하여 기술융합 현상을 분석²⁸⁾하였다. 전상규(2021)는 특허의 인용관계와 동시분류기술을 활용하여 기술융합의 강도와 융합기술 확산의 영향력을 비교할 수 있는 지표와 예측 모델을 제안하였다. 또한, 디지털 데이터 처리분야(IPC G06F)의 동시분류 기술네트워크와 특허인용 기술네트워크를 구축하고, 제안한 모형을 분석하여 동종 기술분야보다 이종기술분야의 기술융합 전략이 기술융합의 확산에 유리하고 파급성이 높다는 점을 확인²⁹⁾하였다.

<표2 융합연구 관련 선행연구 요약 >

분석 데이터	연구내용
과제정보	<ul style="list-style-type: none"> ○ (성기서) 과제정보의 기술분류가 동시에 속하는 과제수를 이용하여 기술 융합 네트워크를 구성하여 ICT기술의 융합도가 높음을 확인 ○ (고병열 등) 과제정보의 기술분류를 이용하여 기관의 기술집중도(HHI) 및 기술융합특성 지수 산출하여 융합영역 발굴모형 제안
특허정보	<ul style="list-style-type: none"> ○ (김현주) 항만관련 특허를 수집하여 각 특허의 국제특허분류(동시 분류분석) 정보를 활용하여 기술동향 및 연구의 집중도를 분석 ○ (김은정 등) 토픽모델링과 네트워크 분석을 이용하여 헬스케어 분야의 기술융합의 요소기술화 핵심기술을 파악하고 기술융합 현상을 분석 ○ (전상규) 기술융합 예측모델과 기술확산 예측모델을 제안하고 기술융합과 확산패턴을 분석하여 이종기술의 융합이 융합기술의 성장 및 확산에 효과적임을 확인

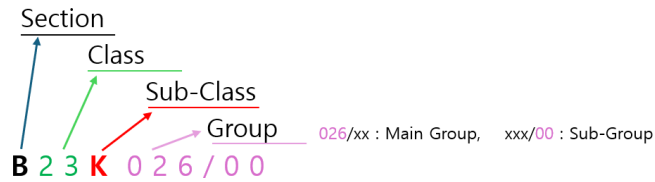
2.3. 특허분류체계³⁰⁾ 및 산업연계표³¹⁾

특허는 개인 또는 기관이 새로운 기술이나 발명에 대해 일정기간 동안 독점적으로 사용할 수 있는 권리를 말하며, 특허정보의 표준성과 객관성을 이용하여 기술수준과 기술의 발전추세를 파악해 볼 수 있는 수단으로 활용된다. 특히, 특허의 서지정보 중 인용특허, 피인용특허, 국제특허분류(IPC)는 기술간의 연관관계 파악 등에 활용되고 있다. IPC는 특허와 실용신안의 등록항목에 관하여 국제적으로 정해진 분류법으로 1975년에 세계지식재산권기구(WIPO)가 제정하여 기술의 발전에 따라 주기적으로 개정이 진행되고 있다. IPC는 출원된 발명에 대한 심사분류 기준으로 활용되며, 특허문헌의 자료수집, 특허정보 정리 및 검색의 수단이나 기업의 기술동향 조사, 국가의 산업재산권 관련 통계지표 등에서도 활용되고 있다.

IPC는 국제적으로 통일된 특허의 분류체계로 1971년에 체결된 협정(Strasbourg Agreement)에 따라 1975년 10월에 발표되었다. 섹션(Section), 클래스(Class), 서브-클래스(Sub-Class), 그룹(Group)으로 구성되며, 그룹은 메인그룹(Main-Group)과 서브그룹(Sub-Group)으로 나누어진다. 아래 그림은 IPC 분류의 예시를 나타내고 있다.

27) 김현주·김동현, “특허 문헌의 IPC 분류코드 및 네트워크 분석을 통한 항만 산업의 핵심기술과 기술융합 분석 연구”, 『멀티미디어학회논문지』, 제27권 제8호(2024), 909-918면.
 28) 김은정·최희진, “토픽모델링과 네트워크분석을 활용한 헬스케어 분야의 핵심기술과 기술융합 분석 연구: 특허정보를 중심으로”, 『한국정보통신학회논문지』, 제26권 제5호(2022), 763-778면.
 29) 전상규, “특허 네트워크 분석을 통한 기술융합 및 융합기술의 확산 연구 -디지털 데이터 처리 기술 중심으로-”, 『지식재산연구』, 제16권 제4호(2021), 161-202면.
 30) WIPO, “Guide to the International Patent Classification”, 2022 edition, WIPO, 2022, pp. 1-50.
 31) 지식재산처, “산업-특허 연계표”, 지식재산처, <<https://www.kipo.go.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=S CD0200272>>, 검색일: 2023. 10. 02.

<그림4 IPC 분류체계 구성 및 예시>



섹션(Section)은 IPC 계층구조의 가장 상위에 있는 레벨로 총 8개로 구분되어 있으며, A에서 H까지의 알파벳으로 코드화되어 있다. 각 섹션 아래에 세부분류로 클래스(Class)가 있으며, 클래스는 두 자리의 숫자로 표기한다. 위 그림4에서 예를 든 B23K 026/00에서 23에 해당한다. A 섹션의 경우 하위에 16개의 클래스를 두고 있으며, B 섹션은 38개, C는 21개 등 총 131개의 클래스가 존재한다. 서브클래스(Sub-Class)는 분류계층구조의 3단계 레벨이다. 각 클래스는 1개 이상의 서브클래스를 포함하며, 각 서브 클래스는 1개의 영문 대문자로 표기한다. 위 그림의 B23K 026/00에서 K에 해당한다. 그룹(Group)은 IPC 의 가장 하위 레벨로서 메인그룹과 서브 그룹으로 나누어진다. 그림 4에서 026/00에 해당한다. 메인그룹(Main Group)은 3자리 이내의 숫자로 서브그룹은 두자리의 숫자로 만들어지며 사이에 슬래쉬(/)로 구분한다. 메인그룹은 그룹 중 슬래쉬(/) 다음의 두자리 수가 00인 그룹을 가리키며 그 외의 그룹을 서브그룹이라고 부른다. 위 그림4에서 026이 메인그룹 코드에 해당한다. IPC(2020.01 기준) 레벨별로 8개 섹션, 131개 클래스, 646개 서브클래스, 7,518개 메인그룹, 75,548개 서브그룹으로 구성되어 있다.

<표3 IPC Section별 분야>

코드	분야	코드	분야
A	생활필수품(Human Necessities)	E	고정구조물(Fixed Constructions)
B	처리조작, 운수 (Performing Operations, Transporting)	F	기계공학, 조명, 가열, 무기, 폭발 (Mechanical Engineering, Lighting, Heating, Weapons, Blasting)
C	화학, 야금(Chemistry, Metallurgy)	G	물리학(Physics)
D	섬유, 지류(Textiles, Paper)	H	전기(Electricity)

한국표준산업분류(KSIC)는 국내 경제, 산업 등 다양한 분야의 통계 수집, 제표, 분석의 목적을 위해 통계청에서 고시하고 있다. 이를 활용하면, 산업 통계 작성 시 경제, 산업구조 및 산업간 유기적 구성, 상관성의 비교·분석이 용이하다. 지식재산처에서는 생산·노동·R&D 등 경제지표가 집계되고 있는 한국표준산업분류와 특허통계의 집계기준인 국제특허분류간 상호 연계를 위한 매칭표를 마련하여 공개하고 있다. 공개된 연계표는 아래 표와 같은 형식이다.

<표4 한국표준산업분류(KSIC)와 국제특허분류(IPC)의 상호 연계표 예시>

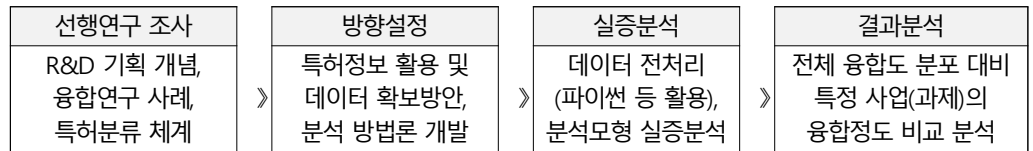
KSIC 산업분류	IPC 국제특허분류
농림어업	A01C, A01D, A01G, A01H, A01K
광업	C22B(C22B 7제외), E21D
...	...
컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	G06F(G06F 1/, 3/ 제외), G06Q, G06T, G09C
정보서비스업	G06V, G16B, G16C, G16H, G16Z

3. 연구방법

3.1. 연구절차

본 연구의 절차는 다음의 그림 5와 같이 요약된다. 선행연구 조사를 통해서 연구방향을 선정하고, 연구방향에 맞는 분석방법론을 제안한다. 제안된 방법론을 검증하기 위하여 R&D 기획과제 관련 데이터를 수집하고 가공하여 분석한다. 데이터 분석을 위하여 기획과제에 해당하는 각각의 특허 IPC를 노드(Node)로, IPC간 결합강도를 에지(Edge)로 하는 특허 네트워크를 구성하였다. R&D 과제의 융합정도를 측정하는데 IPC를 살펴보는 이유는 융합정도가 커질수록 해당 특허와 연관된 IPC의 개수도 증가할 것이라는 점과 기술적으로 서로 연관된 특허들의 IPC는 많은 부분 일치할 것이라는 개연성에 근거를 두고 분석방법론을 설정하였다. 모든 분석로직은 파이썬(Python)으로 개발하고, 데이터 분석 패키지는 판다스(Pandas), 데이터 시각화 도구로는 맷플롯립(Matplotlib)을 사용한다. 네트워크 분석 및 시각화 도구는 Networkx 및 NodeXL을 사용한다.

<그림5 연구 프레임워크>



3.2. 연구대상 및 자료수집

본 연구는 한국산업기술기획평가원이 2023년 신규과제 지원을 위하여 기획한 과제의 특허동향분석에서 도출된 특허를 대상으로 진행하였다. 한국산업기술기획평가원에서 지원하는 R&D 과제는 정부정책, 수요조사 결과 등을 토대로 기획 대상과제를 선정하고 기획 대상과제의 기술성 검토를 위하여 각 과제별 특허동향조사를 실시하는데, 이때 수집된 과제별 선행특허를 연구데이터로 활용한다. 과제별 선행특허 분석은 해당분야의 기술전문가가 과제별 키워드를 도출하고, 도출된 키워드는 특허전문가가 선행특허를 선별하는 과정을 거친다. 본 연구에서는 2022년말 기획 대상과제로 선정된 368개 과제의 특허동향조사 결과 도출된 선행특허를 대상으로 한다.

2023년도 신규과제 지원을 위한 특허동향 조사는 로봇, 바이오, 의료기헬스케어, 스마트 제조, 조선해양, 자율주행차, 전기수소차, 첨단기계, 지식서비스 등 다양한 기술분야의 25개 R&D 사업을 대상으로 실시되었다. 도출된 결과를 일반화하여 설명하기 위해서는 특정산업 또는 기술분야에 치중되면 데이터의 편향에 의한 왜곡이 될 수 있다. 이를 예방하기 위하여 16개 분야의 데이터를 수집하여 분석한다. 분야별 과제현황은 <표5>와 같다. 또한, 분석대상을 R&D 사업단위로 분류하면 25개 사업에 해당한다. 선별된 선행기술 특허는 과제별로는 최소 62개에서 최대 707개의 특허가 도출되었으며, 평균 377.7건이 선별되었다. 대상사업별 특허데이터 현황은 <표6>과 같다.

<표5 분석대상 분야별 기획 대상과제 현황>

지원분야	개수	지원분야	개수	지원분야	개수
디스플레이	26	시스템반도체	31	지식서비스	29
디자인	11	의료기기헬스케어	14	첨단기계	28
로봇	26	이차전지	1	첨단장비	29
바이오	34	자율주행차	18	탄소중립	11
세라믹	3	전기수소차	22	기타	32
스마트제조	11	조선해양	42	합계	368

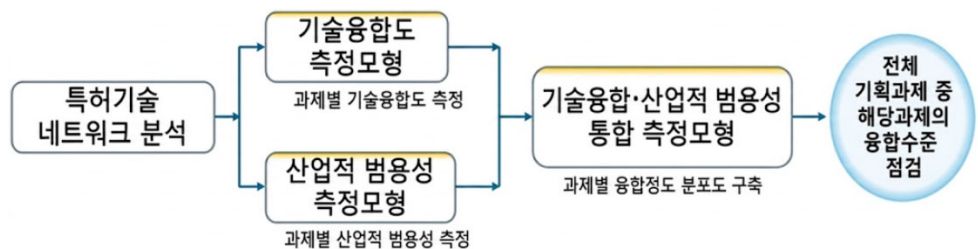
<표6 분석대상 특허데이터 현황>

대상사업	대상과제	선행기술 분석에 사용된 과제별 특허 건수		
		최소	최대	평균
산업핵심 등 25개 R&D 사업	368건	62건	707건	377.7건

3.3. 분석방법

본 연구에서의 분석 프레임워크는 아래 그림과 같이 요약된다. 먼저 연구대상이 되는 2023년 기획대상 과제의 RFP를 수집하고, RFP에 해당하는 키워드를 추출하여 연관된 선행특허 정보를 구조화하고 분석에 필요한 전처리를 거쳐 특허기술 네트워크를 분석한다. 특허기술 네트워크 분석결과를 활용하여 과제별 기술융합도와 산업적 범용성을 측정한다. 기술융합도는 해당 과제별 RFP에 해당하는 선행특허들의 국제특허분류를 이용하여 산출한다. 이때 선행연구에서 활용된 동시분류분석 방법론을 참고하되 섹션과 클래스 정보를 동시에 반영하여 하나의 섹션에 집중되거나, 섹션별 클래스 수의 차이로 인한 데이터의 왜곡을 방지한다. 산업적 범용성은 지식재산처에서 제공하는 특허-산업연계표를 이용하여 RFP에 해당하는 선행특허들을 표준산업분류로 변환하여 산출한다. 타 산업분야와 비교를 위해서는 특허정보에 한정되기보다는 특허정보 외의 데이터로 융합도 측정이 필요하다. 이를 위하여 관련 산업분류의 점유율을 활용하여 데이터의 편향성을 최소화한다. 산출된 기술융합도와 산업적 범용성을 각각 수평축과 수직축으로 매핑하여 과제별 융합도 분포를 구한다. 마지막으로 측정이 필요한 해당과제의 포지션과 분포도의 위치를 비교하여 융합수준을 점검하여, 융합정도를 측정한다. 이러한 분석 프레임워크로 2023년 기획과제의 융합정도를 측정한다.

<그림6 분석 프레임워크>

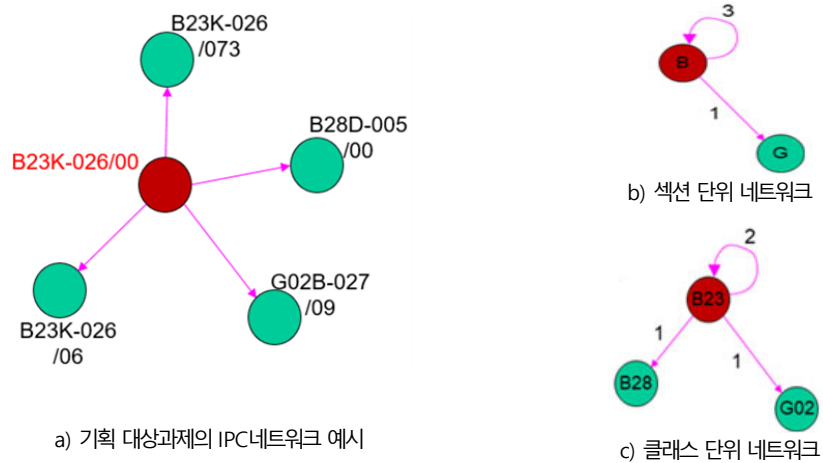


3.4. 기술융합도 측정

대상과제별로 도출된 각각의 선행특허를 다수 IPC(해당과제에서 최대빈도의 IPC)를 중심 노

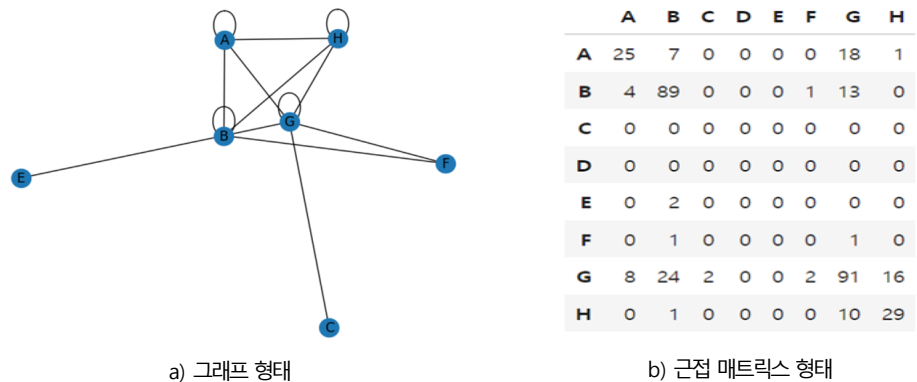
드로 하고, 소수 IPC들(다수 IPC외의 IPC)과 방향성 있는 에지로 연결된 IPC 네트워크를 구성한다. 예를 들어, B23K-026/00을 다수 IPC로 하고, 소수 IPC로 B23K-026/06, B23K-026/07, B28D-005/00, G02B-027/09 를 가지고 있는 경우는 아래 그림의 a)와 같이 기획 대상과제의 IPC 네트워크가 구성된다. 여기서, 다수 IPC에 해당하는 노드는 모든 방향성 에지의 시작 노드(Start Node)가 되고, 소수 IPC에 해당하는 노드들은 엔드 노드(End node)에 해당되어 별(Star) 모양의 토폴로지(Topology)를 갖는다. 이때, 각 노드의 라벨(Label)을 섹션 또는 클래스 등 임의의 레벨로 조정하면 아래 그림의 b) 또는 c)와 같은 그래프를 얻을 수 있다. 섹션(Section) 단위 네트워크는 데이터 차원이 축소되어 분석이 어렵고, 서브클래스(Sub-Class) 단위 네트워크는 과적합의 우려가 있어서 본 연구에서는 클래스(Class) 단위 네트워크로 분석한다.

<그림7 기획 대상과제의 IPC 네트워크 토폴로지 예시>



특허 네트워크는 그래프의 형태 또는 근접 매트릭스(Adjacency Matrix)의 형태로 표현할 수도 있다. 예를 들어, 368개 과제중 1개 과제의 특허 네트워크(Section 레벨)를 아래 그림과 같이 나타낼 수 있다.

<그림8 특허 네트워크 그래프 형태 및 근접 매트릭스 예시>



특허 네트워크가 완성되면 이로부터 기술의 집중도(Concentration of Technology)를 계

산한다. 시장집중도를 나타내는 지표로 사용되는 허핀달-허쉬만 지수(Herfindahl-Hirschman Index)의 개념을 적용하여 본 연구에서 기술의 집중도는 다음 식(1)과 같이 정의한다. 특히 네트워크를 표현하는 근접 매트릭스의 각 셀 값을 c_{ij} 라고 했을 때 기술의 집중도는 다음과 같이 계산한다. 여기서, 각 S_{ij} 값은 해당 셀 값인 c_{ij} 를 전체 셀 값의 합으로 나눈 값에 100을 곱한 값이다.

$$C_T = \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} S_{ij}^2, \tag{1}$$

$$\text{where, } S: \text{IPC code set } s_{ij} = \left(c_{ij} / \sum_{i,j \in S} c_{ij} \right) \times 100$$

만약 섹션 레벨에서 특히 네트워크의 근접 매트릭스를 구한 결과가 아래와 같다고 할 때, 우선 $S = \{A, B, C, D, E, F, G, H\}$ 가 되며, 전체 셀 값의 합은 345가 된다. 여기서, 각 셀별로 s 값을 구하게 되는데, 예를 들어 G 섹션으로부터 H 섹션으로의 강도는 16인데 이를 s 값으로 변환하면 $(16/345) \times 100$ 으로 4.6377이 된다. 각 셀에 해당하는 s_{ij} 값을 제공하여 모두 더하면 해당 과제의 기술집중도는 1616.4로 계산된다.

<그림9 특히 네트워크를 활용한 기술집중도 산출>

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	25	7	0	0	0	0	18	1
B	4	89	0	0	0	1	13	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	2	0	0	0	0	0	0
F	0	1	0	0	0	0	1	0
G	8	24	2	0	0	2	91	16
H	0	1	0	0	0	0	10	29

$s_{GH} = \left(\frac{16}{345} \right) \times 100$

섹션 레벨의 분석은 섹션의 범위가 넓기 때문에 동일 섹션에 많은 특허가 포함되고, 이에 따라 산정된 기술집중도는 매우 높게 계산된다. 이를 보완하기 위하여 클래스 레벨의 분석이 필요하다. 앞선 방식과 동일한 산식으로 클래스 레벨 기술집중도를 계산한다. 섹션레벨과 클래스레벨로 구성된 후에 각 특히 네트워크로부터 섹션레벨 기술집중도($C_{T,S}$)와 클래스레벨 기술집중도($C_{T,C}$)를 계산하여, 해당 기획 대상과제의 기술집중도(CT)를 다음 식(2)와 같이 보정한다. 이러한 보정을 통해서 섹션단위 분석으로 인한 왜곡을 줄이면서도 클래스단위의 상세분석을 동시에 진행하여 특정분류의 편향성을 줄일 수 있다. 이때, 섹션레벨 기술집중도는 특히네트워크의 노드를 섹션 레벨에서 구성한 후에 구한 기술집중도 값이며, 클래스레벨 기술집중도는 특히네트워크의 노드를 클래스 레벨로 구성한 후에 구한 기술집중도 값이다.

$$C_T = \sqrt{(C_{T,S})^{2\beta_1} + (C_{T,C})^{2\beta_2}} \tag{2}$$

여기서, β_1 은 $C_{T,S}$ 의 포함여부이고, β_2 는 $C_{T,C}$ 의 포함여부이며,

C_T 계산에 포함될 경우는 1, 그렇지 않으면 0이다. 단, $\beta_1 \vee \beta_2 = 1$ 이다.

기술융합도는 기술집중도의 역수(Inverse) 또는 보수(Complement)에 해당한다. 기본적으로 기술의 집중도가 높으면 융합의 정도는 낮아지고, 반대로 융합의 정도가 높아지려면 기술의 집중도는 낮아져야 한다는 의미이다. 본 연구에서는 기술융합도의 산출방식을 아래 식(3)과 같이 정의한다. 백분위수 기반의 융합지수는 모집단에 포함된 모든 분석대상(본 연구에서는 368개 R&D 과제)의 기술집중도를 계산한 후에 오름차순으로 정렬하여 각 과제의 백분위수로부터 융합지수를 평가하는 방식으로 산출된다. 본 연구에서의 n 은 368이며, $rank_i$ 는 모든 분석대상 과제에 대한 해당과제의 백분위 값이다. 따라서, 기술융합도는 0부터 100까지의 값으로 나타난다. 각 과제의 기술융합도는 백분위수(전체 과제에서의 순위)를 기반으로 표현되기 때문에 “상위 00%” (예를 들어, 97점인 경우 상위 3% 수준)로 평가할 수 있다. 특히, 기획대상 과제를 융합 수준에 따라 분류하고자 하는 경우에 “상위 20% 이내”, “하위 20% 수준” 등으로 등급화할 수 있다는 장점이 있다.

$$TC_i = \left[\left(1 - \frac{rank_i}{n} \right) \times 100 \right] \quad (3)$$

n = 전체 과제의 수 (모집단의 크기), $rank_i$ = i 과제의 기술집중도 순위

3.5. 산업적 범용성 측정

기술은 산업적 맥락 내에서 생산을 포함한 기업의 실질적인 경영 활동에 체화될 때 비로소 그 경제적 가치가 구현된다. 즉, 기술이라는 자원의 가치는 해당 기술이 동종(同種) 산업은 물론 이종(異種) 산업 전반에서 어떠한 방식으로 전용(Appropriation)되고 활용되느냐에 따라 결정되는 동태적 특성을 지닌다. 만약 기술이 기업의 생산 및 상업화 과정을 거쳐 시장에 성공적으로 확산된다면, 이는 공공 R&D 지원의 궁극적 목표인 사회경제적 파급효과를 달성하는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 측면에서 범용기술(General Purpose Technology)은 한 산업에만 국한되지 않고 국가나 세계경제 전반에 광범위하게 적용되어 사회·경제적 구조의 대변혁을 이끄는 기술이며, 산업의 파생적 혁신과 생산성 향상을 지속적으로 유도하기 때문에 국가적으로도 지원이 필요한 기술이다. 따라서 R&D 기획 초기 단계부터 단일 산업에 국한되지 않고 이종 산업까지 아우르는 범용 기술을 발굴하여 지원하는 전략적 접근이 필수적이다. 이를 구체화하기 위해서는 ‘산업적 범용성’을 정량적으로 측정하고, 융합 잠재력이 높은 기획 과제를 우선적으로 선정하여 지원하는 정책적 메커니즘이 마련되어야 한다. Qiu Ranfeng 등이 제안한 바와 같이, 범용기술은 특정 분야의 기술이 다양한 산업군에 속한 기업들에 의해 고르게 개발된다는 기준에 착안하여 한국표준산업분류 데이터와 연동하여 산업적 범용성을 측정하고자 한다.³²⁾

대상과제별로 도출된 각각의 선행특허가 어떤 산업에 해당하는지를 특정하기 위해서 지식재산처에서 제공하는 산업-특허 연계표를 활용한다. 연계표는 생산·노동·R&D 등 경제지표가 집계되고 있는 한국표준산업분류(KSIC)와 특허통계의 집계기준인 국제특허분류(IPC)간 상호 연계하고 있는데, 한국표준산업분류는 고무제품 제조업, 1차 철강 제조업, 1차 비철금속 제조업, 금속 주조업 등 소분류 단위로, 국제특허분류는 A01C, A01D, C22B, E21D 등 Sub-Class 단위로 매핑되었다.

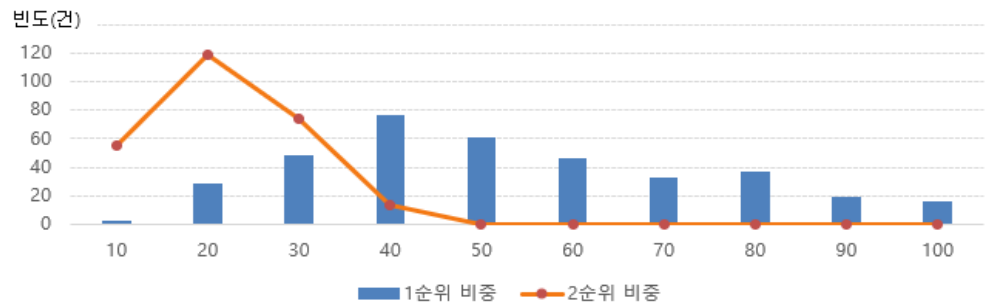
본 연구에서 산업 식별 로직은 개별 특허의 산업별 점유율을 기준으로, 누적 점유율이 60%를

32) Ranfeng Qiu & John Catwell, “Revisit the classification of General Purpose Technologies (GPTs) in corporate innovation research using patent and patent citation data”, *Journal of International Technology and Information Management*, Vol.24 Issue 2(2015), pp. 87-105.

초과하지 않는 범위 내에서 최대 3개의 연관 산업을 선정하도록 설계하였다. 누적 점유율 임계치 60%는 데이터 분포를 고려하여 설정하였으며, 누적 점유율은 과제 내 전체 특허 중 특정 산업 메인 IPC가 차지하는 비중을 의미한다. 첫 번째 산업분류의 점유율이 60%를 넘어서지 않으면 두 번째 산업분류를 찾고, 첫 번째와 두 번째 산업분류의 누적합이 기준값(60%)을 넘지 않으면 세 번째 산업분류까지 찾도록 전처리 한다.

전처리 결과를 가시화하고, 통합적 이해를 돕고자, 과제별 상위 2개 산업까지의 연관성(점유율)을 10% 단위로 표기하고, 점유율을 10% 구간 단위로 범주화하여 연관성이 높은 산업분류의 빈도(1순위 산업분류의 빈도 파란색, 2순위 산업분류의 빈도 주황색)를 요약하면 아래 그림과 같다. 1순위(파란색(좌측) 막대)의 빈도로 볼 때, 하나의 산업분류가 해당과제의 비중이 30%~60%를 차지하는 과제가 대부분이며, 일부 과제의 경우, 점유율이 100%에 해당하여 하나의 산업분류에 한정된 기술개발 과제도 있음을 알 수 있다. 즉, 하나의 과제 RFP에서 추출한 선행특허군의 산업분류 분포가 90% 이상에 해당한다면, 특정 산업군에 한정된 과제로 해석할 수 있으며, 이와는 반대로 산업분류의 분포가 10% 미만에 해당한다면, 다양한 산업군에 걸쳐있는 과제로 해석할 수 있다.

<그림10 분석대상 과제의 표준산업분류 분포>



이러한 개념을 기술융합도를 측정하는 방식과 유사하게 산업에 대한 집중도로 볼 수 있으며, 아래와 같은 수식으로 산업적 범용성을 정의할 수 있다. 이때, 산업분류 2순위의 경우, 데이터 분포가 40%이하에 집중되어 있어 산업의 집중도에 관한 영향이 적은 것으로 판단되어 산업적 범용성을 측정하는 수식에서는 제외하였다.

$$\text{산업적 범용성 (\%)} = 100\% - \text{1순위 산업 점유율} \quad (4)$$

위 수식의 정의에 따라 분석대상을 전처리하면, 368개 과제의 RFP는 1순위를 기준으로 33개 산업분류에 분포하고 있으며, 2순위를 기준으로 38개 산업분류에 데이터가 분포하고 있다.

4. 연구결과

4.1. 기술융합도 분석

2023년도 기획 대상과제 368건을 식(2)에 의거하여 기술집중도를 측정하면, 1,042에서 9,536의 값을 가지며, 평균값은 약 3,623, 중앙값(Median)은 약 3,109이다. 각 과제별 기술집중도를 1,000 단위(1K)로 범주화하면, 아래 표와 같다. 기술집중도가 높은 것은 단일 기술의 고

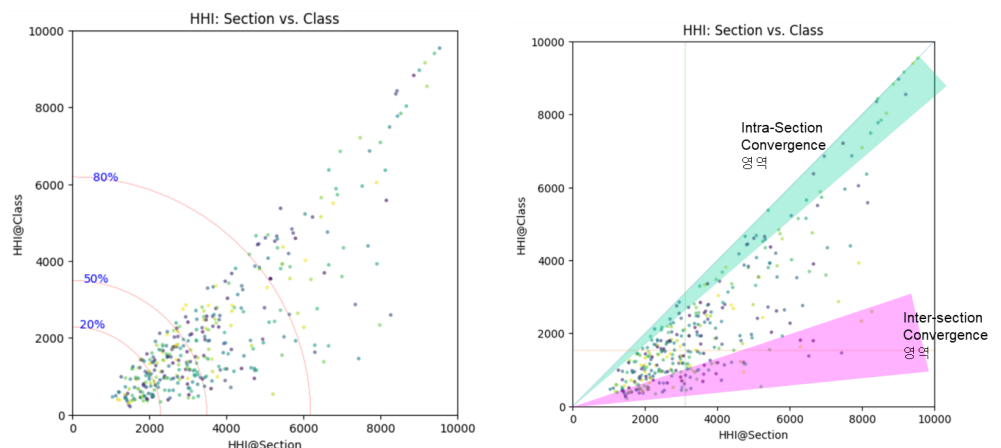
도화 및 진보화를 위한 기술개발 과제이며, 반대로 기술집중도가 낮은 것은 상대적으로 여러 분야에 걸쳐 기술개발이 진행되는 과제로 볼 수 있다. 기술집중도의 약 80%가 1K에서 5K 미만에 분포하고 있어서 상대적으로 기술융합도가 높은 과제로 기획되고 있는 것으로 설명할 수 있다.

<표7 분석대상 과제의 기술집중도 산정결과>

기술집중도	1K미만	1K이상	2K이상	3K이상	4K이상	5K이상	6K이상	7K이상	8K이상	9K이상	합계
개수	0	67	103	83	38	30	21	11	10	5	368

전처리된 데이터를 식(2)에 의거하여 기술집중도를 측정하되, 섹션(Section) 단위와 클래스(Class) 단위로 분석하여 각각의 값을 상위 20%, 상위 50%, 하위 20% (상위 80%)의 집중도를 시각화하여 나타내면 아래 그림의 a)와 같다. 그림에서 보는 바와 같이, 섹션레벨 기술집중도는 클래스 레벨 기술집중도보다 항상 크거나 같게 된다. 이는 섹션 레벨에서는 클래스 레벨의 IPC 노드 간 연관관계가 머지(Merge)되면서 기술집중도가 강화되는 것을 의미한다. 한편, 기술집중도 차트에서 해당 과제의 포지션이 어디에 위치하는 지에 따라 해당과제의 융합이 섹션 레벨에서 주로 이루어지는지, 아니면 클래스 레벨에서 주로 이루어지는지를 판단할 수 있다. 아래 그림의 b)에서 보는 바와 같이, 결과적으로 $y = x$ 그래프에 가깝게 포지션되는 경우는 소수의 섹션 내부에서 여러 기술 분야(클래스) 간의 융합이 이루어지는 과제라고 판단할 수 있으며 (Intra-section Convergence), 반대로 x 축에 가깝게 포지션되는 경우는 섹션 간의 융합 (Inter-section Convergence) 이 활발히 이루어지는 과제로 판단할 수 있다. b)의 그림에서 기술집중도가 높은 과제(1사분면)가 Intra-Section Convergence 영역에 해당하는 과제는 단일 산업내 기술의 고도화 및 진보화를 위한 과제로 판단할 수 있다.

<그림11 기술집중도 측정 결과>



a) 기술집중도 측정결과(섹션별, 클래스별)

b) 기술집중도 측정결과(Intra, Inter-Section)

전처리된 데이터를 식(3)에 의거하여 기술융합도를 산정하기 위해서는 모든 기획대상 과제의 기술집중도를 산정한 후 백분위수로부터 융합지수를 산출해야 한다. 이러한 과정을 거쳐서 백분위수로 융합지수를 산출하게 되면, 각 과제별 기술융합도는 아래 표와 같이 분포한다. 기술융합도를 백분위단위로 데이터를 정규화하게 되면, 산업적 범용성과 결합하여 분석하기 용이하므로 기술융합도의 식 (3)과 같이 정의하였다.

<표8 분석대상 과제의 기술융합도 산정 결과>

기술융합도	10% 미만	10% 이상	20% 이상	30% 이상	40% 이상	50% 이상	60% 이상	70% 이상	80% 이상	90% 이상	합계
개수	37	37	37	37	36	37	37	37	37	36	368

4.2. 산업적 범용성 분석

368개 RFP에 해당하는 선행특허를 전처리하여 과제별 상위 2개 산업분류까지의 연관성(점유율)을 백분율로 표기하고, 점유율을 10% 구간 단위로 범주화하여 산업분류의 빈도를 요약하면 아래 표와 같다. 1순위의 빈도로 볼 때, 하나의 산업분류가 해당과제의 비중이 30%~ 60%를 차지하는 과제가 대부분이며, 일부 과제의 경우, 점유율이 100%에 해당하여 하나의 산업분류에 한정된 기술개발 과제도 있음을 알 수 있다. 즉, 하나의 과제 RFP에서 추출한 선행특허군의 산업분류 분포가 100%에 해당한다면, 특정 산업군에 한정된 과제로 해석할 수 있으며, 이와는 반대로 산업분류의 분포가 10%에 해당한다면, 다양한 산업군에 걸쳐있는 과제로 해석할 수 있다. 2순위 분류 중 50%이상이 건수가 없는 것은 앞서 방법론에서 설명한 바와 같이 점유율 60%를 임계치로 설정하고 2순위, 3순위 산업분류 건수를 설정하였기 때문이다.

<표9 분석대상 과제의 표준산업분류 매핑(산업분류 점유율) 결과>

구분	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	합계
1순위 분류(개수)	0	2	29	48	77	61	46	33	37	19	16	368
2순위 분류(개수)	2	55	119	74	13	0	0	0	0	0	0	268

또한, 매핑된 산업군의 상위 10개 분야를 살펴보면, 아래 표와 같다. 컴퓨터 프로그래밍, 정밀기기 제조업, 자동차 제조업, 특수 기계제조업 등 다양한 산업분야에 분포(1순위 기준 33개 산업분야, 2순위 기준 38개 산업분야)하고 있다. 특히, IT산업(컴퓨터 프로그래밍)의 빈도수가 높아 많은 과제에서 활용되고 있음을 추정할 수 있다.

<표10 분석대상 과제의 표준산업분류 상위 10개 분야>

순위	한국표준산업분류(1순위)	빈도	한국표준산업분류(2순위)	빈도
1	컴퓨터 프로그래밍,정보서비스업	50	측정,시험,항해,제어 및 기타 정밀기기 제조업	43
2	측정,시험,항해,제어 및 기타 정밀기기 제조업	43	컴퓨터 프로그래밍,정보서비스업	37
3	자동차 제조업	36	특수 기계제조업	28
4	특수 기계제조업	33	자동차 제조업	18
5	의료용 기기 제조업	30	사무용 이외의 일반기계 제조업	16
6	의료용 물질 및 의약품 제조업	25	반도체 제조업	13
7	사무용 이외의 일반기계 제조업	25	의료용 기기 제조업	12
8	선박 제조업	21	전동기,발전기 및 전기변환,공급,제어장치 제조업	10
9	1차 철강제조업	15	의료용 물질 및 의약품 제조업	7
10	반도체 제조업	12	1차 철강제조업	6

산업적 범용성은 식 (4)에서 정의한 바와같이, 100%에서 1순위 산업분류 점유율을 차감한 값으로 산정한다. 이에 따라 산업적 범용성은 표 11과 같다.

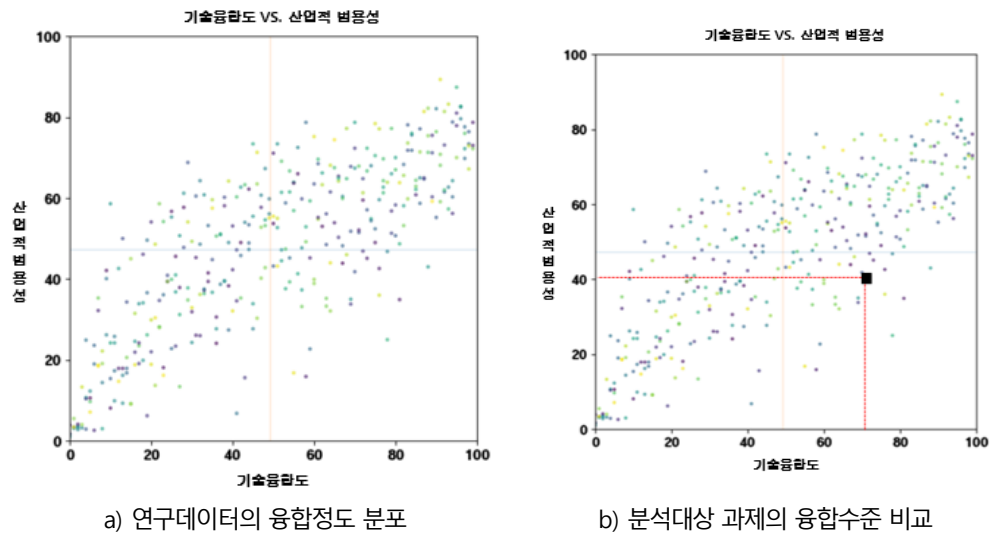
<표11 분석대상 과제의 산업적 범용성 산정 결과>

기술융합도	10% 미만	10% 이상	20% 이상	30% 이상	40% 이상	50% 이상	60% 이상	70% 이상	80% 이상	90% 이상	합계
개수	16	19	37	33	46	61	77	48	29	2	368

4.3. 기술융합도와 산업적 범용성을 이용한 융합수준 분석

앞에서 정의하고 도출한 기술융합도와 산업적 범용성을 각각 수평축과 수직축에 매핑하면 기술융합과 산업융합을 통합한 융합도 분포를 구할 수 있다. 연구데이터 전체의 융합정도는 아래 그림 12의 a)와 같다. 전반적으로 기술융합도와 산업적 범용성은 비례하는 관계에 있으며, 기술융합도가 높아지면 산업적 범용성도 함께 높아지는 경향성이 있는 것으로 나타나고 있다. 도표의 가독성을 위하여 가로 축, 세로 축의 중앙선을 표기하였다. 분석대상 368개 과제는 I 영역(1사분면) 151개 과제, II 영역(2사분면) 53개 과제, III영역(3사분면) 131개 과제, IV영역(4사분면) 33개 과제 등이 분포하고 있다. 그림 a)의 융합정도 분포도는 특정과제의 융합수준을 비교분석하는 기준이 된다. 예를 들어 2023년도에 기획중인 특정 과제의 융합정도가 그림 12의 b) 위치에 해당한다면, 평균적으로 산업적 범용성은 낮고, 기술융합도는 높은 수준이며, 정량적 수치도 확인할 수 있다.

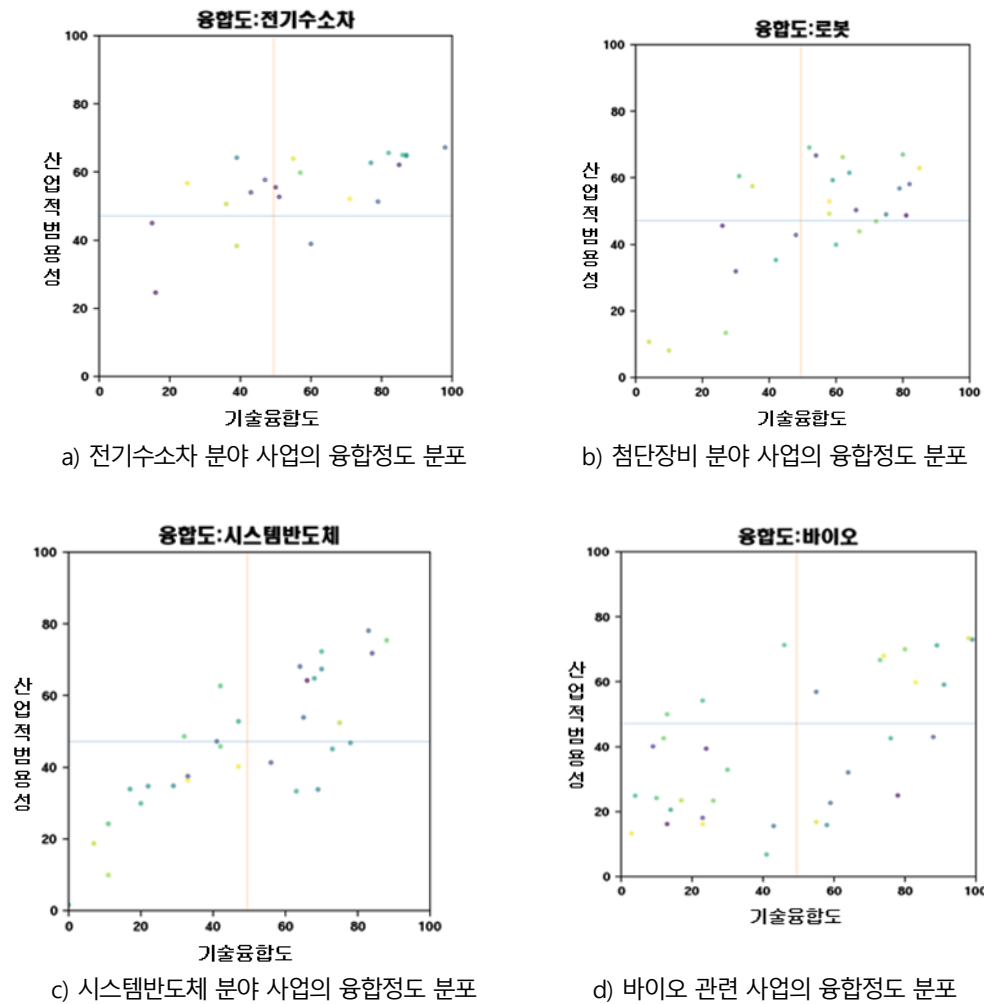
<그림12 기술융합도와 산업적 범용성 측정결과>



a) 연구데이터의 융합정도 분포

b) 분석대상 과제의 융합수준 비교

<그림13 사업별 융합연구 비교분석 예시>



이러한 분석모형은 과제 단위뿐만 아니라 사업단위의 특성을 비교 분석할 수도 있다. 다음의 그림13는 사업별 융합연구 특성을 확인할 수 있게하며, 각 사업별 융합현황을 비교한 사례이다. 사업별 예산 및 지원규모가 상이하어 과제의 기획과제수를 직접 비교하는 것은 곤란하지만 영역별(I, II, III, IV) 분포를 보면 사업별 융합연구 특성은 예측가능하다. 전기수소차 R&D 사업의 기획현황(그림 13의 a)을 보면, 일부과제를 제외하고는 융합연구가 활발히 진행될 것으로 예상된다. 특히, 산업적 범용성이 50을 넘는 경우가 많아 이종 산업과의 융합연구에 관한 요구가 큰 것으로 나타난다. 실제로 기술내용을 살펴보면, e-Fuel, 천연가스 혼소, 이차전지 등 에너지 관련 산업과 자동차 산업의 융합, 전력변환장치, 감지 및 모니터링을 위한 정보통신 산업과 자동차 산업의 융합 등에 관한 기술개발 내용을 포함하고 있다. 다음으로 로봇 분야의 기획현황(그림 13의 b)을 보면, I 영역과 III영역에 다수과제가 분포하고 있어, 이종분야의 융합과 로봇 분야의 기술의 진보를 위한 기술개발로 구분되는 것으로 나타난다. 실제로 기술내용을 살펴보면, 농업용 로봇, 의류관리 로봇, 물류 로봇 등 이종산업에서 활용되는 로봇 기술개발 과제와 구동 및 조향 모듈, 로봇 팔, 감속기 등 로봇산업에 필요한 부품을 개발하는 과제로 분류할 수 있었다. 시스템 반도체 분야의 기획현황(그림 13의 c)에서도 유사한 경향이 있다. I 영역과 III영역에 다수과제가 분포하고 있는데, 차량용 반도체, 스마트홈용 반도체, 의료용 반도체 등 이종산

업에 활용되는 반도체와 시스템 반도체 제작을 위한 통신용 IP, 위상동기회로 IP 등 이종산업의 융합과제와 반도체 분야의 기술진보를 위한 기술개발로 구분됨을 확인할 수 있었다. 마지막으로 바이오 분야의 기획현황(그림의 d)을 보면, III영역과 IV영역에 다수과제가 분포하고 있어, 산업융합의 정도는 타 분야보다 낮음을 확인할 수 있다. 기술내용을 살펴보면, 난치성 피부질환, 중증 뇌혈관 질환, 마이크로바이옴 기반 치료제 등 의료분야의 기술개발과 의약품 제조를 위한 지능형 SW, 생산설비시스템 등 타 산업의 기술을 활용한 바이오 기술개발 내용이 확인되었다.

이러한 사례를 통해서 4개의 영역으로 구분하고, 특화하여 연구개발을 지원할 수 있다. I 영역은 '범용적 융합기술형'으로서 신기술 및 융합기술이 실제 산업 생태계로 전이되는 영역이고, II영역은 '기본기술 확산형'으로서 기존 기술을 다양한 산업에 응용으로 해석될 수 있으며, III영역은 '도메인 특화 심화형'으로 특정 분야에 집중되어 성능 극대화를 위한 연구개발 영역이고, IV영역은 '특화산업 융합형'으로서 다수의 기술을 융합하였으나, 단일 산업의 제품혁신에 흡수되는 목적성 기술개발 영역이다.

<그림14 기술융합 및 산업적 범용성에 따른 영역분류>

High ↑ 간접적 포괄성 ↓ Low	영역 II 기본기술 확산형 ○(지표) 기술융합 Low, 산업활용 High ○(개념) 기술 자체의 집중도는 높으나 소재/부품으로 다수 이종산업에 광범위하게 공급되는 연구개발	영역 I 범용적 융합기술형 ○(지표) 기술융합 High, 산업활용 High ○(개념) 이종기술이 복합적으로 결합되어 다수 산업에 파급력을 갖는 범용적 융합기술 개발
	영역 III 도메인 특화 심화형 ○(지표) 기술융합 Low, 산업활용 Low ○(개념) 단일산업내에서 특정기술의 전통적인 성능 극대화를 목표로하는 연구개발	영역 IV 특화산업 융합형 ○(지표) 기술융합 High, 산업활용 Low ○(개념) 다수 기술을 융합하였으나, 특정 단일산업의 제품혁신에 전량 흡수되는 목적성 기술개발
	Low ← 기술융합도 → High	

연구 데이터(2023년 기획대상 과제)를 살펴보면, I 영역에서는 '다중 물성정보 측정용 NEMS 센서 계측기술 개발', '산업용 IoT 지능부품 기반 고무 플라스틱제품 오류 검출 시스템 개발', '데이터 기반 지능형 고속 밸런싱 시스템 실증', '원격 자동 공정제어 초임계 유체 염색설비 실증' 등이 있었다. 실제 과제의 내용은 소재기술, 계측기술, IT기술 등의 이종기술과 다양한 산업에 적용 가능한 기술개발이 포함된다. 이와는 대조적으로 III영역에서는 '간식식 환자들의 치료 및 예후 향상을 위한 마이크로바이옴 기반 치료기술 개발', '하지정맥류 치료를 위한 정맥 내막 폐쇄술용 중재시술 의로기기 시스템 개발', '하이브리드 전기추진 친환경 선박 개념설계' 등이 있었고, 과제의 내용은 단일 산업내의 특정기술의 진보를 위한 기술개발이 중점내용으로 구성됨이 확인된다.

5. 결론 및 향후과제

5.1. 결론

본 연구는 2023년 신규과제 지원을 위한 특허분석 결과 데이터를 이용하여 368개 기획과제의 기술융합도, 산업적 범용성을 측정하였다. 해당과제와 관련된 선행특허의 특허정보에 포함된 IPC를 이용하여 특허 네트워크를 구성하였다. 구성된 네트워크를 근접 매트릭스 형태로 변환하여 섹션단위의 기술집중도와 클래스단위의 기술집중도를 계산하고, 유클리드 거리의 개념

을 적용하여 해당과제의 기술집중도 산출식을 제안하였다. 산출된 기술집중도를 백분위수 기반의 융합지수로 변환하여 각 과제의 기술융합도를 측정하였다. 또한, 지식재산처에서 제공하는 표준산업분류와 국제특허분류의 연계표를 이용하여 산업적 범용성을 측정하였다. 해당과제와 관련된 특허들의 특허정보에 포함된 IPC를 표준산업분류에 따라 변환하여 산업적 범용성을 측정하였다. 측정된 기술융합도와 산업적 범용성은 동일한 단위(백분위)로 측정되어 평면도상의 수평축과 수직축에 매핑하여 2023년 R&D 기획과제에 관한 융합분포도를 구하였다. 이러한 프레임워크를 토대로 R&D 사업별, R&D 과제별 융합정도를 비교 검토할 수 있다.

전기수소차/첨단장비/로봇 등 관련 사업의 경우, 일부과제를 제외하고는 융합연구가 활발히 진행될 것으로 예상된다. 이는 이종 산업과의 융합연구에 관한 요구가 크며, 세부기술의 융합연구 요구도 높은 수준으로 분석된다. 바이오/조선해양 관련 사업의 경우는 타 산업과의 융합연구 요구는 낮은 수준이며, 이종 산업 및 기술과의 융합연구보다는 해당분야의 세부기술 진보를 위한 연구개발에 집중되는 것으로 분석된다. 또한, 산업간 융합과 과제간 융합의 높은 과제(그림14의 영역 I 에 해당)는 151개 과제로 조사되었다. 융합의 정도가 낮은 과제(영역Ⅲ에 해당)는 131개 과제로 조사되었다.

본 연구는 다음과 같은 의의가 있다. 첫째, R&D 기획 단계에서 융합정도를 측정할 수 있는 프레임워크를 마련하고 실증분석한 연구사례이다. 기존의 특허 동시 분류분석 기법을 활용하여 기획과제의 특허분석 산출물을 이용하였기 때문에 이론적 근거가 명확하고, R&D 기획업무에서 획득되는 선행특허 정보를 활용하기 때문에 데이터 확보가 용이하다. 또한, 융합 R&D 과제의 분류가 실무자의 정성적 판단에 의하여 정해지고 관리되었으나, 데이터 기반의 융합R&D과제 판단기준을 마련한 데에 의의가 있다.

둘째, 자동차, 로봇, 반도체, 바이오 등 다양한 산업군을 대상으로 융합정도를 측정하고 실증 연구하여 방법론의 일반화가 용이하다. 본 연구의 데이터는 전기수소차, 첨단장비, 로봇, 바이오, 조선해양 등 25개 R&D 사업(368개 기획과제)의 산업분야를 포괄하고 있으며, 한국표준산업분류에 의하면 컴퓨터 프로그래밍/정보서비스업, 측정/시험/항해/제어 및 기타 정밀기기 제조업 등 42개 표준산업분류에 해당하는 데이터를 활용하여 실증분석하였다. 이는 특정 산업분야에 국한되지 아니하여 제안된 방법론 및 연구성과물의 일반화가 용이하다.

셋째, 기술융합도와 산업적 범용성으로 구성된 융합정도를 측정하여 융합도 측정의 편향성을 제거하였다. 특허정보를 이용한 선행연구(문헌 27, 28, 29)는 항만관련, 헬스케어분야, 디지털 데이터 처리 등 특정분야에 한정하여 진행된 연구로서 동일한 섹션단위로 융합도를 측정하여 적용된 특허분류가 제한적이다. 그러나 타 산업의 기술과 비교를 위해서는 섹션, 클래스를 동시에 고려하여야 한다. 예를 들어, B섹션(처리조작,운수)의 경우 38개의 클래스로 세분화되어 있으나, D섹션(섬유,지류)의 경우 9개의 클래스로 구성되어 특허분류체계상 기술의 범주 구분이 다르다. 이러한 특허 분류체계의 구조가 데이터의 왜곡을 야기할 수 있다. 또한, 특허정보 뿐만 아니라 산업분류를 활용하여 데이터의 편향성을 최소화하고 산업측면에서의 융합정도를 확인할 수 있는 방법론이며, 모든 산업에 적용 가능한 일반화된 방법론이다.

넷째, 특허분류와 표준산업분류를 동시 활용한 사례 연구이다. 특허는 기술의 흐름 및 동향을 파악할 수 있는 대표적인 양질의 정보이며, 표준산업분류는 산업동향, 재무정보 등 다양한 통계와 연계하여 활용할 수 있는 국가통계이다. 데이터 기반의 의사결정 및 빅데이터 분석을 위하여는 다양한 이종의 데이터를 연결하고 분석하여 데이터의 편향성과 왜곡에 유의해야 한다. 본 연구는 특허와 산업정보를 결합한 측정방법론을 제시하여 다양한 기술 및 산업에 적용 가능한 융합 R&D 분류 기준을 제안하였다.

마지막으로 제안된 프레임워크 및 분석방법론은 파이썬 등으로 진행되어 정보시스템에 적용

이 용이하다. 데이터 분석을 위하여 파이썬과 분석 패키지를 활용하여, 정보시스템이 사용하는 언어로 변환과정을 거치면 R&D 전문기관 및 연구기관에서 기관의 정보시스템에 적용하기 용이하다. 한국산업기술기획평가원의 경우 제안요청서, 특허동향조사, 경제성분석 등 과제기획의 산출물을 관리하기 위하여 별도의 정보시스템을 운영(예: <https://srome.keit.re.kr>)하고 있다. 연구에 사용된 프로그램을 일부 수정하면 정보시스템의 탑재 및 서비스가 가능하다.

5.2. 향후과제

전통적인 산업 경계가 모호해지고, 인공지능 등 IT 기술이 다양한 산업(기술)과 융합되어 신제품 및 서비스를 창출하고 있다. 이러한 변화에 있어서 기술의 융합, 산업의 융합은 신사업 발굴과 기술역량을 강화하는데 중요한 대응수단이 될 수 있다. 본 연구에서 제안한 분석 프레임워크는 기획단계에서 융합정도를 파악하여 효과적인 융합연구 지원의 기초가 되어 융합연구 활성화와 R&D성과의 확대에 기여할 것으로 예상된다.

이를 위해서는 다음의 후속 연구가 필요하다. 첫째, 질적 지표의 추가와 활용 가능한 과제정보를 확대·수집하여 측정방법론의 개선 연구가 필요하다. 본 연구는 국제특허분류 중심의 양적 분석에 집중했으나, 향후에는 피인용 특허정보, 텍스트 마이닝을 통한 질적지표를 개발하여 하이브리드 모델로의 후속 연구가 필요하다. 질적 지표를 추가하여 분류체계 항목개수에서 발생하는 구조적 편향성(특허의 섹션 및 클래스의 개수, 산업분류의 대분류 및 중분류의 개수)을 최소화하고, 과학기술분류 및 무역정보와의 매칭 등 데이터를 확대하여 방법론의 일반화를 위한 연구가 필요하다. 둘째, 기획된 과제가 지원되고 종료된 이후의 특허출원 정보를 수집하여 기획단계의 융합도와 종료시점의 융합도의 비교검증을 통해 방법론의 적정성 검토가 필요하다. 기획단계에서의 융합도는 RFP 정보를 이용한 추론이나, 종료된 과제에서 발생한 특허정보를 이용한 융합도와 비교한다면 방법론의 타당성과 설명력 향상에 도움이 될 것이다. 마지막으로 R&D 기획과제에 대한 지속적인 융합R&D 지원현황 관리와 연구가 필요하다. 본 연구는 2023년 기획과제로 한정하고 있으나, 다년간의 기획과제를 대상으로 분석이 확장된다면 융합R&D 지원추세를 확인할 수 있을 뿐만 아니라 심도있는 후속연구의 초석이 될 것이다.

참고문헌

학술지(국내 및 동양)

- 고병열 외 2인, “융합지수 측정을 통한 출연연 융합연구영역 발굴모형 연구”, 「기술혁신학회지」, 제22권 제3호 (2019).
- 김영훈·김선근, “우리나라의 R&D 생산성 및 효율성 분석: OECD 국가와의 비교를 중심으로”, 「기술혁신연구」, 제19권 제1호(2011).
- 김은정·최희진, “토픽모델링과 네트워크분석을 활용한 헬스케어 분야의 핵심기술과 기술융합 분석 연구: 특허정보를 중심으로”, 「한국정보통신학회논문지」, 제26권 제5호(2022).
- 김현주·김동현, “특허 문헌의 IPC 분류코드 및 네트워크 분석을 통한 항만 산업의 핵심기술과 기술융합 분석 연구”, 「멀티미디어학회논문지」, 제27권 제8호(2024).
- 육형갑 외 3인, “정부출연연구기관의 융합연구 R&D 사업에 대한 효율성 분석: 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)에 기초하여”, 「지식경영연구」, 제22권 제4호(2021).
- 이종웅, “빅데이터 기반 국방과학기술 미래유망기술 예측 연구”, 「한국과학기술학회논문지」, 제25권 제6호(2024).
- 전상규, “특허 네트워크 분석을 통한 기술융합 및 융합기술의 확산 연구 -디지털 데이터 처리 기술 중심으로-”, 「지식재산연구」, 제16권 제4호(2021).
- 조민선 외 4인, “ADAT2 프레임워크를 활용한 현장 전문가 수요 분석 기반 기후 복합재난 대응 R&D 중점과제 발굴 연구”, 「기술혁신학회지」, 제28권 제1호(2025).

학술지(서양)

- Alfonso Gambardella & Salvatore Torrisi, “Does technological convergence imply convergence in markets? Evidence from the electronics industry”, *Research policy*, Vol.27 No.5(1998).
- Gavin Cameron et al., “Technological convergence, R&D, trade and productivity growth”, *European Economic Review*, Vol.49 No.3(2005).
- Hyunmin Lee, “Converging technology to improve firm innovation competencies and business performance: evidence from smart manufacturing technologies”, *Technovation*, Vol.123(2023).
- Keungoui Kim et al., “Technology convergence capability and firm innovation in the manufacturing sector: An approach based on patent network analysis”, *R&D Management*, Vol.49 No.4(2019).
- Mihail C. Roco, “Principles of convergence in nature and society and their application: from nanoscale, digits, and logic steps to global progress”, *Journal of Nanoparticle Research*, Vol.22 No.11 (2020).
- Ranfeng Qiu & John Catwell, “Revisit the classification of General Purpose Technologies (GPTs) in corporate innovation research using patent and patent citation data”, *Journal of International Technology and Information Management*, Vol.24 Issue 2(2015).

학위논문

- 성기서, “R&D 제안서 동시분류분석을 활용한 ICT 융합 네트워크 분석”, 서울과학기술대학교 대학원, 석사, 2015.
- 양혜원, “특허 및 논문 빅데이터 분석을 통한 수소연료전지 기반 미래 유망 교통기술 예측”, 고려대학교 대학원, 박사, 2022.
- 윤석민, “데이터 기반 연구개발 과제기획에 관한 연구: 특허 NLP, SNA, IML을 통합한 R&D 사업화성공 예측모형(PLATForM) 개발을 중심으로”, 고려대학교 대학원, 박사, 2024.
- 전은석, “빅데이터 활용 특허분석을 기반으로 한 스마트팜 유망기술 발굴 및 기술 로드맵 개발”, 고려대학교 대학원, 박사, 2022.

인터넷 자료

- 국가과학기술자문회의, “2026년도 국가연구개발사업 예산 배분조정안”, 국가과학기술자문회의, <https://www.pacst.go.kr/jsp/council/councilArchiveView.jsp?archive_id=1408&category_cd=1>, 검색일: 2025. 8. 22.
- 지식재산처, “산업-특허 연계표”, 지식재산처, <<https://www.kipo.go.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=SCD0200272>>, 검색일: 2023.10.02.
- 한국과학기술기획평가원, “KISTEP 10대 유망기술”, 과학기술정책지원서비스, <<https://www.k2base.re.kr/bhrcTech/list.do>>, 검색일: 2026. 6. 5.
- 한국산업기술진흥원, “OECD 통계로 살펴본 주요 6개국의 R&D 투자 동향”, 한국산업기술진흥원, <<https://www.kiat.or.kr/front/board/boardContentsView.do>>, 검색일: 2025. 8. 25.
- 한국은행, “R&D 세계 2위인 우리나라, 왜 생산성은 제자리 걸음인가?(혁신 1편)”, 한국은행, <<https://www.bok.or.kr/portal/bbs/B0000347/view.do?nttId=10084457&menuNo=201106>>, 검색일: 2024. 6. 3.

연구보고서

- 한국과학기술기획평가원, “2023년 국가연구개발사업 조사·분석 보고서”, 한국과학기술기획평가원, 2024.
- 한국과학기술기획평가원, “2024년도 예비타당성조사 보고서 반도체첨단산업기술개발사업”, 한국과학기술기획평가원, 2025.
- 한국산업기술기획평가원, “산업기술 R&D 과제의 융합정도 측정방법론 개발 연구”, 한국산업기술기획평가원, 2024.
- 한국생명공학연구원, “2024 바이오 미래유망기술”, 한국생명공학연구원, 2024.

기타 자료

- 김현우·김찬준, “산업기술 R&D 생산성 제고를 위한 제언”, 한국산업연구원, 2024.
- WIPO, “Guide to the International Patent Classification”, 2022 edition, WIPO, 2022.
- World Economic Forum, “Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains”, World Economic Forum, 2017.