

융합연구리뷰

Convergence Research Review

김한성 (성균관대학교 행정학 박사과정생)

PEST-SWOT-AHP 방법론을 활용한 융합연구 활성화 방안에 관한 연구
-ICT 융합연구를 중심으로-

이정환 (충북대학교 경영정보학과 조교수)

데이터사이언스 관점의 융합 R&D 특성 분석과 성과예측 모형 연구

CONTENTS

- 01 편집자 주
- 03 PEST-SWOT-AHP 방법론을 활용한 융합연구
활성화 방안에 관한 연구
-ICT 융합연구를 중심으로-
- 45 데이터사이언스 관점의 융합 R&D 특성 분석과
성과예측 모형 연구



융합연구리뷰 | Convergence Research Review
2019 November vol.5 no.11

발행일 2019년 11월 4일

발행인 김주선

편집인 최수영·권영만

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

Tel. 02-958-4980 | <http://crpc.kist.re.kr>



PEST-SWOT-AHP 방법론을 활용한 융합연구 활성화 방안에 관한 연구: ICT 융합연구를 중심으로

정보통신(ICT)기술의 발달과 패러다임의 변화에 따라 전 세계는 사회·환경·정치 등 여러 방면의 급격한 혁신이 가속화되고 있다. 특히 혁신의 뒷받침이 되는 기술의 발전에 따라 이전에는 존재하지 않았던 새로운 비즈니스와 연구가 창출되고 있다. 여러 분야에서 사용되고 있는 기술들이 융합되어 새로운 기술과 가치를 창출하며 이전에 뚜렷이 구분되던 기술 및 상품들의 기능이 결합되며 산업 간의 경계가 흐려지고 있다.

이에, 본 호 1부에서는 과학기술 분야 중 융합이 가장 활발히 일어나고 있으며 영향력이 큰 ICT 분야를 중심으로 융합연구 활성화 방안을 모색하고자 하였다. 국내외 정책사례 분석을 PEST-SWOT-AHP 방법론을 활용·분석하여 '미래지향적 ICT 융합연구 기획', 'ICT 융합연구 생태계 네트워크 구축'과 같은 증거기반 ICT 융합연구 활성화 방안을 제언하였다.

본 호를 통해 '융합연구를 활성화하기 위한 지원 정책은 무엇인가?'에 대한 고찰과 함께 우리나라의 ICT 융합연구 환경을 다방면에서 분석하고 SWOT 요인에 대한 중요도를 분석하였다. 저자가 주장하였듯 우리나라 "고유의 ICT 융합연구 활성화 방안 및 전략"이 도출되어 세계 1위 ICT 강국의 위상을 유지함과 동시에 우리나라만의 전략이 타 국가의 벤치마킹 사례가 될 수 있기를 기대해본다.

데이터사이언스 관점의 융합 R&D 특성 분석과 성과예측 모형 연구

글로벌 선진국들은 데이터가 막대한 가치를 창출하는 핵심자원임을 인식하고 데이터 주도의 혁신을 도모하고 있다. 우리나라 역시 데이터 산업을 국가 미래 혁신 성장의 하나로 보고, 정부 차원의 육성과 핵심기술 개발을 지원할 계획이다. 다량의 데이터 수집과 저장에 필요한 지식(통계학, 데이터 마이닝, 머신러닝 등)을 기반으로 패턴을 찾아내고, 통계적 추정, 예측 모델링을 통해 필요한 정보를 시각화하는 데이터 사이언스(Data Science)는 다분야 융합과학이라고 할 수 있다.

이에, 본 호 2부에서는 데이터 사이언스 관점에서 국가 R&D 데이터를 분석하고, 특히 융합 R&D의 숨겨진 새로운 가치발굴과 성과 향상 방안을 찾아보고자 하였다. 본 연구를 위해 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 수집한 2017년 국가 R&D 데이터에 논문, 특허 필드를 추가하여 과제번호를 중심으로 한 개의 분석 파일을 만들고, 텍스트 마이닝, 네트워크 분석, 신경망 분석을 사용해 결과를 도출하였다.

본 호를 통해 '데이터 주도의 혁신 시대'를 이끌어갈 수 있는 경쟁력에 대해 고민을 해볼 수 있는 계기가 되기를 바라며, 이러한 데이터 기반의 분석을 통해 특히 융합연구 정책과 연구현장의 시각 차이가 좁혀지기를 기대해본다.



융합연구리뷰

Convergence Research Review 2019 November vol.5 no.11



01

PEST-SWOT-AHP 방법론을 활용한 융합연구 활성화 방안에 관한 연구 -ICT 융합연구를 중심으로-

김한성(성균관대학교 행정학 박사과정생)

I 서론

정보통신기술(ICT : Information Communication Technology, 이하 ICT)의 발달과 시대 패러다임의 변화에 따라 전 세계는 사회·환경·정치 등 여러 방면의 급격한 혁신이 가속화되고 있다. 기술적으로 스마트 기술인 ICBMS(IoT · Cloud · Bigdata · Mobile · Security)에 인공지능이 결합되며 개인, 기업, 국가 모든 분야가 초연결화되고 융합형 신 비즈니스가 창출되는 등 제4차 산업혁명이 전개되고 있다. 또한 여러 분야에서 사용되고 있는 기술들이 융합되어 새로운 기술과 가치를 창출하며 이전에 뚜렷이 구분되던 기술 및 상품들의 기능이 결합되며 산업 간의 경계가 흐려지고 있다(Hacklin, 2005; Pennings & Puranam, 2001; 강지희 외, 2014).

제4차 산업혁명은 지능화 된 기술을 활용하여 생산성이 고도로 향상되고 산업구조의 근본이 급격히 변하는 것을 의미한다. 또한 미래변화의 핵심은 기존 지식과 산업의 융합과 초연결화라 할 수 있으며 향후 50년간 우리사회를 변화시킬 트렌드는 총 9개 분야로 “과학기술의 영향력 확대, 국제적 저성장의 심화, 지구온난화 심화, 고령화의 진전, 계층 간 격차 심화, 환경의 질 악화, 한반도 평화정착, 신흥국 부상에 의한 경제” 등이라 할 수 있다(최문정 외, 2019). 산업기술진흥협회(2018)의 R&D부문 키워드 분석결과에 따르면 2030년 미래를 변화시킬 가장 큰 이슈는 ‘인공지능과 블록체인 등 4차 산업혁명 관련기술 발전’이며 세부적인 주요 R&D는 AI기반 R&D, 융합 R&D가 중요하다고 나타났다. 이는 과학기술 발달로 인한 급격한 사회 변화를 대응하기 위해서는 선도적이고 미래지향적인 과학기술정책수립을 통한 융합연구 활성화가 중요해짐을 의미한다.

제4차 산업혁명 대응 및 과학기술 혁신은 국내외에서 중요한 정책과제로 인식되고 있다. 미국 · EU · 영국 등에서는 ICT와 기존 산업과 과학기술의 융합을 통해 제4차 산업혁명 대응전략을 수립하고 있다. 각국에서는 과학기술 분야를 육성하고 정부 및 연구기관 차원에서 융합기술수준을 제고하고자 공통적으로 산·학·연과의 협력 프로그램, 융합연구 플랫폼 구축, 지역경제 혁신 방안, 연구 네트워크 구축, 인재양성 등 다각적 차원의 정책을 수립 및 시행해 나가고 있다. 우리나라에서도 GDP대비 세계최고 수준의 R&D 예산을 투자하고 있으며, 지역별 혁신주체 양성과 함께 혁신클러스터를 조성하고 과학기술혁신 생태계를 구축해나가기 위한 다양한 정책을 수립해나가고 있다.

그러나 이러한 지원과 노력에도 불구하고 한국정보통신기술진흥센터(2017)의 제4차 산업혁명 주요 기술 수준 조사결과(미국, 유럽, 중국, 일본, 한국 비교)에 따르면 우리나라 주요 기술 수준은 기술 선진국에 비해 다소 미흡한 수준의 결과가 나타났다. 또한 국내외 융합정책 전문가들은 기술 중심의 사업기획, 관리체계 미흡, 연구협력 기반 미비와 함께 연구평가문제 등이 융합연구의 문제점이라 지적되고 있다(류성한, 2015). 이러한 결과는 과학기술 특성과 연구 조직 특성에 맞는 정책이 필요함을 알 수 있으며 혁신성과를 창출 할 수 있는 융합연구 생태계 구축이 시급하고, 제4차 산업혁명을 선도해 나갈 수 있는 기반을 조성해 나가야 함을 알 수 있다.

융합연구와 융합신기술의 급속한 발전은 국가의 생산성 및 경쟁력을 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다(Roco & Bainbridge, 2003). 연구자들은 학문 간 경계를 허물고 다양한 분야에서의 융합연구개발이 진행되고 있으며, 그 결과 새로운 혁신의 기회가 창출되며 신산업분야가 개발된다(Laband & Tollison 2000; Curran & Leker 2011). 또한 기술·산업간 융합은 국가의 새로운 성장 동력이 될 것이며 새로운 산업과 제품 및 서비스가 창출되어 경제성장에 중요한 수단이라 할 수 있다(박은영·곽동기, 2015).

융합 관련 선행연구를 살펴보면, 융합의 개념적 정의에 관한 연구(Katz, 1996; Duysters & Hagedoorn, 1997), 융합의 과정을 설명하는 연구(Arthur, 2009; Hacklin et al, 2009), 융합연구 유형 분류에 관한 연구(Lengwiler, 2006), 융합연구 영향요인에 관한 연구(경정운, 2012), 융합연구 사회적 효과에 관한 연구(이진석, 2016), 등이 진행되고 있으며 이밖에도 융합연구사업 특성에 관한 연구(이광호 외, 2013) 등의 선행연구가 존재한다. 선행연구에서는 융합에 대한 개념 논의와 융합연구 성공 요인, 융합연구 분류에 관한 연구가 진행되고 있지만 특정 과학기술 분야의 융합연구 활성화 방안을 위한 연구의 논의는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 과학기술 분야 중 융합이 가장 활발히 일어나고 있으며 영향력이 큰 ICT 분야를 중심으로 융합연구 활성화 방안을 모색하고자 한다. 또한 'ICT 융합연구를 활성화하기 위한 지원 정책은 무엇인가?'라는 연구 질문을 바탕으로 융합연구에 관한 선행연구 검토, 국내외 정책사례 분석을 통한 현황 분석과 함께 PEST-SWOT-AHP 방법론을 활용하여 증거기반 ICT 융합연구 활성화 방안을 제안하고자 한다.

II 이론적 논의

1. 융합의 개념 및 선행연구

융합이라는 용어는 Rosenberg(1963)가 처음 사용하였으며, 산업구조의 변화는 기술융합이 중요한 요인이라 주장하였다. 또한 기술관점에서 융합을 “기술적 문제들을 해결해 나가는 과정에서 일어나는 공동의 기술혁신”이라 정의 하였다. 이후 전기, 컴퓨터 및 의약 산업에서 발생하는 혁신 과정으로 기술융합이라는 용어가 사용되고 있으며(Katz, 1996 ; Duysters & Hagedoorn, 1997) 융합의 정의는 학자마다 다양한 관점으로 정의가 내려지고 있다.

미국의 국립과학재단(National Science Foundation: NSF, 이하 NSF)은 융합을 기술적 관점에서 “NBIC 기술 분야(NT, BT, IT, CS)의 기술 간 또는 기술 내 상승적 결합을 통해 인간의 수행능력을 향상시키는 기술”이라 정의하였다(Roco & Bainbridge, 2002). EU는 “미래의 유럽사회가 중장기적으로 해결해야 할 공통의 목표달성을 위해 서로에게 가능성을 열어주는 기술 및 지식체계”로 정의하였다(European Communities, & Nordmann, 2004). 우리나라에서는 국가융합기술발전 기본지침(2007)과 국가융합기술발전 기본계획(2008)을 수립하면서 “IT, BT, NT 등의 첨단 신기술간 상승적 결합을 통해 미래사회 및 국가 공통의 목표 달성을 위한 과학기술적 한계를 극복함으로써 경제와 사회의 변화를 주도하는 기술”이라 정의하였다. 다수의 연구자와 연구기관의 정의에 따르면 융합은 서로 다른 것들의 결합의 의미를 포함하고 있으며 기존 지식과 기술이 융합되어 새로운 가치를 창출해 나가는 점이 주요 특징이라 할 수 있다.

표 2. 융합의 단계

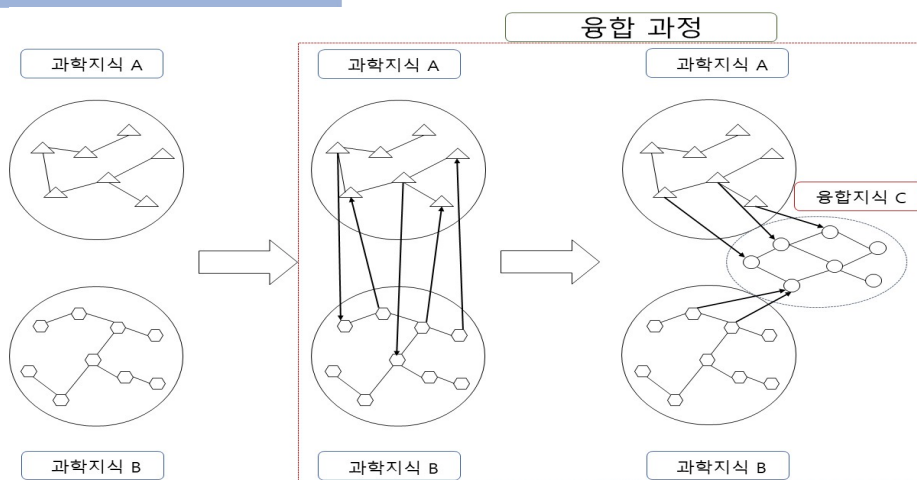
구분	정의 및 연속성
지식융합 (Knowledge Convergence)	• 이전에 관련이 없던 이종의 지식들이 새로운 지식의 출현으로 지식 경계가 흐려지는 현상
기술융합 (Technology Convergence)	• 지식융합현상을 기술혁신으로 변화되며 산업 내부에 새로운 지식융합이 이루어져 새로운 기술 발견
응용융합 (Application Convergence)	• 새로운 가치를 창조할 수 있는 기회를 의미, 기술융합이 응용융합으로 전환
산업융합 (Industry Convergence)	• 응용융합이 산업융합으로 전환되는 것으로 새로운 응용분야의 출현으로 인해 새로운 산업융합이 창출

(출처: Hacklin et al(2009), (저자일부수정))

Curran & Leker(2011)는 Hacklin et al(2009)의 주장과 같이 융합은 과학, 기술, 시장, 산업 등의 분야에서 융합이 이루어지고 과학적 지식차원의 융합을 기반으로 기술융합으로 발전되어 시장 및 산업융합으로 이어진다고 하였다.

이러한 기존 과학기술 융합은 신기술의 주요 원천이 되며 각 연구 패러다임에 따라 기존 과학 분야의 독립적 또는 개별적 연구개발에서 과학 분야의 지식 흐름을 통해 새로운 융합 분야 형성까지의 과정을 거치게 된다. 아래 <그림 1>과 같이 과학지식의 융합과정을 도식화 할 수 있다(Zhou et al, 2019).

그림 1. 과학지식의 융합과정



(출처: Zhou et al(2019))

한편으로 융합연구의 개념은 학자들의 관점에 따라 다양한 개념적 정의가 내려지고 있다. Corrocher et al(2003)는 융합연구란 “과학기술 분야들이 점진적인 발전을 통해 새로운 분야에 적용 가능한 신기술의 연구 분야로 생성되거나 동종 분야의 과학기술이 상호 결합하여 기술개발이나 연구 분야가 다양화 되는 현상”이라 정의하였다. 또한 Nystrom et al(2005)은 융합연구를 “과학기술 분야의 발전과정 속에서 다른 기술들이 상호 결합되어 새로운 형태로 창출되거나 발전되는 과정”이라고 설명하고 있다. 융합연구가 정의하고 있는 공통된 특징으로 융합연구란 “복합적인 연구문제의 해결을 위해 이질적인 학문분야 또는 전문지식의 배경을 갖고 있는 연구자들이 대화와 협력을 통해 다양한 지식과 정보를 융합함으로써 새로운 연구결과를 창출하게 되는 과정”이라 할 수 있다(Mohr & Spekman 1994; Shinn, 2006). 또한 연구 분야에서의 융합은 학제 간 연구(Interdisciplinary Research), 다학제 연구(Multidisciplinary Research), 초학제적 연구(Transdisciplinary Research) 등 유사하면서도 다른 의미의 개념들이 있으며, 연구 구성원의 커뮤니티, 관점, 연구방법론, 지식기반, 인식론 및 제도에 따라서 새로운 신용합학문으로 발전하게 된다(홍성욱, 2008).

우리나라의 과학기술기본법 제17조 4항에 따르면 융합연구개발은 “신기술 상호간, 신기술과 학문·문화·예술 및 산업 간의 융합”을 의미한다. 최근 과학기술정보통신부, KIST융합연구정책센터(2018)에서는 융합연구개발을 “융합(Convergence)을 통한 성과를 새로운 가치로 연결 및 확산(Divergence)하기 위하여 R&D 전 과정에 걸쳐 이루어지는 활동”이라 정의하였다.

그림 2. 융합연구개발 예



(출처: 과학기술정보통신부, KIST 융합연구정책센터(2018) (저자재구성))

융합연구는 다양한 분야의 전문가들이 하나의 공동목표를 수립 및 해결하기 위해 새로운 연구 활동이 융합되어 새로운 산업과 서비스 및 가치를 창출해나가는 과정이라 할 수 있다. 예를 들어 위 <그림 2>와 같이 생명, 정보, 나노 기술에 대한 기존 지식이 융합되고 바이오 인포매틱스, 유전체 분석, 뇌과학이 발전됨으로서 건강의료 산업이 발전되는 과정을 의미한다.

요약하자면 융합과 융합연구의 정의는 융합의 방법 및 목적에 따라 다양한 의미가 포함되어 정의되고 있으며 주요키워드는 기술, 혁신, 결합, 협력, 문제해결 등이라 할 수 있다. 따라서 현재의 융합연구는 과학, 인문, 기술, 문화 등과의 융합이 강조되는 개념으로 신기술간 또는 산업 간의 긍정적인 융합을 통해 새로운 가치를 창출하고 미래 경제와 사회·문화의 변화를 주도해나가는 연구라 이해 할 수 있다.

Lengwiler(2006)는 융합연구를 방법론적 융합(Methodological interdisciplinarity), 카리스마적 유형(Charismatic style), 경험적 유형(Heuristic style), 실용적 유형(Pragmatic style) 등 총 4가지 유형으로 구분하였다. 첫째, 방법론적 융합(Methodological interdisciplinarity)은 연구조직과 연구원이 연구 협력을 활발하게 할 수 있는 제도 및 환경이 마련되어 있으며 안정적으로 연구 분야가 융합되는 점이 공식화 되어 있는 유형이다. 둘째, 카리스마적 유형(Charismatic style)은 개별 연구자들의 융합연구에 대한 인식은 높은 수준이나 비공식적 네트워크를 통해 융합연구가 실시되는 유형을 의미하며 개별 연구자들의 인식이 중요한 유형이다. 셋째, 경험적 유형(Heuristic style)은 카리스마적 유형과 반대로 연구자들의 인식은 낮은 수준이며 조직차원의 프로젝트 차원에서 융합연구가 이루어지는 것을 의미한다. 넷째, 실용적 유형(Pragmatic style)은 조직적 구조, 연구자의 인식 수준이 미흡한 상황에서 융합의 정도가 가장 낮은 유형을 의미한다.

이광호 외(2013)는 융합연구에 대한 위험요소와 주요요인을 연구자 개인차원과 연구조직 차원으로 구분하여 설명하였으며 각 요소 및 요인은 아래 <표 3>과 같다.

표 3. 융합연구의 위험요소 및 주요요인

구분	위험요소	주요요인
연구자 개인 차원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 연구목적 달성의 불확실성 2. 개인 연구 성과 창출의 불확실성 3. 경력 관리의 불확실성 4. 개인 연구업적 평가 시 불이익 5. 기존 네트워크와의 단절성 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 연구 자체의 불확실성 2. 기관의 연구비 배분 구조 3. 기관의 개인 연구평가 시스템 4. 조직 내에서의 연구자 위상 변화 5. 새로운 연구에 따른 기회비용 발생
연구조직 차원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 연구목적 달성의 불확실성 2. 조직 연구 성과 창출의 불확실성 3. 후속 연구과제 불확실성(진행, 발굴) 4. 연구재원 확보의 어려움 5. 기관 내에서 불확실한 조직 위상 6. 창출된 연구 성과의 외부 확산 한계 7. 국내외 유사 조직과의 경쟁 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 조직 미래의 불확실성 2. 서로 다른 전공자 간 실질적 협력연구 어려움 3. 조직 리더의 리더십 부재 4. 연구 성과의 공정한 분배 어려움 5. 기관의 연구조직 평가 시스템 6. 정부R&D사업의 선정 및 수행 평가 시스템 7. 연구 성과가 활용되는 시장의 미성숙

(출처: 이광호 외(2013))

이공래·성태경(2009)은 융합기술 지원 정책 중 제도적 차원과 정책개발의 추진은 미흡한 수준이라 지적하며 융합기술 활성화를 위해서는 융합기술 혁신 환경이 조성되어야 함을 언급하였다.

경정운(2012)은 효과적인 융합 연구 관리방안을 수립하기 위하여 융합R&D 경험이 있는 연구 책임자를 대상으로 정부의 역할이 융합R&D효과에 미치는 영향요인에 대한 실증분석 실시하였다. 실증분석결과, 융합R&D 효과를 창출하기 위한 정부역할의 수준이 대체로 미흡한 수준으로 나타나 융합R&D에 대한 중장기 계획 수립, 학문의 특성을 고려한 차별화된 정책이 필요하다고 주장하였다.

박은영·곽동기(2015)는 기술·산업간 융합은 국가의 새로운 성장 동력이 될 것이며 새로운 산업과 제품 및 서비스가 창출되어 경제성장에 중요한 수단이라고 언급하였다.

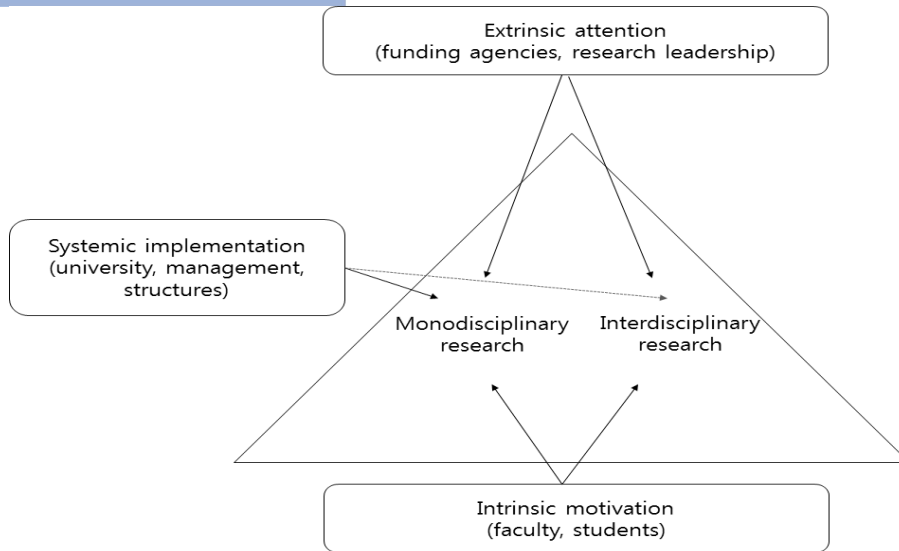
이진석(2016)은 정부의 융합기술 관련 정책 지원을 받는 186개 기업을 대상으로 설문조사를 실시하여 기술적 요인, 시장요인, 사업역량 요인, 재무적 요인이 기업성장에 어떠한 영향이 미치는지 실증분석을 실시하였다. 연구결과 기술적, 시장, 사업역량 요인은 기업성장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났지만 재무적 요인은 기업성장에 미치는 영향은 통계적으로 유의하지 않거나 부정적인 영향을 미치는 결과가 나타났다. 또한 연구결과를 바탕으로 융합연구의 수준을 높이기 위해서는 안정적인 재정 지원과 기술 상용화 지원, 지식재산권 지원 등이 필요하다고 주장하였다.

Campbell(2005)은 융합연구의 한계를 실행과정과 철학적 차원으로 구분하여 설명하였다. 첫째, 융합연구 실행의 한계부문은 융합연구를 통해 나오는 논문들은 새로운 방법론 및 데이터를 활용하기 때문에 이해하는

데 더 많은 시간이 소요되며 저널 선정이나 게재의 어려움이 있다고 하였다. 둘째, 철학적 한계는 사회과학자와 자연과학자의 문제 접근 방식이 다르며 연구자 간의 용어와 의사방식의 차이 때문에 상대 연구자의 지식기반을 제대로 이해하지 못하고 연구가 진행된다는 한계가 있어 연구자들은 다른 전공논문을 충분히 검토하고 이해할 시간이 필요하다고 주장하였다.

Rhoten(2004)은 융합연구의 한계점을 외적인 변화, 내적 동기부여, 구조적 실행 관점에서 설명하며 단일학문에서 융합연구가 진행될 때에는 이 세 가지 부분을 고려하여야 된다고 설명하였으며 이는 변화의 삼각형으로 표현할 수 있다. 융합연구 한계 중 가장 큰 한계는 융합연구에 적합하지 않은 상황에서 구조적으로 실행되는 점이라 할 수 있으며 세부 한계로 연구예산 부족, 융합연구에 대한 연구자들의 무관심, 연구 성과 보상시스템 부재 등이라 주장하였다.

그림 3. 융합연구 변화의 삼각형



(출처: Rhoten, D.(2004))

백연정(2016)은 융합연구자들과의 인터뷰를 통해 연구자 개인 간의 인지적 차이로 인한 의사소통의 어려움, 다른 학문분야에 대한 편견에 따른 협업 어려움, 연구 성과에 대한 제도의 한계가 존재하여 융합연구에 대한 동기부여 및 열정이 미흡하다고 설명하였다.

융합연구의 한계에도 불구하고 Wirsich et al(2016)의 연구에서는 기업과 대학 간의 융합연구를 통해

그림 4. 융합 엑셀러레이터 전체 구조

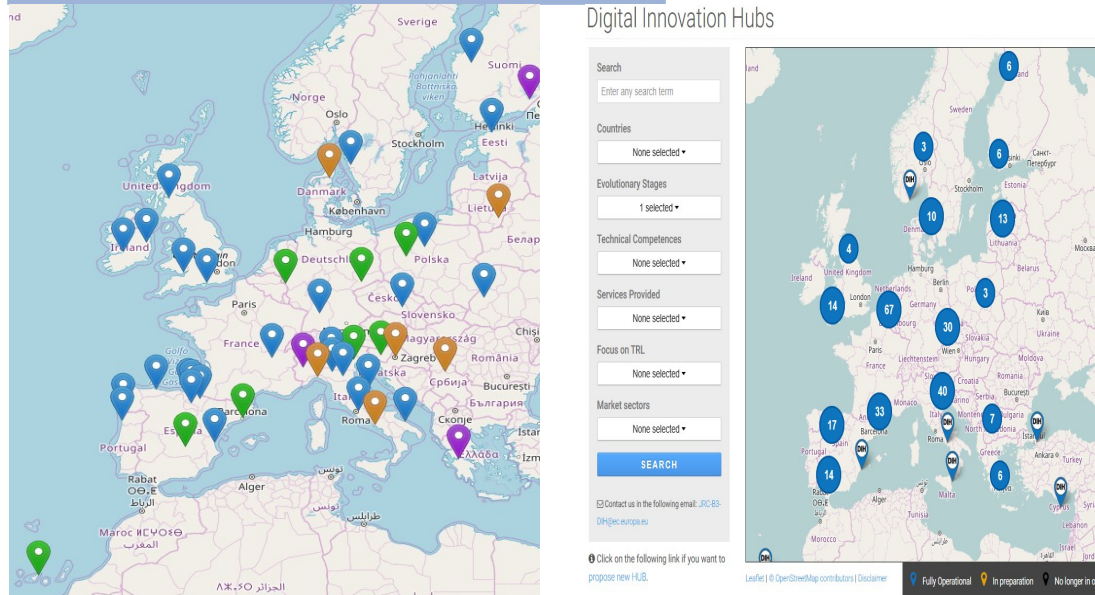


(출처: 박해경(2019) 재구성)

둘째, EU는 Horizon2020 계획을 통해 우수과학 인력양성 및 관련 인프라 조성, 첨단 과학 기술 산업 R&D 촉진, 사회문제 해결을 위한 R&D 투자를 통해 혁신적이고 안정적인 유럽사회를 구축하고자 한다. Horizon2020 프로그램은 연구·혁신 프로그램으로 유럽의 지도자 및 의회 의원들의 정치적 지원을 받고 있으며, 유럽 전역 및 세계 각국 연구자들에게 시제품 개발 및 시연, 해외 시장 진출 지원 등을 통해 사회적 혁신을 만들어 나가고 있다.

Horizon2020의 세부 프로그램으로 EU-디지털 이노베이션 허브 프로그램을 신설하여 산·학·연이 협력할 수 있는 융합연구협력 생태계를 구축해 나가고 있다. EU-디지털 이노베이션 허브는 CC(Competence Center)를 기반으로 다양한 공공 및 민간 이해관계자가 협력하여 지역적·글로벌 차원의 네트워크를 형성하고 있으며 1) HPC(High-performance computing), 2) AI(Artificial Intelligence), 3) Cyber Security, 4) Digital Skills 부문을 중점으로 유럽 연구 생태계를 구축하고 있다.

그림 6. I4MS 역량센터와 EU-디지털 이노베이션 현황



(출처: i4ms.eu)

셋째, 영국에서는 지난 2011년부터 산학협력을 통한 새로운 융합연구를 활성화하기 위해 Catapult 센터 프로그램을 시행하고 있다. Catapult 센터는 크고 작은 규모의 모든 비즈니스를 지원 및 육성하기 위한 연구 개발을 수행하고 전통적인 학술 연구의 상용화(사업화)를 지원하고자 설립되었다. 주요 업무로는 새로운 아이디어의 사업화 지원서비스, 신생기업의 단계의 위험 부담, 클러스터 및 네트워크 구축을 통한 지식공유 활성화 등이 있으며 이런 활동을 통해 기업, 연구자 등을 지원하고 있다. Catapult 센터의 주요특징은 산·학·연의 협업과 지식공유를 통해 연구 및 사업의 위험을 줄이고 융합연구를 통한 새로운 산업 및 제품·서비스를 개발해 나가고 있다는 점이며 주요 연구 분야는 1) 세포 유전자, 2) 컴파운드 반도체 어플리케이션, 3) 디지털, 4) 에너지 시스템, 5) 미래도시, 6) 고부가가치 제조, 7) 신약개발, 8) 해상 재생에너지, 9) 정밀의학, 10) 위성 등을 연구하고 있다.²⁾

Catapult 센터는 특정 연구 분야의 혁신을 추구하고 미래의 경제 성장을 이끌도록 설계된 연구네트워크라 할 수 있으며 기업, 과학자 및 엔지니어들이 연구개발을 위해 함께 일하는 물리적 센터로서, 잠재적인 아이디어를 통해 새로운 제품 및 서비스로 창출하고 국가경제성장의 원동력으로 발전하고 있다.

2) 본 내용은 Catapult 센터 홈페이지(<https://catapult.org.uk/>)를 참조하였다.

3. 국내 융합연구 정책사례

우리나라의 2019년 정부 R&D 투자규모는 20조원정도 수준이다. 정부는 제4차 과학기술기본계획과 국가 중장기 R&D 정책을 중심으로 중장기 R&D 투자전략을 수립하여 제4차 산업혁명 대응 및 혁신성장의 가속화, 국민 삶의 질 향상, 과학기술 혁신 역량을 제고하고자 다양한 노력을 기울이고 있다. 또한 연구현장에 국민의 목소리를 반영(시민 참여형 정책)하고 정부 R&D사업 발전을 통한 국민 삶의 질 향상을 정책목표로 투자계획이 수립되고 있다.



(출처: 과학기술정보통신부 2019년 2월 15일 보도자료, 저자 재정리)

중점 투자 분야 중 혁신생태계 관련 투자는 연구주체 혁신역량 강화, 인력성장 및 양성, 혁신기반 확대 분야로 구성되었으며 이를 통해 1) 혁신 성장의 추동력 제고, 2) 정부R&D투자에 사회적 가치 반영, 3) 정책과 예산의 유기적 연계성 강화, 4) 정부투자의 예측가능성을 확대하고자 한다(과학기술정보통신부, 2019).

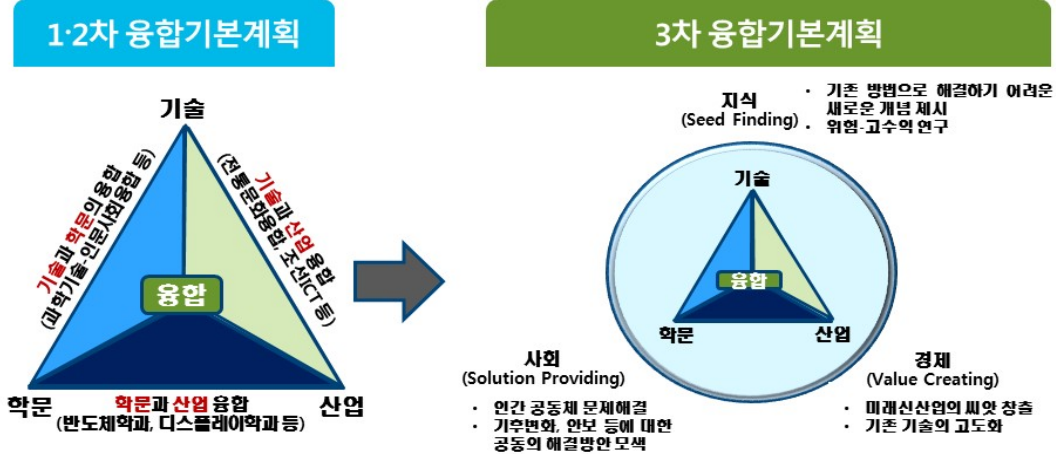
표 5. 정부R&D투자 기대효과

	As-Is	To-Be
혁신 성장	기술 확보, 사업화 지원 중심의 투자	혁신성장을 위한 패키지형 투자
사회적 가치	경제적 효율성·효과성 중심의 투자	삶의 질 향상, 공공성 확대 등 사회적 가치 반영
정책 연계	과학기술기본계획 중심의 포괄적 연계	과학기술기본계획-중장기투자전략 매칭 기반의 연계
투자 예측	중장기적 관점의 투자전략 필요	R&D투자 중장기적 예측가능성 확보

(출처: 과학기술정보통신부 2019년 2월 15일 보도자료)

규모 및 융합연구 관련 인력 및 조직이 증가하는 성과를 볼 수 있다. 그리고 시대 변화와 함께 단순히 학제 간의 융합연구가 아닌 사회 문제를 해결하기 위한 융합연구로 발전하기 위해 융합연구의 범위는 점차 확대되고 있으며 예산 규모도 증가해 나가고 있다(과학기술정보통신부, 융합연구정책센터, 2018).

그림 9. 융합연구 활성화 정책 변화



(출처: 과학기술정보통신부, 융합연구정책센터, 2018, 저자 재정리)

한편으로 국가과학기술연구회에서는 “국가·사회현안, 산업계 기술현안 해결, 원천·선도 기술 개발을 위해 소관 출연(연) 중심의 조직적 융합연구 추진연구”를 활성화하기 위한 많은 사업을 시행하고 있다. 구체적인 사업으로는 1) 융합연구단 사업, 2) 창의형 융합연구사업, 3) 선행융합연구사업, 4) 융합클러스터 사업 등이 있으며 각 사업은 출연(연) 소속의 연구자가 다른 기관의 연구자와 협력하여 융합연구를 진행하게 된다.

표 7. 국가과학기술연구회 융합연구지원 사업

구분	국가과학기술연구회 융합연구지원 사업
목적	· 국가·사회현안, 산업계 기술현안 해결, 원천·선도 기술 개발을 위해 소관 출연(연) 중심의 조직적 융합연구 추진
수행 내용	· 융합연구단 사업, 창의형 융합연구사업, 민군융합연구사업, 선행융합연구사업, 융합클러스터 사업
추진체계	· 출연(연) 연구자 중심의 연구비 지원 · 출연(연) 연구자 중심의 융합연구 주제 기획 · 출연(연) 간 개방형 연구 기획 체계 마련

(출처: 국가과학기술연구회 홈페이지 참고 저자 재정리)

III 연구 모형의 설계

1. 연구방법론(PEST-SWOT-AHP)

본 연구에서는 거시환경을 정치·정책적(Political), 경제적(Economic), 사회적(Social), 기술적(Technological) 사안으로 구분하여 현재 상황을 분석하는 PEST 분석(Lao & Jiang, 2009)과 전략수립에 필요한 환경을 강점(Strengths), 약점(Weaknesses), 기회(Opportunities), 위협(Threats)으로 분석하는 방법론인 SWOT 분석을 결합하여 최종적으로 각 사안 또는 요인의 중요도를 분석하는 AHP(Analytic Hierarchy Process, 이하 AHP) 분석을 활용하여 융합연구 활성화 전략을 제안하고자 한다.

PEST 분석은 어떤 산업과 기업의 내부와 외부 환경적 요인으로 분류하고 요인에 대한 긍정적, 부정적 요인으로 구분하여 거시환경을 분석하게 된다. 기존의 SWOT 분석과 방법론은 유사하며 PEST 요인을 구체화하여 SWOT 요인을 도출하게 되며 두 방법론의 연계는 도출된 요인을 객관화 시키는 장점과 긍정적 또는 부정적 요인을 구분하여 환경을 분석 할 수 있는 장점이 있다.

표 8. PEST 분석과 SWOT 분석의 결합

구분	SWOT 요인				
	내부 환경		외부환경		
	강점	약점	기회	위협	
PEST 구분	정치적	P-S	P-W	P-O	P-T
	경제적	E-S	E-W	E-O	E-T
	사회적	S-S	S-W	S-O	S-T
	기술적	T-S	T-W	T-O	T-T

(출처: 장한수 외(2012))

PEST 분석과 SWOT 분석에서 도출된 요인으로는 각 요인을 정성적으로 분석하여 요인에 대한 가치 및 중요도를 판단할 수 없는 한계가 존재한다(Kajanus et al., 2004). 그리고 주요요인들에 대한 가중치 또는 중요도를 계량화 할 수 있는 AHP 방법론을 결합하여 실증분석을 진행하고자 한다.

AHP 방법론은 전략 또는 중요요인에 대한 가중치를 계량화 할 수 있는 방법론으로 요인 간의 쌍대비교를 통해 의사결정에 참고할 수 있는 근거를 제시할 수 있는 분석 방법이라 할 수 있으며 시스템적 접근법과 주관적인 판단을 융합하여 문제를 해결하는 의사결정방법이다(Satty & Vargas 2001). AHP 방법론의 장점은 정량적·정성적 기준과 관계없이 비율척도를 사용하여 큰 범위에서 작은 범위로 분석이 진행되어 단순 쌍대비교를 통해 가중치의 산출이 가능하다는 점이다(Vargas, 1990). AHP 방법론의 분석 단계는 총 4단계로 진행되며 분석 방법론은 다음과 같다.

단계 1.

의사결정과 관련한 세부 요인과 계층구조를 설정하고 요소 개념의 규정, 질문방법 등 구조화 시키는 단계이다.

단계 2.

의사결정과 관련된 세부 요인과 계층화 된 요인을 쌍대비교 방법으로 데이터를 수집한다. 설문 척도는 인간이 동시에 비교 할 수 있는 척도가 7(±2)개이기 때문에 9점 척도로 각 요인의 중요도를 측정할 수 있다(Miller, 1956). 쌍대비교와 관련된 중요도 척도는 다음 <표 8>과 같다(Saaty & Vargas 1982).

표 9. AHP 쌍대비교 중요도 척도

번호	중요도	설명
①	동등하게 중요	비교 요소 간 중요도가 동일함
③	약간 중요	한 가지 요소가 다른 요소에 비해 약간 중요
⑤	중요	한 가지 요소가 다른 요소에 비해 강하게 중요
⑦	매우 중요	한 가지 요소가 다른 요소에 비해 매우 강하게 중요
⑨	극히 중요	한 가지 요소가 다른 요소에 비해 극히 중요
②,④,⑥,⑧	척도들의 중간 값	위 척도의 중간정도 중요도

(출처: Saaty & Vargas(2012))

$$A \cdot w = n \cdot w$$

(여기서 $w = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_n]$: 행렬 A 의 오른쪽 고유 벡터, n : 행렬 A 의 고유치)

A 를 근거로 w 를 추정해야 되며 A 와 관련한 각 요소의 가중치 w 를 알지 못한다고 할 때, 이와 같은 행렬을 A' 라고 하며 추정된 가중치 w' 는 아래의 식을 이용해 구할 수 있다.

$$A' \cdot w' = \lambda_{\max} \cdot w' \quad \text{여기서 } \lambda_{\max}: \text{행렬 } A' \text{의 최대 고유치}$$

λ_{\max} 는 항상 n 보다 크거나 같으며 λ_{\max} 의 값이 n 과 가까울수록 A 의 수치, 쌍대비교 행렬의 일관성이 확보되는 것으로 해석이 가능하다. 일관성은 일관성 지수(CI: consistency index) 및 일관성 비율(CR: consistency ratio)을 활용하여 검정한다(Saaty, 1990).

$$\text{일관성 지수(CI)} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

$$\text{일관성 비율(CR)} = (CI/RI) \times 100\%$$

이때 RI(random index)는 난수지수를 의미한다. 척도인 1부터 9까지의 정수를 임의적으로 추출, 역수행렬을 작성하여 일치지수를 구할 수 있다. 전문가 기준의 일관성 비율 10% 이내, 일반인 기준으로 20% 이내로 나타나면 각 요인의 중요도는 신뢰할 수 있다.

표 10. 난수표

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
난수지수	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

단계 4.

최종적으로 각 요인의 중요도에 대한 종합적 우선순위를 검증하기 위해 상대적인 가중치를 종합한다. 이 과정은 세부 요인의 최하위 요인의 종합 중요도 백터를 산출하여 최우선순위에 대한 중요도를 검증할 수 있다. 종합적인 중요도는 다음의 식으로 얻어진다(Zahedi 1986; 조근태, 조용곤, 강현수 2003).

$$C[1,k] = \prod_{i=2}^k B_i$$

$C[1,k]$: 첫 번째 계층에 관한 k 번째 계층요소의 종합가중치

B_i : 추정된 w 벡터를 구성하는 행을 포함한 $n_{i-1} \cdot n_i$ 행렬

n_i : i 번째 계층 요소의 수

이러한 분석과정을 바탕으로 PEST-SWOT 요인의 중요도를 산출할 수 있다. 또한 강점요인과 기회요인 중 중요도가 가장 높은 요인을 고려하여 SO(Strengths & Opportunities)전략, 강점요인과 위협요인을 고려한 ST(Strengths & Threats)전략, 약점요인과 기회 요인을 결합한 WO(Weaknesses & Opportunities)전략, 약점 요인과 위협요인의 중요도를 근거로 WT(Weaknesses & Threats)전략을 수립할 수 있다(Weihrich, 1982). 본 연구의 방법론 단계는 다음과 같다.

- 1단계 PEST 분석: ICT 융합연구 분야의 정치·정책적, 경제적, 사회적, 기술적 분야로 구분하여 주요 요인을 분석
- 2단계 SWOT 분석: PEST 요인에 대한 SWOT 분석을 실시하여 내부적 요인(강점, 약점), 외부적 요인(기회, 위협)으로 구분
- 3단계 PEST-SWOT-AHP 분석: 1, 2단계의 분석에서 도출된 세부요인에 대한 쌍대비교 실시하여 중요도 산출
- 4단계 전문가 집단 비교 분석 : 중요도 분석결과 비교와 함께 전문가 집단을 구분하여 우선순위 도출
- 5단계 전략도출 : 도출된 우선순위를 바탕으로 SO전략, ST전략, WO전략, WT전략 도출하여 ICT 융합연구 활성화 방안 제시

2. 연구모형 설정

본 연구에서는 우리나라의 융합연구 활성화 전략을 수립하고자 기존 선행연구와 IMD 세계경쟁력 지수, 국가과학기술혁신역량평가 등을 바탕으로 PEST-SWOT 요인을 선별하였다. 또한 앞장에서 언급하였듯이 융합연구 분야를 ICT 융합분야로 한정하여 각 요인들을 도출하였다. 도출된 요인을 정리하면 다음 <표 11>과 같다.

표 11. ICT 융합연구 PEST, SWOT 요인 도출

내부	긍정적 요인	부정적 요인
정책적 요인 (Political)	<ul style="list-style-type: none"> 중장기적 융합연구 활성화 계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 융합연구의 막연한 목표설정 융합연구 지속가능성 부재
경제적 요인 (Economic)	<ul style="list-style-type: none"> 융합기술 투자규모 증가 높은 R&D 투자 현황 	<ul style="list-style-type: none"> 융합연구 재정지원 불확실성
사회적 요인 (Social)	-	<ul style="list-style-type: none"> 양질의 ICT 인력 부족 기업 간 협력 미흡 국제 협력 미흡
기술적 요인 (Technological)	<ul style="list-style-type: none"> 융합관련 성과의 지속적 증가 ICT 인프라 및 하드웨어 부분에서의 강점 보유 	<ul style="list-style-type: none"> 융합연구의 성과(사업화) 창출과 논문 수 미흡 융합연구 기술 수준 미흡
SWOT	강점	약점

외부	긍정적 요인	부정적 요인
정책적 요인 (Political)	<ul style="list-style-type: none"> 벤처투자 생태계 조성을 위한 정부 지원의 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 융합 R&D를 위한 법적 제도적 한계 노출 원활한 융합 활동을 위한 부처 간 연계 미흡 ICT와 타 산업간 융합을 위한 제도적 기반 부재
경제적 요인 (Economic)	<ul style="list-style-type: none"> ICT 소프트웨어와 정보통신·기타 정보서비스업의 부가가치 증가 추세 	<ul style="list-style-type: none"> 소프트웨어 산업의 국제경쟁력 부재 HW, SW, 서비스 부문의 생산 대비 부가가치 비중 감소 소프트웨어를 중심으로 한 ICT 서비스업 분야에 대한 낮은 투자
사회적 요인 (Social)	<ul style="list-style-type: none"> ICT 제품 및 서비스의 국경 간 교류 전 산업에서 인터넷 기반 ICT 융합의 확산 	<ul style="list-style-type: none"> ICT 산업에서 대형 사업자와 소형 협력사 간 불공정 거래 관행 국가 성장을 하락 및 과도한 ICT 산업 의존도 ICT 산업의 경쟁 심화
기술적 요인 (Technological)	<ul style="list-style-type: none"> ICT 기술 및 서비스의 확산의 확산 및 시장의 증가 첨단기술제품 수출의 증가 	<ul style="list-style-type: none"> ICT 콘텐츠 및 소프트웨어 부분에서 취약한 경쟁력 디바이스 산업에서의 낮은 수준의 지적재산권활동
SWOT	기회	위협

선별된 PEST, SWOT요인을 살펴보면 먼저 정책적 요인을 통해 우리나라에서도 중장기적 관점에서 융합연구 활성화 정책을 지원해오고 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 ICT 벤처기업에 대한 투자는 점차 증가하고 있으나 연구조직 내부에서는 융합연구에 대한 기획 부재와 융합연구 지속성에 대한 문제가 있다는 점을 알 수 있으며 융합연구의 활성화를 위한 법·제도적 부문에 대한 지원이 미흡하다는 점을 알 수 있다. 경제적 요인에서는 정부의 높은 R&D 투자로 인한 융합기술에 대한 투자규모 증가, ICT 산업의 부가가치 증가 추세를 보이고 있는 것을 알 수 있으나 외부적으로 ICT 융합기술과 국내 과학기술의 국제 경쟁력이 미흡하다는 점을 볼 수 있다. 사회적 요인을 바탕으로 전 산업에서 ICT 융합은 이루어지고 있으나 ICT 융합기술을 개발할 수 있는 인력의 부재, 기술 수준의 미흡, 연구관계자와의 협력 부재, ICT 산업의 경쟁의 심화 등 사회 환경적 차원의 현재 상황을 알 수 있다. 기술적 요인에서는 ICT 융합 관련 기술 관련성과는 증가하고 있지만 국제 기술수준과의 비교에서는 다소 미흡한 기술 수준을 보이고 있으며 융합기술을 통한 성과창출과 지적재산권의 보호가 제대로 이루어지지 못하고 있음을 알 수 있다.

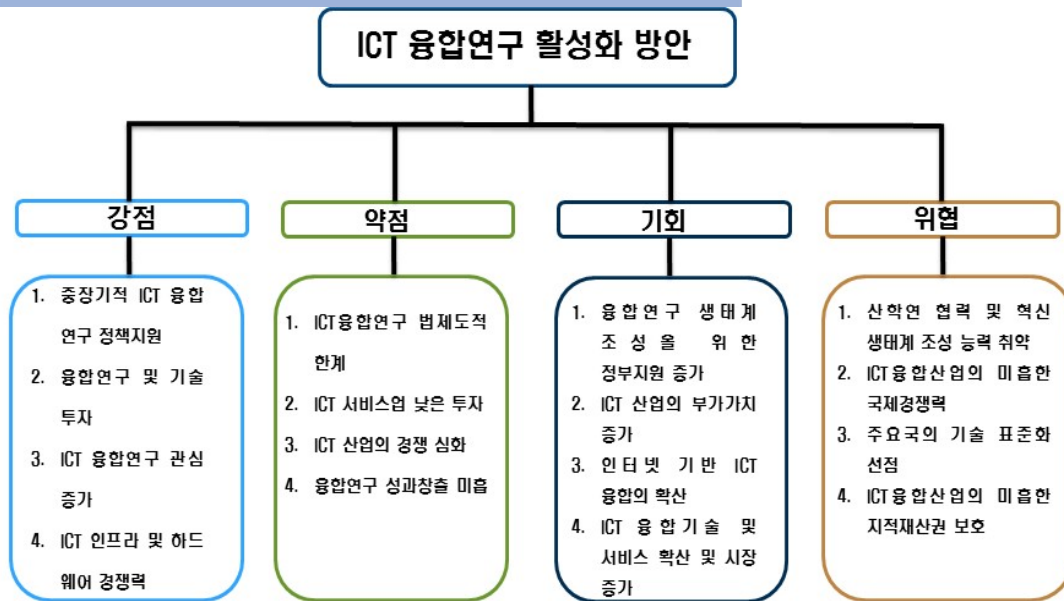
표 12. 최종 ICT 융합연구 PEST, SWOT 요인

구분	강점	약점	기회	위협
정책적 요인 (Political)	중장기적 ICT 융합연구 정책지원	ICT 융합연구 관련 법·제도적 한계	융합연구생태계 조성을 위한 정부 지원의 증가	산학연 협력 및 혁신 생태계 조성 능력 취약
경제적 요인 (Economic)	융합연구 및 기술 투자규모 증가	ICT 서비스업분야 낮은 투자	ICT 소프트웨어와 정보통신, 기타 정보서비스업의 부가가치 증가	ICT 융합산업의 미흡한 국제경쟁력
사회적 요인 (Social)	ICT 융합연구 관심의 지속적 증가	ICT 산업의 경쟁 심화	전 산업에서 인터넷 기반 ICT 융합의 확산	주요국의 기술 표준화 선점
기술적 요인 (Technological)	ICT 인프라 및 하드웨어 부분의 경쟁력	융합연구 성과 창출과 논문 수 미흡	ICT 융합기술 및 서비스 확산 및 시장증가	ICT 융합산업의 미흡한 지적재산권 보호

본 연구에서는 <표 12>에서 선별된 요인들의 신뢰성 제고를 위해 ICT 융합관련 전문가(학계, 연구기관 전문가)에게 검토 및 인터뷰를 통해 중복되는 요인을 취합하고 삭제하여 구체화된 요인을 추가하였다. 인터뷰는 ICT 융합관련 전문가(학계 3인, ICT 관련 연구기관 전문가 5인)를 대상으로 실시하였으며 ICT 융합연구 활성화를 위해 필요한 역량은 무엇인가? ICT 융합연구 활성화를 위한 강점, 약점, 기회, 위협 요인은 무엇인가?

등의 질문을 통해 ICT 융합연구와 관련된 PEST, SWOT 주요 요인을 선정하고 최종적으로 <표 12>처럼 ICT 융합연구 분야의 PEST-SWOT 요인을 도출하였다. 다음 <그림 10>은 ICT 융합연구 활성화 방안을 수립하기 위한 계층분석 구조와 연구모형을 의미한다.

그림 10. ICT 융합연구 활성화 방안 PEST-SWOT 계층구조도



2) 조사 도구

본 연구의 실증분석을 위해 <그림 10> ICT 융합연구 활성화 방안 PEST-SWOT 계층구조도 세부 요인을 중심으로 설문지를 구성하였다. AHP 설문지의 구성은 Satty(1980)가 제안한 1-9점 척도가 가장 많이 활용되고 있다. 따라서 Satty(1980)가 제안한 쌍대비교 방법인 1~9점 척도를 활용하여 설문지를 구성하였으며, 회수된 설문지 35부의 데이터를 EXCEL 프로그램을 활용하여 실증분석을 진행하였다.

3) PEST-SWOT-AHP 분석결과

본 연구에서 실시된 PEST-SWOT-AHP 실증분석 결과는 아래 <표 15>와 같다. 분석결과에서는 ICT 융합연구 활성화 방안을 마련하기 위한 SWOT 차원과 세부요인의 중요도와 우선순위를 보여주고 있다. 각 단계 분석에서 신뢰도를 측정하는 지표인 CI값은 모두 0.1 이하의 값을 나타내 중요도의 신뢰도는 확보할 수 있었다.

첫째, SWOT 레벨에서의 중요도 산출 결과는 강점 0.357, 약점 0.271, 기회 0.256, 위협 0.115로 순으로 최종 결과가 나타났다. 이러한 결과는 ICT 융합연구 활성화 방안을 마련하기 위해서는 강점이 35.7% 중요하고 약점이 27.1%, 기회 25.6%, 위협 11.5%가 중요하다고 설명할 수 있다.

둘째, 강점요인의 세부요인은 ‘중장기적 ICT 융합연구 정책지원 40.8%’, ‘융합연구 및 기술 투자 규모 증가 27.4%’가 나타나 ICT 융합연구 활성화를 위해서는 중장기적 관점의 ICT 융합연구 정책 마련과 경제적 지원이 필요함을 알 수 있다. 약점 요인의 분석결과에서는 ‘ICT 융합연구 관련 법·제도적 한계 29.9%’, ‘ICT 서비스업 분야 낮은 투자 24.6%’, ‘융합연구 성과 창출과 논문 수 미흡 24.6%’ 순으로 나타났다. 기회 요인의 분석결과에서는 ‘융합연구생태계 조성을 위한 정부 지원의 증가 38.2%’, ‘ICT 융합기술 및 서비스 확산과 시장증가 24.3%’ 수준의 중요도가 산출되었다. 위협요인에서는 ‘산학연 협력 및 혁신 생태계 조성 능력 취약 57.4%’, ‘주요국의 기술 표준화 선점 16.2%’ 순으로 각 요인의 중요도가 나타났다.

셋째, 각 세부요인의 종합 중요도 분석결과에서는 강점요인의 세부요인인 ‘중장기적 ICT 융합연구 정책지원 14.6%’, ‘융합연구 및 기술 투자 규모 증가 9.8%’ 기회 요인의 세부요인인 ‘융합연구생태계 조성을 위한 정부 지원의 증가 9.8%’ 순으로 중요도가 나타났다. 이러한 실증분석 결과를 바탕으로 ICT 융합연구 활성화 방안을 SO 전략, ST 전략, WO 전략, WT 전략으로 제언하고자 한다.

표 14. PEST-SWOT-AHP 상대적 중요도 분석 결과

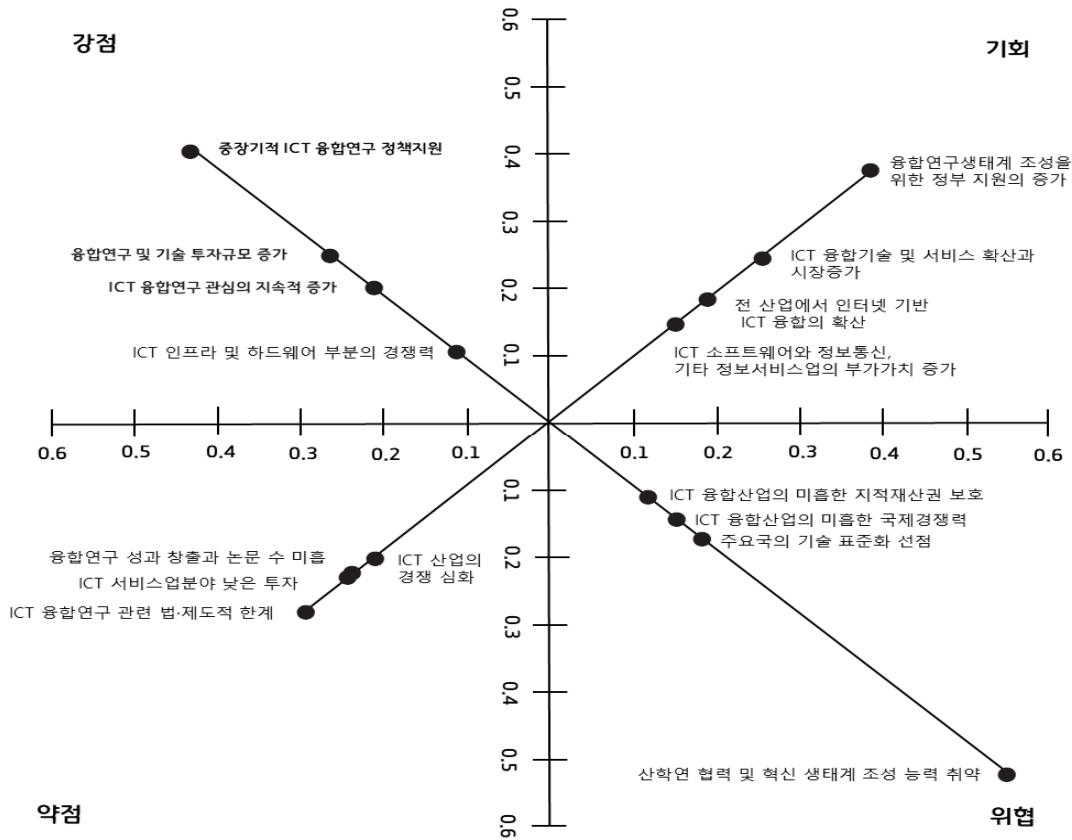
구분	중요도	세부요인	요인 내 중요도	순위	최종 중요도	순위
강점	0.357	중장기적 ICT 융합연구 정책지원	0.408	1	0.146	1
		융합연구 및 기술 투자 규모 증가	0.274	2	0.098	2
		ICT 융합연구 관심의 지속적 증가	0.206	3	0.074	5
		ICT 인프라 및 하드웨어 부분의 경쟁력	0.113	4	0.040	13
약점	0.271	ICT 융합연구 관련 법·제도적 한계	0.299	1	0.081	4
		ICT 서비스업 분야 낮은 투자	0.246	2	0.067	6
		ICT 산업의 경쟁 심화	0.209	4	0.057	10
		융합연구 성과 창출과 논문 수 미흡	0.246	2	0.067	7
기회	0.256	융합연구생태계 조성을 위한 정부 지원의 증가	0.382	1	0.098	3
		ICT 소프트웨어와 정보통신, 기타 정보서비스업의 부가가치 증가	0.180	4	0.046	12
		전 산업에서 인터넷 기반 ICT 융합의 확산	0.195	3	0.050	11
		ICT 융합기술 및 서비스 확산과 시장증가	0.243	2	0.062	9
위협	0.115	산학연 협력 및 혁신 생태계 조성 능력 취약	0.574	1	0.066	8
		ICT 융합산업의 미흡한 국제경쟁력	0.156	3	0.018	15
		주요국의 기술 표준화 선점	0.162	2	0.019	14
		ICT 융합산업의 미흡한 지적재산권 보호	0.108	4	0.012	16

2. ICT 융합연구 활성화 방안

1) ICT 융합연구 활성화 방안 전략

PEST-SWOT-AHP 상대적 중요도 분석결과를 강점, 약점, 기회, 위협으로 4 사분면으로 구분하여 다음 <그림 11>과 같이 중요도에 대한 지각도를 구성할 수 있다. PEST-SWOT-AHP 실증분석 결과를 바탕으로 ICT 융합연구 활성화 방안을 제시하자면 다음과 같다.

그림 11. ICT 융합연구 활성화 방안 PEST-SWOT 분석결과 지각도



(1) SO 전략: 미래지향적 ICT 융합연구 기획

강점요인과 기회 요인에서 가장 중요도가 높은 요인은 '중장기적 ICT 융합연구 정책지원', '융합연구생태계 조성을 위한 정부 지원의 증가' 요인이다. 정부에서는 지난 10년간 융합연구의 수준을 제고하고 융합연구의 활성화를 위해 다양한 정책을 수립해오고 있으나 본 연구에서 도출된 강점, 기회 요인을 극대화 시킬 수 있는 정책으로 '미래지향적 ICT 융합연구 기획 전략'을 제언할 수 있다. 과거 R&D 기획체계는 Top-Down, 모방·추격형, 폐쇄형, 단일분야 연구기획 형태였지만 불확실한 미래를 대응하고 선도하기 위해서는 미래지향적 융합연구 기획이 필요하다. 따라서 우리나라가 융합연구를 선도할 수 있는 연구기획이 시급하며 융합시대의 철학, 연구방식의 변화, 연구정보시스템 개선을 통해 미래사회 문제를 해결할 수 있는 정보 및 문제 수집, 트렌드 분석, 빅데이터 분석 등을 통해 새로운 문제와 아이디어를 발굴하여 미래지향적 증거기반의 ICT 융합연구가 기획되어야 한다. 또한, 미래지향적 ICT 융합연구 기획을 위해서는 연구관계자들의 융합연구 관심 분야, 목적, 가치가 공유될 수 있는 연구기획이 필요하다.

(2) ST 전략: ICT 융합연구 생태계 네트워크 구축

강점요인과 위협요인에서 가장 중요도가 높은 요인은 '중장기적 ICT 융합연구 정책지원', '산학연 협력 및 혁신 생태계 조성 능력 취약' 요인으로 나타났다. 분석 결과의 강점요인을 강화하고 위협요인을 보완하기 위해서는 ICT 융합연구 생태계 네트워크 구축이 필요하다 할 수 있다. 주요 선진국의 사례에서는 혁신 관점에서 산·학·연과 협업 연구 체계를 구성하여 융합연구 생태계를 구축해 나가고 있다. 선진국의 융합연구 생태계 또는 혁신 생태계에서는 연구 참여자의 협력, 연구 자율성, 도전적 연구, 연구 성과 관리, 연구 특성에 따른 역할 분담 등을 통해 혁신성고가 창출되는 점을 볼 수 있다. 따라서 ICT 융합연구 생태계 네트워크 구축을 위해서는 단순히 동일분야 내에서의 연구협력이 아닌 다양한 시각에서 문제를 해결하기 위한 인문·사회·과학·공학 등 전방위적 문제 중심의 유기적 연계가 이루어져야 함을 알 수 있다. 즉, 단발성의 연구과제 수행을 위한 교류가 아닌 지속적이고 자발적인 협력의 유도가 중요하며, 형성된 네트워크를 기반으로 지식공유가 이루어지며, 우수한 연구 조직 발굴 및 육성을 할 수 있는 융합연구 네트워크가 구축되어야 한다.

(3) WO 전략: 리빙랩을 통한 ICT 융합연구 관련 법·제도 개선

IMD의 국가 경쟁력 분석 중 우리나라 과학 인프라 요인의 세부 분석 결과에 따르면 연구 인력과 연구지원 규모는 상위권으로 평가되었지만 과학 연구관련 법률의 혁신 지원, 지적재산권의 보호, 산·학간의 지식 전달

수준은 중하위권의 수준으로 평가되었다(IMD, 2019). 본 연구의 분석에서는 약점요인과 기회요인에서 가장 중요도가 높은 요인은 'ICT 융합연구 관련 법·제도적 한계', '융합연구생태계 조성을 위한 정부 지원의 증가' 요인으로 나타났다. 국가경쟁력 제고 및 융합연구를 활성화하기 위해서는 법·제도 개선이 시급하다 할 수 있다. 현재 우리나라에서는 규제샌드박스³⁾를 통해 융합기술 및 융합산업에 대한 법·제도적 지원을 하고 있다. 그러나 ICT 융합기술 개발 및 실증과정에서 발생하는 제도적 한계와 기술 상용화 과정에서의 발생할 수 있는 다양한 문제와 법적 한계는 완전히 보완 될 수 없으므로 융합연구자 중심에서 문제를 보완 할 수 있는 리빙랩 방식을 활용한 연구관련 법·제도 개선이 필요하다. 리빙랩은 “사용자가 직접 나서 문제를 해결해 나가는 사용자 참여형 혁신 공간”을 의미하며 대안 탐색, 대안 실험, 대안평가의 과정으로 수행된다(송위진 외, 2016). 따라서 융합연구 관련 리빙랩 업무를 수행할 수 있는 법·제도 전문가, 융합기술 전문가 등을 포함한 전문 조직을 구성하고 연구기획단계에서는 융합연구과정중에 발생할 수 있는 문제를 사전 검토하고 연구과정, 기술 사업화 과정에서의 문제점들을 발굴하여 선도적으로 법·제도를 개선해 나가야 한다. 또한 연구 행정 부문에서 지적되고 있는 각 부처마다 상이한 연구 평가방식과 행정시스템 등을 보완해 나가야 한다.

(4) WT 전략: ICT 융합기술 사업화 및 지적재산권(특허) 지원 플랫폼 구축

제4차 산업혁명을 선도해나가기 위해서는 융합신기술 창출과 사업화·제품화 과정의 전략적 지원이 필요하다. 약점요인과 위협요인에서 가장 중요도가 높은 요인은 'ICT 융합연구 관련 법·제도적 한계', '산학연 협력 및 혁신 생태계 조성 능력 취약' 요인으로 나타났다.

“융합연구의 성공을 위해서는 기술이 사업화로 이전되어야 하지만 인력과 과제 정보 등이 없어 연구 진행의 어려움이 있습니다.”

“우리나라의 ICT 융합연구생태계는 산업 또는 학계 간의 협력 기반이 너무 미흡하고 기술의 실증과 시험인증의 한계가 있다고 생각합니다.”

“현재까지의 R&D는 기술개발로 끝이 나고 있는데 융합연구의 결과물이 현장에서 확산되는 것이 중요하다.”

“정부의 지원을 받고 있지만 형식적인 지원이라는 느낌이 들며, 법률, 회계, 기술 실증인증에는 아무런 도움이 안 되고 있음.”

3) “신기술 서비스가 기존 법령의 미비나 불합리한 규제에도 국민의 생명과 안전에 저해되지 않을 경우, 실증(실증특례) 또는 시장 출시(임시허가)를 지원하는 제도”로 정보통신융합법, 산업융합촉진법, 지역특구법, 금융혁신법, 행정규제기본법의 재·개정으로 도입되었다.

위 내용은 실증분석을 위한 전문가의 의견 중 일부이며 정부는 융합연구에 대한 경제적·법·제도적 지원을 해나가고 있지만 이러한 분석 결과는 ICT 융합연구를 진행하는 외부 연구 인프라와 연구 환경의 미흡을 의미한다. 현재 우리나라의 연구정보 플랫폼은 연구자 정보, 연구과제 정보, R&D 정책 동향 등의 정보를 제공하고 있다. 그러나 기술 사업화 지원에 대한 정보, 지적재산권(특허)에 대한 정보는 각 기관 별로 제공하고 있어 관련 정보 획득의 어려움이 존재한다. 또한 2017년 기준, 과학기술정보통신부가 보유한 특허는 4만 1,792개이며 보유특허 중 1만 4011개(33.5%)의 특허만 활용되고 있어 연구 성과가 제대로 활용되고 있지 못한 실정이다.

따라서 융합연구정보의 체계적 관리·활용을 위한 국가차원의 연구기반정보와 과학기술정보 및 사업화, 지적재산권 관련 종합서비스 제공할 수 있는 융합연구 플랫폼 구축이 필요하다. 이러한 플랫폼에 구축되어야 할 정보는 우선적으로 융합연구자의 현황, 융합연구 관련 통계분석정보, 기술 사업화에 대한 정보, 지적재산권에 대한 정보 등이라 할 수 있으며 정량적 데이터를 근거로 정보가 제공되어야 한다. 또한 융합연구 성과의 공동 활용 및 후속연구·사업화를 지원할 수 있는 정보를 제공하여 융합연구를 활성화 시켜나가야 한다.

2) 전략별 상대적 우선순위

본 연구에서 도출된 ICT 융합연구 활성화 전략은 SWOT의 세부요인 총합과 정규화를 산출하여 세부전략의 우선순위를 검증할 수 있다. 분석결과에 따르면 ST 전략인 ICT 융합연구 생태계 네트워크 구축이 가장 중요하게 나타났으며 다음으로 WT 전략인 ICT 융합기술 사업화 및 지적재산권(특허) 지원 플랫폼 구축이 중요하게 나타났다. 세 번째로는 SO 전략인 미래지향적 ICT 융합연구 기획, 마지막으로 WO 전략으로 리빙랩을 통한 ICT 융합연구 관련 법·제도 개선이 중요하다는 연구결과를 볼 수 있다.

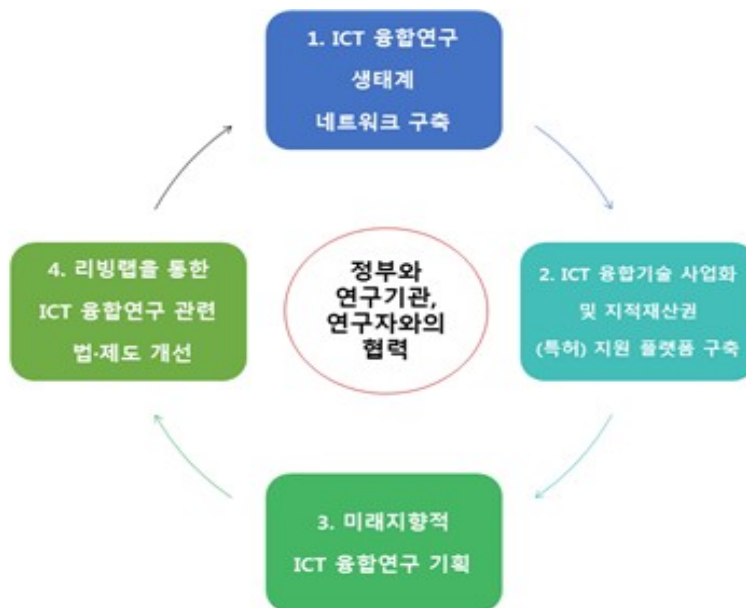
전략	중요도	중요도 정규화	우선순위
SO 전략: 미래지향적 ICT 융합연구 기획	0.790	0.237	3
ST 전략: ICT 융합연구 생태계 네트워크 구축	0.982	0.295	1
WO 전략: 리빙랩을 통한 ICT 융합연구 관련 법·제도 개선	0.681	0.206	4
WT 전략: ICT 융합기술 사업화 및 지적재산권(특허) 지원 플랫폼 구축	0.873	0.262	2
합계	3.326	1	

V 결론

과학기술 발달과 급격한 사회변화를 대응하기 위해서는 혁신적 과학기술정책을 통한 융합연구의 활성화가 중요하다. 즉, 과학, 기술, 산업 등의 융합을 통한 혁신이 필요하다 할 수 있다. 본 연구는 ‘융합연구를 활성화하기 위한 지원 정책은 무엇인가?’라는 연구문제와 함께 ICT 융합연구 활성화 방안에 관하여 논의하였다. 실증분석에서는 우리나라의 ICT 융합연구 환경을 정치적, 경제적, 사회적, 기술적 관점에서 분석하고 이를 강점, 약점, 기회, 위협 요인을 구분하여 각 요인에 대한 중요도를 분석하였다. 본 연구에 대한 시사점은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 ICT 융합연구 활성화 방안에 대한 중요도를 산출하고 ICT 융합연구가 발전할 수 있는 방안을 마련하였다는데 의의가 있다. 실증분석을 통해 연구자가 제안하는 ICT 융합연구 활성화 방안은 아래 <그림 12>와 같다.

그림 12. ICT 융합연구 활성화 방안



둘째, ICT 융합연구 활성화를 위해 가장 중요한 정책부문은 ‘ICT 융합연구 생태계 네트워크 구축’이다. 융합연구정책에 대한 재정적 지원은 지속적으로 확대되며 융합연구의 활용목적과 방식 등 연구 정체성, 즉 차별화된 접근의 필요성이 제기되는 상황에서 ICT 융합연구 생태계 구축은 시급하다. 기존의 ICT 융합연구의 한계를 극복하고 융합연구 성과물을 통해 사회문제해결을 해나가기 위해서는 연구의 목적이 기술 중심에서 목표중심으로 전환되어야 하며 연구자들 간 협력체계 구축 및 연구 성과의 사업·상용화 지원 등이 필요하다. ICT 융합연구 생태계 네트워크 구축 목적은 도전적이며 혁신적인 ICT 융합연구를 수행하기 위한 다양성, 개방성 기반의 전방위적 산·학·연 네트워크 및 국제 융합연구 협력체계 구축이라 할 수 있다. 이러한 생태계를 구축하여 우수한 연구 집단을 발굴 및 육성하고 정기적인 모임과 정보 공유를 통해 ICT 융합연구를 활성화 시켜 나가야 한다. 이를 통해 국내외 ICT 융합연구 및 융합기술 전문가 pool이 구축되어 우수 인력 확보 문제가 보완 될 것이며 산·학·연 등의 협업을 통한 융합연구 역량 및 연구 효율성 제고를 기대할 수 있다.

셋째, ICT 융합연구를 활성화하기 위해서는 정부, 연구기관, 연구자와의 협력이 중요하다. 본 연구에서 제시된 총 4가지 ICT 융합연구 활성화 방안은 정부의 역할과 연구관계자의 역할이 매우 중요하다. ICT 융합연구의 특성상 연구파트너의 탐색 비용과 연구기간 내 연구목표 조정, 연구 성과 분배, 연구자간 갈등 조정 등 발생할 수 있는 다양한 한계(Katz & Martin, 1997; Landry & Amara, 1998) 존재하며 사회문제는 점점 더 복잡한 형태로 발생되기 때문에 융합연구는 다른 연구보다 정부와 연구관계자의 협력이 중요하다 할 수 있다. 예를 들자면 연구관계자는 ICT 융합관련 분야 중장기 정책에 반영될 수 있는 현실적 아이디어를 제공하고 정부는 이를 반영하여 중장기적 관점의 정책이 수립되는 연구자 중심의 ICT 융합연구 생태계가 구축되어야 한다.

본 연구자는 이러한 중요 시사점의 도출에도 불구하고 본 연구에서 도출된 요인들은 연구기간의 한계 등으로 연구영역의 모든 부분을 반영할 수 없었다고 판단된다. 시사점에서 도출하였듯이 정부, 연구기관, 연구자의 협력을 통한 신용합 연구 및 정책 도출, 그리고 이를 지원할 “융합 생태계 구축”이 시급하다고 판단되며 제시된 생산적인 “융합 네트워크 구축” 등의 일련의 과정을 통해 “대한민국 고유의 ICT 융합연구 활성화 방안 및 전략”이 수립되어야 한다고 주장하며 이 보고서를 마무리하고자 한다.

저자_ 김한성(Hanseong Kim)

• 학력

성균관대학교 행정학 석박사통합과정 수료
성균관대학교 재무관리학 석사

• 경력

現) 포항공과대학교 미래IT융합연구원 연구원
前) 국회사무처 별정직 공무원

사 사

본 연구보고서는 과학기술정보통신부와 한국과학기술연구원 융합연구정책센터의 ‘융합연구정책 Fellowship’의 지원을 받아 작성하였습니다.

참고문헌

국내문헌

- 1) 강지희, 진영현, & 배용국. (2014). 한국의 기술기반산업간 융합구조 분석. 한국기술혁신학회 학술대회, 109-127.
- 2) 강희종, 엄미정, & 김동명. (2006). 특허분석을 통한 유망융합기술의 예측. 기술혁신연구, 14(3), 93-116.
- 3) 김정운(2012), 정부의 역할이 융합연구효과에 미치는 영향요인에 관한 연구, 서울시립대학교 박사학위논문.
- 4) 박은영, & 곽동기. (2015). 융합산업의 시장 경쟁력 강화에 관한 연구. 한국융합학회논문지, 6(5), 99-106.
- 5) 백연정. (2016). 융합연구팀의 과제와 미래: 조직행위론적 접근. 대한경영학회지, 29(2), 237-264.
- 6) 서동인. (2012). 융합연구를 경험한 과학 및 과학기술자의 교역지대 교류경험 연구, 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- 7) 송위진, 정서화, 한규영, 성지은, & 김종선. (2017). 리빙랩을 활용한 공공연구개발의 사업화 모델 도출. 기술혁신학회지, 20(2), 458-486.
- 8) 윤장혁, & 김광수. (2011). 특허정보를 이용한 기술융합의 학제적 동향 분석: 대기오염물질 저감기술의 사례. Entrue Journal of Information Technology, 10(2), 21-31.
- 9) 이공래, & 성태경. (2009). 융합기술 혁신을 위한 산-학 협력 활성화 방안. 정책연구, 1-130.
- 10) 이광호 외(2013), 「융합연구사업 실태조사와 연구개발 특성 분석」, 과학기술정책연구원
- 11) 이진석. (2016). 기업의 융합기술 유형 및 제휴형태에 따른 사회적 효과 분석. 지역정책연구, 27(1), 115-141.
- 12) 장석권. (2009). 방송통신융합 생태계의 동태적 진화와 대응전략. Telecommunications Review, 19(1), 79-91.
- 13) 장한수, 최원재, & 도현수. (2012). PEST-SWOT-AHP 방법론을 적용한 국가 과학기술 전략 수립에 관한 연구: 핵융합 연구개발 사례를 중심으로. 기술혁신학회지, 15(4), 766-782.
- 14) 현창희. (2008). IT 기반 융합정책 방향. [ETRI] 전자통신동향분석, 23(2)

국외문헌

- 15) Arthur, W. B. (2009). The nature of technology: What it is and how it evolves. Simon and Schuster.
- 16) Bammer, G. (2008). Enhancing research collaborations: Three key management challenges. *Research Policy*, 37(5), 875-887.
- 17) Campbell, L. M.(2005), Overcoming obstacles to interdisciplinary research, *Conservation biology*, 19(2), pp. 574-577.
- 18) Cho, Y., Kim, E., & Kim, W. (2015). Strategy transformation under technological convergence: evidence from the printed electronics industry. *International Journal of Technology Management*, 67(2/3), 4.
- 19) Cooper, L. G., & Noble, T. (1999). Barriers to Digital Convergence. Web release, the Center for Digital Media Anderson School at UCLA.
- 20) Cummings, J. N., & Kiesler, S. (2007). Coordination costs and project outcomes in multi-university collaborations. *Research Policy*, 36(10), 1620-1634.
- 21) Curran, C. S., & Leker, J. (2011). Patent indicators for monitoring convergence-examples from NFF and ICT. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(2), 256-273.
- 22) Duysters, G., & Hagedoorn, J. (1997). Technological convergence in the IT industry: the role of strategic alliances and technological competencies (Draft). Netherlands: Maastricht University.
- 23) European Communities, & Nordmann, A. (2004). *Converging technologies: Shaping the future of European societies*.
- 24) Hacklin, F., Bergman, J. P., Nyström, A. G., Marxt, C., & Jantunen, A. (2005). Knowledge convergence through interdisciplinary capabilities: fostering disruptive innovation in deconstructed value creation environments. In *Proceedings of the PICMET'05 Conference*, Portland, OR. Portland International Center for Management of Engineering and Technology (PICMET).
- 25) Hacklin, F., Marxt, C., & Fahrni, F. (2009). Coevolutionary cycles of convergence: An extrapolation from the ICT industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(6), 723-736.
- 26) Hacklin, F., Raurich, V., & Marxt, C. (2005). Implications of technological convergence on innovation trajectories: the case of ICT industry. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 2(03), 313-330.
- 27) Hooper, R. (1993). *Telecommunications and broadcasting: Convergence or collision* OECD, Paris, 1992, 287 pp, Ff 250.

28) Kajanus, M., Kangas, J., & Kurttila, M. (2004). The use of value focused thinking and the A'WOT hybrid method in tourism management. *Tourism management*, 25(4), 499-506.

29) Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration?. *Research policy*, 26(1), 1-18.

30) Katz, M. L. (1996). Remarks on the economic implications of convergence. *Industrial and Corporate Change*, 5(4), 1079-1095.

31) Kodama, F. (1991). *Analyzing Japanese high technologies: The techno-paradigm shift*. Cengage Learning.

32) Laband, D. N., & Tollison, R. D. (2000). Intellectual collaboration. *Journal of Political economy*, 108(3), 632-662.

33) Landry, R., & Amara, N. (1998). The impact of transaction costs on the institutional structuration of collaborative academic research. *Research policy*, 27(9), 901-913.

34) Lao, G. & Jiang, S., 2009. "Risk Analysis of Third-Party Online Payment Based on PEST Model", *Management and Service Science 2009 International Conference*, pp. 1-5.

35) Lengwiler, M. (2006). Between charisma and heuristics: four styles of interdisciplinarity. *Science and Public Policy*, 33(6), 423-434.

36) Lind, J. (2004, September). Convergence: History of term usage and lessons for firm strategists. In *Proceedings of 15th Biennial ITS Conference*, Berlin.

37) Miller, G. A.(1956). The magical number seven plus or minus two: Some limis on our capacity for processing information, *Psychological Review*, 63(13): 81-97.

38) Mohr, J., & Spekman, R. (1994). Characteristics of partnership success: partnership attributes, communication behavior, and conflict resolution techniques. *Strategic management journal*, 15(2), 135-152.

39) Pennings, J. M., & Puranam, P. (2001, September). Market convergence & firm strategy: new directions for theory and research. In *ECIS Conference, The Future of Innovation Studies*, Eindhoven, Netherlands (Vol. 20, No. 23.09).

40) Rhoten, D.(2004), *Interdisciplinary research: Trend or transition*, *Items and Issues*, 5(1-2), pp.6-11.

41) Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2013). The new world of discovery, invention, and innovation: convergence of knowledge, technology, and society. *Journal of nanoparticle research*, 15(9), 1946.

- 42) Rosenberg, N. (1963). Technological change in the machine tool industry, 1840-1910. *The Journal of Economic History*, 23(4), 414-443.
- 43) Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* (Vol. 175). Springer Science & Business Media.
- 44) Satty, T. L., & Vargas, L. G. (2001). *Models, methods, concepts and applications of the analytic hierarchy process*. *Int. Ser. Oper. Res. Management Sci*, 34, 1-352.
- 45) Shinn, M. (2006). External, not internal challenges to interdisciplinary research. *American journal of community psychology*, 38(1-2), 303-309.
- 46) Vargas, L. G. (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European journal of operational research*, 48(1), 2-8.
- 47) Wagner, C. S., & Leydesdorff, L. (2005). Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. *Research policy*, 34(10), 1608-1618.
- 48) Wehrich, H. (1982) The TOWS matrix-A tool for situational analysis, *Long Range Planning*, Vol. 15, No. 2, 54-66.
- 49) Wirsich, A., Kock, A., Strumann, C., & Schultz, C. (2016). Effects of university-industry collaboration on technological newness of firms. *Journal of Product Innovation Management*, 33(6), 708-725.
- 50) Zahedi, F.(1986). The analytic hierarchy process-A survey of the method and its applications, *Interfaces*, 16(4): 96-108.
- 51) Zhou, Y., Dong, F., Kong, D., & Liu, Y. (2019). Unfolding the convergence process of scientific knowledge for the early identification of emerging technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 205-220.

기타자료

- 52) 과학기술정보통신부(2016), *지능정보산업 발전전략 발표자료*
- 53) 과학기술정보통신부(2019), *융합연구연감*
- 54) 과학기술정보통신부 2019년 2월 25일 보도자료 '2019년부터 2023년까지의 정부연구개발 방향을 담은 「정부 R&D 중장기 투자전략」 확정'
- 55) 과학기술정보통신부, KIST 융합연구정책센터(2018), *제3차 융합연구개발 활성화 기본계획*

- 56) 관계부처합동 “국가융합기술 발전 기본계획(‘09~’13)(안)”, 2008.
- 57) 관계부처합동 “제2차 융합기술 발전전략(14~18년)(안)”, 2013
- 58) 류성한(2015), 융합연구의 진화 과정에 대한 고찰: 학문 체계의 발전 양상과 주요국 정책 수립을 중심으로, 『융합연구리뷰』, vol.1 no.5, 융합연구정책센터
- 59) 박혜경(2019), 융합R&D 성과 향상을 위한 美 NSF의 Convergence Accelerator, 융합포커스, vol.140
- 60) 최문정 외(2018) 2018년 과학기술혁신 및 사회이슈 분석을 위한 예측기반연구, 한국과학기술기획평가원
- 61) 한국산업진흥협회(2018) 2030년 산업기술 미래전망
- 62) 한국정보통신기술진흥센터(2017) 4차 산업혁명 도래에 대비한 데이터 기반 기술수준평가 및 수준향상 방안
- 63) 조근태·조용곤·강현수(2005). 앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정, 서울, 동현출판사
- 64) 홍성욱(1999), 융합이란 무엇인가, 사이언스 북스.
- 65) IMD(2019), IMD World Digital Competitiveness Ranking 2019

홈페이지

- 66) <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-innovation-hubs-tool>
- 67) <https://catapult.org.uk/>
- 68) <https://i4ms.eu/dihs/map>
- 69) <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-digital-competitiveness-rankings-2019/>
- 70) <https://www.nsf.gov/od/oia/convergence-accelerator/index.jsp>
- 71) https://www.nst.re.kr/nst/work/02_01.jsp



융합연구리뷰

Convergence Research Review 2019 November vol.5 no.11



02

데이터사이언스 관점의 융합 R&D 특성 분석과 성과예측 모형 연구

이정환(충북대학교 경영정보학과 조교수)

I 서론

글로벌 선진국들은 데이터가 막대한 가치를 창출하는 핵심자원임을 인식하고 데이터 주도의 혁신을 도모하고 있다. 우리나라 역시 데이터 산업을 국가 미래 혁신성장의 하나로 보고 정부 차원의 육성과 핵심기술 개발을 지원하는데 구체적으로 전문 인력 5만 명, 데이터 강소기업 100개 육성을 위해 올해 1조 원을 투자할 계획을 가지고 있다. 뿐만 아니라 국내 연구개발(R&D)성과를 모아 체계적이고 통합적으로 관리하는 '국가연구데이터 플랫폼' 구축 계획을 가지고 있다.

여기서 말하는 '데이터'는 제대로 활용하면 복잡한 현상을 분석하거나 미래를 예측하는 유용한 신호로 사용될 수 있지만 그렇지 못하면 아무 의미 없는 평범한 대상에 불과하다. 이러한 관점에서 데이터사이언스(Data Science)는 다량의 데이터 수집과 저장에 필요한 지식(통계학, 데이터 마이닝, 머신러닝 등)을 기반으로 패턴을 찾아내고, 통계적 추정, 예측 모델링을 통해 필요한 정보를 시각화하는 것을 연구하는 융합과학(Convergence science)이다. 이미 많이 알려져 있는 '빅데이터(Big Data)'는 많은 데이터에서 수학적, 통계적 모델링을 적용하는데 초점이 맞춰져 있다면 '데이터 사이언스'는 분석의 사전 단계부터 데이터 정제, 다양한 정보를 선별하고 시각화하기 때문에 과학(Science)이라고 부를 수 있다. 이처럼 데이터 사이언스는 전 주기적인 분석을 위한 통합적인 과정으로 개별적인 단계들은 방법론적인 구체성을 가지고 있다.

본 연구는 이를 반영하여 데이터 사이언스 관점에서 국가 R&D 데이터를 분석하는데 특히 융합 R&D의 숨겨진 새로운 가치발굴과 성과 향상 방안을 찾아보고자 한다.

본 연구가 기존 연구들과 차별화되는 부분은 다음과 같다.

첫 번째, 국가 R&D 관련 연구 데이터 정보 활용 범위를 정형적 부분에서 비정형적인 부분까지 확장하는 것이다. 현재 국가에서 구분하는 융합 R&D는 국가과학기술표준분류에서 연구책임자가 지정한 대분류 2개 이상에 속하는 과제로 정의되고 있다. 그 결과 융합 R&D 특성을 분석한 기존 연구들은 대부분 많은 기술 분야 가운데 한 개의 특정 기술을 선정하여 다른 기술 분야와 융합하는 사례를 분석하고 이를 활성화하기

위한 방안을 제공하는 연구 특정 사업을 대상으로 과제 간 연결 구조를 분석하는 연구, 하나의 기관 관점에서 융합과 관련된 연구사업의 효율성을 분석하는 연구 등 기술 통계학적 정보(기술분류, 개발단계, 연구비, 수행 주체 등)를 제공하는 수준에서 분석이 이루어졌다. 그 결과 거시적인 융합 연구의 흐름을 조망하고 그 안에서 세부 융합 R&D의 흐름과 방향을 파악하기에는 연구 범위와 깊이가 제한적이었다. 이를 개선하기 위해 본 연구는 기존 융합 R&D 분석 연구들에서 사용하는 변수 이외 R&D와 관련한 텍스트 정보(사업목적, 연구내용, 과제요약서 등)를 통해 맥락적(Contextual) 의미를 추출하여 융합 R&D 특성을 도출하고 그 변화 동향을 분석한다. 특히 2017년, 2018년 2년에 걸쳐 그 분석결과를 비교함으로써 융합연구 변화 흐름을 파악해 볼 수 있을 것이다.

두 번째, 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 확보할 수 있는 2017년 R&D 과제(연간 6만 개, 20조 원 규모)를 대상으로 융합연구의 기술적 연결고리와 가치 기반의 분류 체계를 분석한다. 지금까지 융합 R&D와 관련된 연구는 인재성장 조직관점에서 융합연구팀의 문제점 개선, 융합연구의 시행착오를 줄이는 방법 등 방대한 융합 R&D 정보 자체를 활용하기 보다는 설문 기반의 결과 도출 방식이 많아 기술적 발전 방향과 연구현장 정보를 있는 그대로 확인할 수는 없었다. 따라서 본 연구는 융합이 가지는 본래 의미를 고려하여 어떻게 개별 R&D들이 다른 분야와 연관성을 가지게 되며 무엇을 융합의 중심축으로 하는지 이론적 토대를 만들고자 한다.

세 번째, 최근 연구 흐름을 반영하여 국가 R&D 성과예측에는 시도된 적이 없는 신경망 기반의 성과예측 모형을 개발해 보고자 한다. 인공신경망은 수요 또는 성능 예측, 성과평가, 사기탐지, 자율주행, 자동화, 의료진단, 금융투자, 게임 등 거의 모든 분야에 현재 적용되고 있으며, 정보기술을 활용하는 기업들이 대부분 경쟁을 벌이고 있는 분야이다. 그동안에는 국가 R&D 성과 관련 연구는 영향을 미치는 요인을 규명하거나 정부부처 간 융합사업 중복 효율성 문제해결, 융합연구의 지원체계를 구축하는 관점, 연구 협력체계의 특성이나 지식 흐름의 연계 구조를 분석하는 연구 등 동기적 요인, 환경적 특성 등을 고려하거나, 연구 성과를 진단하기 위한 방법론으로 논문과 특허를 활용한 공저자(co-authorship) 및 인용(citation) 분석 등이 사용되는 수준이었다. 다시 말해 융합연구의 실제 정보를 반영한 다양한 변수(기술융합, 연구 주체, 투자비 등)를 중심으로 어떤 상호관계 속에서 성과예측이 가능한지를 확인하는 연구는 없었다.

이를 통해 단순히 융합 R&D에 대한 기술통계 중심의 분석결과를 제시하는 것이 아니라 주요 키워드 선정부터 직관성 있는 해석까지 정책 토대를 마련하고자 활용하고자 한다.

II 기존 연구

1. 융합연구 분석 보고서

최근 데이터 중심의 국가경쟁력 강화 필요성이 제기되면서 정책 수립과정에서도 데이터를 활용한 의사결정 필요성이 제기되고 있다. 구체적으로 공개·개방된 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)나 연구현장 설문 조사결과 등의 정량적, 정성적 자료를 활용하여 국가 융합기술 R&D 현황 조사, 정책 및 이슈 사항 도출, 투자 및 성과분석 등의 연구가 진행되고 있다. 뿐만 아니라 SW 분야 융합 R&D를 중심으로 융합에 대한 인식 차이를 확인하는 여러 형태의 양적, 질적 연구도 있었다.

하지만 다양한 융합연구 관련 조사분석 보고서에는 ‘융합’ 필요성을 규범적이고 당위적으로 받아들이거나, 연구의 특성에 따라 융합에 대한 기준 적용이 상이한 경우가 많다는 것을 확인할 수 있다. 그 결과 융합연구의 동태적인 변화 흐름을 확인하고 거시적 특성을 조망하고 그 안에서 새로운 가치 창출 가능성을 모색하는 연구는 그동안 제한적이었다. 다음 <표 1>은 관련 연구보고서를 요약한 것이다.

표 1. 융합연구 관련 주요보고서

주제	주요 내용
SW 융합 R&D 현황분석 및 시사점(2019)	• 국가연구개발사업(총 54,827개) 중에서 2,005개의 표본과제를 추출하여 SW R&D 관련 전문가 30명 델파이 조사를 수행. 2016년에 수행된 국가연구개발사업의 SW 융합 현황을 분석
2017년도 융합연구연감 (2018)	• 융합과 관련된 정책, 이슈 사항 및 기술 트렌드에 대해 소개하며, 융합 분야 투자 및 성과, 융합연구 현장의 설문조사결과를 분석. 정량적, 정성적 분석 결과를 바탕으로 지금 우리나라 현실에 부합하는 융합연구 활성화 방안에 대한 시사점 제공
국가 융합 기술 R&D 조사 분석(2017)	• 융합기술 R&D 사업을 과제 수준에서 유형별로 분류하고 연구 분야, 연구개발 단계, 수행 주체 등 여러 측면에서 분석. 정량적 지표를 중심으로 융합기술 R&D 현황을 제시하여 융합기술발전 기본계획 및 연도별시행계획 등 정부 정책 수립의 근거자료 활용
국가연구개발정보를 활용한 사업화 성과 연계구조 분석 (2017)	• 국가연구개발사업의 사업화 성과 정보를 활용하여 정부 R&D 투자가 분야별로 어떤 산업에 경제적인 효과를 미치는지를 분석하기 위한 방법 설계. 결과는 네트워크 시각화와 연계 확률표를 통해 제시
융합 R&D 추진현황 분석 및 활성화 방안 (2015)	• 융합 R&D 사업의 현황과 성과를 분석하고 융합 R&D의 정의 및 정책에 관한 인식현황 분석. 향후 융합 R&D 활성화를 위한 정책 및 전략적 시사점 도출

2. 융합 R&D 연구

융합 R&D와 관련 연구를 살펴보면 다음과 같이 구분할 수 있다.

첫 번째는 특정 기술 또는 산업, 사업 중심의 융합 R&D 연구이다. 여기서는 플렉서블 디스플레이, 나노바이오와 같은 기술이나 제조업, 첨단융합 기술개발사업, 인문사회기반 연구 같은 사업, 그리고 정부출연연구소와 같은 연구 주체의 융합연구에 대한 기술적 통계 분석 결과를 제시하고 있다. 그 가운데 연구 분야 간 유기적 관계, 협력적 연계 구조, 연구 효율성 등을 분석하는 연구가 진행되었다.

두 번째는 융합연구와 관련한 사람, 운영의 문제를 고민하는 연구이다. 구체적으로 융합연구 입문 과정에서 인재의 역량을 강화시키는 방안이나, 융합연구자의 시행착오를 극복하는 방법, 조직행위론적 관점에서 융합연구팀 내 조직과 리더의 역할 등을 중심으로 문제 해결책을 마련하는 연구가 있었다.

세 번째는 융합연구 생태계 구축을 통해 효과적인 환경을 조성하는 연구이다. 여기서는 창의적이고 도전적인 연구 체계 수립, 정부 부처 간 중복을 피하기 위한 연계 맵 도출, 성과 영향요인 규명, 소셜미디어에서 관련 동향 정보 수집 등을 통해 융합연구 활성화를 추진하였다.

표 2. 융합 관련 주요 연구 분야와 내용

분야	저자	주요 내용
기술, 산업, 사업 중심 융합	조지혁 외 3 (2018)	- 융합연구사업을 수행하는 출연연구기관을 대상으로 융합연구성과 효율성 비교 · 분석 - 출연(연) 별 융합연구역량과 특성을 파악하고 사회연결망(SNA) 분석을 통하여 출연연구기관 간 네트워크 강도와 융합연구의 관계를 분석
	양창훈, 허정은(2017)	- 인문사회기반 융합연구 지원과제를 대상 연구 분야 간 협력적 연계 관계 구조와 속성 분석 - 학제 간 연구 협력 네트워크의 구조적 속성을 파악하고 융합연구에 있어서 네트워크 방법론의 적용이 가지는 정책적 함의 제시
	황광선(2017)	- 제조업 분야 융합연구가 활발한 기술은 무엇이고, 어떤 분야 간 융합이 활발한지 분석 - 융합이 활발한 주요 제조업 기술 분야의 국가 표준정책을 탐구
	정으뜸 외 2(2015)	- 융복합 분야인 나노바이오 융합기술을 대상으로 특허데이터를 활용한 기술적 파급효과를 도출하고 기술융합을 분석
	이재익(2014)	- 플렉서블 디스플레이 기기의 산업 분야별 R&D 기술과 전문화된 디자인 융합연구 기술 동향과 사례연구 - 융합연구 활성화와 응용기술 개발과 디자인 혁신에 지표가 되는 기초자료 제시
	허정은, 양창훈(2013)	- 네트워크 분석으로 연구 분야 간 유기적 관계를 형성하고 융합연구가 진행되는지 분석 - 첨단융합기술개발사업에 대한 네트워크 분석 결과를 제시

분야	저자	주요 내용
융합연구인력 및 운영	김형진 외 2(2018)	- 한국연구재단 융합연구지원 사업에 참여한 연구자들 대상 실제로 겪은 학제 간 융합연구의 어려움과 극복해낸 방법 정리
	백연정(2016)	- 융합연구팀 운영에 실질적인 도움을 줄 수 있는 조직행위론 관점에서 융합연구팀 연구 - 현실적 난관들을 어떻게 완화할지를 조직 역할과 리더 역할로 나누어 분석
	오현석 외2(2012)	- 과학기술 분야의 연구자들이 융합연구에 입문하며 과정을 수행하는지를 심층 분석 - 융합인재의 성장을 구체적으로 이해하고 성장을 촉진하기 위한 지원 방향 모색
융합연구생태계	노영희 외 3(2019)	- 소셜미디어 빅데이터 분석을 통하여 학술적 연구를 넘어 융합연구 전반에 대한 동향 분석 - 텍스트마이닝 기법을 활용하여 소셜미디어에서 게시된 글과 제목을 수집하고 분석
	노영희 외 2(2018)	- 인문사회기반 융합연구성공에 영향을 미치는 요인을 실증적으로 규명 - 융합연구를 진행하고 있는 연구자를 대상으로 설문조사
	조양래 외 3(2015)	- 정부 부처별로 개별적인 사업운영으로 사업 간 중복 및 효율성 문제를 언급 - 융합연구사업 연관 관계를 파악하여 정책, 기술 및 부처 측면에서 연계 맵을 도출
	박귀순 외 5 (2013)	- 기초연구사업의 융합연구를 활성화하고 실질적인 융합연구를 발굴하기 위한 전략도출 - 창의적·도전적 융합연구 지원체계 구축

III 연구방법

1. 개요

본 연구는 융합연구에 대한 심도 있는 이해를 위해 지금까지 기술통계 중심의 일반적인 분석 결과를 제시하는 방식과 다르게 데이터 사이언스 관점의 데이터 전처리, 다양한 분류방법 적용, 핵심키워드 분석, 성과예측 모형 연구를 진행하고자 한다. 이를 위해 2017년을 중심으로 2018년까지 국가 R&D 데이터⁴⁾를 수집하고 통계 분석, 데이터 마이닝, 신경망 모형 등을 통해 다각적으로 융합연구 특성을 분석하였다. 이와 같은 접근은 국가 R&D와 같이 방대한 연구정보가 제대로 활용하면 복잡한 현상의 분석과 성과예측에서 유용한 정보로 사용될 수 있지만 그렇지 않으면 의미 없는 평범한 대상에 불과하기 때문에 과학적이고 체계적 분석이 필요한 것이다.

2. 데이터 처리 수집과 처리

본 연구를 위한 분석 데이터는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 수집한 2017년 국가 R&D 데이터에 논문, 특허 필드를 추가하여 과제번호를 중심으로 한 개의 분석 파일을 만들었다. 다음으로 국가융합기술 R&D 조사분석 보고서에 정의된 융합연구 기준⁵⁾에 따라 국가과학기술표준 분류표 대분류 기준이 없는 과제(6,928개)와 1개 대분류에 속하는 과제(43,446개), 2개에 속하는 과제(8,486개), 3개에 속하는 과제(2,063개)를 각각 0, 1, 2, 3으로 정의하였다. 그리고 본 연구 분석에 필요한 단일연구과제(0,1)와 융합연구과제(2,3)로 구별하였다. 이렇게 분류된 융합연구과제의 특성을 보다 심도 있게 분석하기 위해 개별 연구과제의 요약문을 활용한 텍스트마이닝, 연구 키워드(영문)를 활용한 네트워크 분석, 논문과 특허를 고려한 신경망 예측 모형 분석을 하였다.

4) 2017년 기준 61,280개, 2018년 63,697개 과제

5) 국가 R&D 데이터에서 융합연구는 국가과학기술표준분류표 대분류 기준으로 서로 다른 2개 이상의 과학기술표준분류를 동시에 포함하는 다학제 연구로 정의, 서로 다른 2개(대분류)를 포함하는 과제를 '단일융합과제', 서로 다른 3개 분류를 포함하는 과제를 '복합융합과제'로 구분

3. 텍스트 마이닝

텍스트 분석은 2017년, 2018년 연구과제 가운데 ‘연구내용’, ‘과제 분류’, ‘연구수행 주체’ 등 필수정보가 없는 과제를 제외한 2017년 50,930개, 2018년 53,601개를 분석 대상으로 하였다. 먼저 텍스트 분석과정에서는 문장형태로 이루어진 ‘연구내용’ 데이터를 단어 형태소로 분리하고 명사를 추출⁶⁾하였는데 이 과정에서 python에서 제공하는 KONLPY 패키지를 활용하였다. 그리고 본 연구의 불용어 처리⁷⁾를 위해서는 TF-IDF 알고리즘을 활용하였다. 이는 python KONLPY 패키지를 적용하더라도 완벽하게 명사가 추출되지 않기 때문에 TF-IDF 알고리즘을 이용하여 불용어 목록 구축 및 불용어 처리를 진행하였다. TF-IDF 알고리즘이란, 특정 단어가 해당 문서 내에서 얼마나 중요한지 나타내는 통계적 수치로서 TF-IDF는 특정 문서 내에서 단어 빈도가 높을수록, 그리고 전체 문서 중 그 단어를 포함한 문서가 적을수록 TF-IDF 값이 높아진다. 이를 통해 모든 문서에서 흔하게 나타나는 단어를 걸러내고 전처리 과정을 거쳐 텍스트 분석을 진행하였다.

4. 네트워크 분석

단일연구와 융합연구는 각각 기술적으로 어떤 유기적 연결 관계가 있는지 네트워크 분석을 적용해 보았다. 구체적으로 단일연구와 융합연구 각각의 구조적 특성을 파악하기 위해 국가과학기술표준분류를 반영하여 기술개발과제를 별도로 추출⁸⁾하였다. 이후 중심성(연결, 매개, 근접) 분석과 커뮤니티 구조 분석을 진행하였는데 중심성 분석은 네트워크 안에서 여러기술들 간의 상대적 위치를 지도화(mapping)하고 관계적인 속성을 중심성(centrality)이라는 개념으로 기술 분야 간 연계 빈도와 거리를 분석한다. 이 같은 중심성 지수를 통해 융합연구 내에서 연구 분야와 기술들의 유기적 연계 구조, 기술적 연결고리를 나타내 줄 수 있다. 중심성은 개별 기술의 영향력을 평가하는 지표로서 연결 중심성(Degree Centrality), 근접 중심성(Closeness Centrality), 매개 중심성(Betweenness Centrality) 3가지로 구분한다. 연결 중심성은 하나의 단어(Attribute)가 얼마나 많은 다른 단어들과 연결되어 있는지를 보여주는 지표로서, 단어의 영향력(Impact)을 나타낸다. 근접 중심성은

6) 명사추출 과정 예시

명사 추출 전 연구내용	명사 추출 후 연구내용
선박 충돌이나, 항구시설과의 충돌 등으로 ...	선박,충돌,항구시설,충돌,파공,내부,오염물질 ...

7) 본 연구에서의 불용어는 ① ‘입니’, ‘합니’ 와 같이 동사가 제대로 제외되지 않은 단어, ② 관사, 전치사, 조사 등 의미 없는 단어, ③ 오타, ④ 사업과제정보의 특성상 빈발하게 사용되는 단어 (ex) 개발, 분석, 기술, 이용 등)를 고려

8) 전체 61,280개 가운데 사업명을 기준으로 21,94개의 ‘개발’ 과제 추출

하나의 단어가 다른 단어들과 얼마나 가까이 연결되어 영향을 주는지를 보여주는 지표로서, 단어의 상호의존도(Dependence)를 나타낸다. 마지막 매개 중심성은 두 단어 사이에 위치함으로써 두 단어를 활성화시키는 가능성(단어의 지배력(Control))을 나타낸다.

커뮤니티 구조는 유사성을 중심으로 군집화된 커뮤니티를 평가하는 지표로서 유사한 의미를 가진 단어들의 집단으로 유사한 개념끼리 범주화된 것이 표출된다.

이를 통해 단일연구와 융합연구의 중심이 되는 기술적 연결고리의 파악이 가능하다.

5. 신경망 분석

최근 인공지능(Artificial Intelligence, AI)과 함께 기계 학습(Machine Learning)에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 연구에서는 투입 요인으로 기술결합정도, 연구협력정도, 연구수행 주체, 연구목적 등을 사용하고 성과 요인으로 논문, 특허 등의 지표를 사용하여 신경망 분석을 하였다. 신경망은 인간의 뇌 작동원리를 이용하여 예측 또는 분류를 하는 방법이다. 인간의 신경망(neuron)이 자극을 받아서 뇌에 도달하는 것을 수리적으로 만든 것이다. 인간의 피부에 있는 신경망에 자극이 오면 그것이 그다음 신경에 연결되고, 그것이 계속되어 뇌에까지 이르는 것과 유사하다.

신경망 모델은 독립변수와 종속변수 사이에 은닉층을 두어서 독립변수의 값들을 각 은닉요인마다 다른 가중치를 곱해서 합한 후에 이를 S 모양의 활성화 함수를 통해 변형시킨 후 다시 이들 은닉요인들의 값을 가중치를 곱해서 합한 후 종속변수 예측값을 만들어 낸다. 전통적인 회귀분석의 관점에서 보면, 여러 회귀분석 혹은 로지스틱회귀분석이 연결되어 있는 것으로도 볼 수 있다. 회귀식과 다른 점은 은닉층이 있다는 것과 활성화 함수를 통해서 일반화선형모형(generalized linear model)과 같이 비선형효과를 만들어 낸다는 것과 종속변수가 한 개 이상으로 종속변수가 한 개 이상으로 다양해도 된다는 것이다.

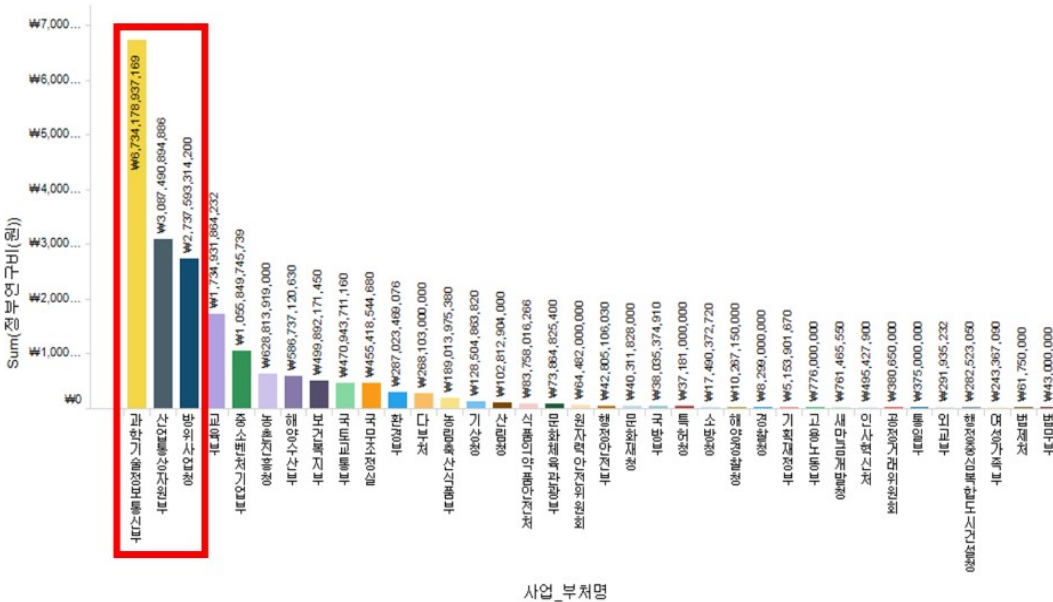
인공신경망은 미래 특정 상황이 발생할 확률을 예측하거나 특정 상황을 취할 값을 추정하는데 사용되는데 장점은 복잡하고 다양한 자료를 쉽게 해결해 준다는 점, 질적 변수와 양적 변수와 관계없이 모두 분석이 가능하다는 점, 입력변수 간 비선형 조합이 가능하여 예측력이 우수하다는 점이다. 하지만 결과에 대한 분류와 예측 결괏값만을 보여주기 때문에 결과 생성 원인과 이유를 설명하기 어렵다는 한계점은 있다.

IV 분석결과

1. 융합 R&D 특성 시각화

2017년 국가 R&D 과제는 61,280개, 19조 3,926억 원 규모이다. 사업부처별 연구비 비중은 과학기술정보통신부 34.7%(6.7조 원), 산업통상자원부 15.8%(3.1조 원), 방위사업청 14.1%(2.7조 원) 순으로 나타났으며 3개 부처가 전체의 64.7%를 차지하고 있다.

그림 1. 사업부처명에 따른 정부연구비 (부처별)



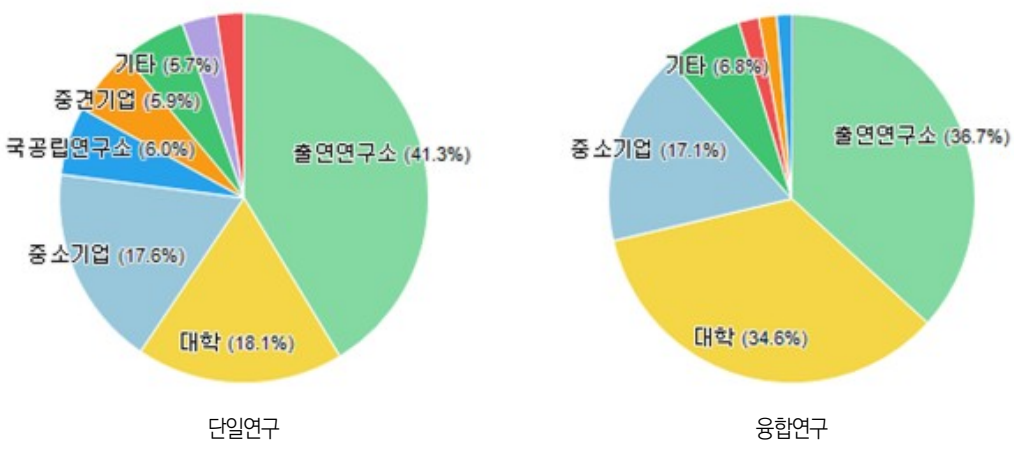
연구수행 주체별로 연구비 규모를 분석해 보면 출연연 40.7%(7.8조 원), 대학 15.8%(4.4조 원), 중소기업은 14.1%(3.1조 원) 순으로 나타났다.

그림 2. 사업부처명에 따른 정부연구비 (수행주체별)



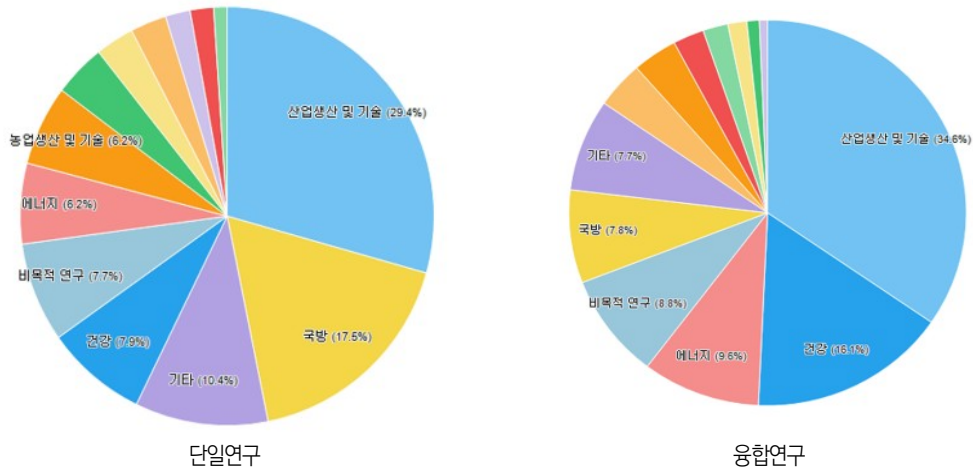
단일연구와 융합연구의 연구수행 주체별 비율 간 차이점을 살펴보면 다음과 같다. 단일과제와 융합과제 모두 1위 출연연구소, 2위 대학, 3위 중소기업으로 조사되었다. 가장 두드러진 특성 차이는 '대학'으로 단일과제에서는 18.1%를 차지하지만, 융합과제에서는 34.6%를 나타냈다.

그림 3. 연구수행 주체별 비율 차이



단일연구와 융합연구 모두 '산업생산 및 기술(각각 29.4%, 34.6%)'이 가장 많은 비율을 차지하고 있으며
 다음으로는 단일과제에서는 국방(17.5%), 융합과제에서는 건강(16.1%)이 많은 비율을 차지하고 있다.

그림 4. 주요연구 분야별 비교



기술별로는 6T 관련 기술과 국가전략기술로 나누어 살펴보았다. 먼저 6T 관련 기술을 보면, 단일과제)는 IT(정보기술)가 18.6%로 가장 큰 비중을 차지하고 있었다. 융합연구에서는 BT(생명공학기술)가 27%로 가장 큰 비중을 차지하며 ET(환경기술) 또한 단일과제에 비해 큰 비중을 차지하고 있음을 확인할 수 있다. 국가전략기술로 보면, 단일과제와 융합과제 모두 미래성장동력 확충에 투자를 많이 하고 있으며, 융합연구의 경우 건강장수시대 구현이 13%로 단일연구의 2배 비율을 차지하고 있다.

9) (기타_관련기술에 속하지 않는 연구는 제외)

농림식품, 화학 등 연구와 밀접한 단어들인 높은 빈도를 갖는 것을 확인할 수 있었는데 특히 국공립연구소의 경우, 빈도가 높은 단어들의 거의 대부분이 '농림수산식품'과 관련된 것으로 확인할 수 있다.

반면 국공립연구소, 출연연구소, 대학과 다르게 기업들은 연구보다는 소재, 생산품, 기술과 관련된 단어들의 빈도가 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 특히 대기업은 플랜트, 복합소재, 나노카본, 자율주행 등 고급기술과 관련된 단어의 빈도가 높고, 중견기업, 중소기업으로 갈수록 필름, 카메라, 모터, 엔진, 배터리, 스마트폰 등 규모가 작고, 구체적인 단어들인 많아지는 것을 알 수 있다.

그림 6. 연구수행 주체별 키워드 분석



다음으로 연구요약정보를 공동연구여부에 따라 텍스트 분석을 해보면 공통으로 등장하는 단어는 37개이고 각각 분류기준에 따라 등장한 단어는 63개가 되었다. 공동연구 여부에 따라 한쪽에서만 나온 단어를 확인해본 결과, 공동연구에서는 세라믹, 알루미늄, 복합소재, 섬유 등 소재와 관련된 단어, 모터, 필름, 배터리, 렌즈,

11) (단어가 클수록 빈도가 큼을 의미)

14개(70%)의 단어가 다음과 같이 중복되는 것을 볼 수 있는데, 융합연구와 단일연구의 구분은 있으나, 실제로 과제 내용으로 볼 때 단일연구와 융합연구 간의 큰 차이가 없는 것으로 판단된다(빨간색 영역은 동시 등장 단어 표시).

표 4. 과제 분류 범주 간 Top 20개 단어 비교

빈도순위	단일연구	융합연구
1	유전체	나노입자
2	미생물	박막
3	바이러스	줄기세포
4	줄기세포	미생물
5	태양전지	유전체
6	화합물	그래핀
7	저항성	방사선
8	내성	태양전지
9	하이브리드	하이브리드
10	스트레스	화합물
11	로봇	바이오마커
12	차량	복합체
13	추출물	스트레스
14	박막	바이러스
15	나노입자	암세포
16	항체	수용체
17	레이저	반도체
18	균주	플라즈마
19	암세포	레이저
20	바이오마커	내성

분류	2017			2018		
	word	단일연구	융합연구	word	단일연구	융합연구
	스트레스	1,534	532	섬유	838	258
	시뮬레이터	634	217	수술	1,033	234
	식물	966	299	수용체	1,210	415
	식품	1,026	322	스트레스	1,578	554
	신경세포	789	447	식물	1,139	254
	실리콘	779	276	식품	1,022	337
	안테나	969	295	신경세포	908	425
	암세포	1,027	524	실리콘	845	222
	억제제	669	253	안테나	959	276
	유도체	870	238	암세포	1,117	506
	유방암	748	263	억제제	699	259
	유전자들	691	218	유방암	707	313
	유전체	2,176	717	유전체	2,652	688
	임상시험	1,602	279	인공지능	993	310
	저항성	1,581	420	저항성	1,553	293
	전사체	724	266	전사체	850	245
	접합	749	244	접합	922	224
	종양	1,287	469	종양	1,378	564
	줄기세포	1,715	785	줄기세포	1,749	637
	차량	1,517	386	차량	1,713	415
	천연물	715	300	천연물	699	285
	초음파	1,123	335	초음파	1,300	341
	추출물	1,510	379	추출물	1,627	270
	카메라	1,544	317	카메라	1,783	325
	콘크리트	1,013	225	콘크리트	1,193	218
	태양전지	640	667	클라우드	1,245	228
	펩타이드	937	422	태양전지	743	555
	프린팅	790	352	펩타이드	1,022	431
	플라즈마	1,103	483	프린팅	1,103	335
	피부	942	269	플라즈마	1,310	333
	필름	940	269	피부	1,078	269
	하이브리드	1,539	646	필름	1,090	241
	항암제	1,040	355	하이브리드	1,656	686
	항원	706	241	항암제	1,044	381
	항체	1,426	440	항원	727	269
	혈관	630	422	항체	1,488	509
	형광	736	303	혈관	762	436
	화합물	1,597	557	형광	756	338
	후보물질	1,166	364	화합물	1,793	539
				후보물질	1,184	311

표 6. 단일연구와 융합연구 연도별 출현 단어 빈도 비교(단일연구와 융합연구 구분)

분류	2017			2018		
	word	단일연구	융합연구	word	단일연구	융합연구
단일연구에서만 나온 단어	객체	637		드론	804	
	드론	674		렌즈	686	
	메모리	820		메모리	965	
	면역세포	639		모터	1,315	
	모터	1,001		발효	795	
	발효	779		백신	749	
	병원성	646		벡터	681	
	보안	1,201		분말	1,100	
	분말	911		블록	787	
	블록	720		생육	952	
	생육	830		세라믹	910	
	생쥐	620		수출	761	
	세균	655		스마트폰	933	
	세라믹	772		알루미늄	686	
	수출	747		엔진	1,290	
	스마트폰	955		유도체	789	
	엔진	1,122		유전자들	724	
	유전자원	1,067		유전자원	1,161	
	작물	791		음성	742	
	재배	758		작물	963	
	종자	634		재배	932	
	코호트	748		종자	724	
	클라우드	1,203		코호트	866	
	토양	1,098		태양광	843	
	합금	1,012		토양	1,221	
	항생제	635		합금	1,105	
	형질전환	690		화장품	847	
	화장품	727				

분류	2017			2018		
	word	단일연구	융합연구	word	단일연구	융합연구
융합연구에서만 나온 단어	기계학습		239	CO2		246
	나노구조		299	공동연구		218
	나노구조체		261	나노구조		245
	나노섬유		216	나노구조체		249
	도핑		286	대식세포		258
	리간드		238	리간드		260
	분리막		222	생쥐		256
	수소		333	세균		237
	시냅스		277	수소		255
	신경		349	신경		347
	양자점		294	양자		245
	웨어러블		304	양자점		229
	이미징		375	웨어러블		248
	이산화탄소		264	이미징		318
	인공지능		277	이산화탄소		254
	인산화		242	인산화		212
	재조합		274	재조합		308
	저해제		213	저전력		214
	전구체		219	전기화학적		311
	전기화학적		360	전도성		320
	전도성		340	전지		232
	전지		299	치매		258
	지지체		260	페로브스카이트		330
	태양광		216	폐암		211
	페로브스카이트		375	하이드로젤		224
	하이드로젤		242	항생제		232
	항암		232	흡착		333
	흡착		292			

3. 네트워크 분석

이전 텍스트 분석에서는 연구내용을 중심으로 50,930개(2017년 기준) 과제를 가지고 단일연구와 융합연구의 차이를 분석하였다. 본 절의 네트워크 분석에서는 기술개발과제 21,394개(2017년 기준)의 주요 키워드로 범위를 제한하여 키워드 간 연계 구조를 중심으로 단일연구와 융합연구의 특성을 분석하였다. 이를 위해 주요 키워드를 대상으로 빈도수와 중요도에 따라 특정 단어를 선택한 후 이들 단어 간의 중심성과 상관성의 분석결과를 공간적으로 시각화해 보았다. 분석결과는 개별단어의 영향력은 중심성(Centrality)으로 평가하고, 커뮤니티(Community Structure) 구조는 유사한 특성을 중심으로 군집화된 커뮤니티를 평가하였다.

분석결과, 단일연구에서 중심성 키워드는 system, process와 같이 다양한 속성이 내재되어 있는 종합적이고 통합적인 키워드가 단어들이다. 연결 중심성과 근접 중심성이 높은 단어는 device와 sensor 같은 키워드였으며, 매개 중심성이 상대적으로 높게 나타난 단어는 analysis, test처럼 다양한 적용영역이 존재하거나 공통적으로 중요하게 인식되는 키워드였다.

융합연구에서의 중심성 키워드는 system, control, analysis와 같이 융합연구와 다소 차이를 나타냈다. 연결 중심성과 근접 중심성이 높은 단어는 management와 process 같은 키워드였으며, 매개 중심성이 상대적으로 높게 나타난 단어는 cell, food 같은 단어들이 상대적으로 높게 높은 순위에서 확인되었다.

표 7. 중심성 분석결과(단일연구)

	연결중심성		근접중심성		매개중심성	
	키워드	가치	키워드	가치	키워드	가치
1	system	1	system	1	system	0.006424
2	process	1	process	1	process	0.006424
3	control	0.989899	control	0.99	analysis	0.005755
4	device	0.969697	device	0.970588	control	0.00567
5	analysis	0.969697	analysis	0.970588	test	0.005418
6	smart	0.959596	smart	0.961165	technology	0.00541
7	test	0.949495	test	0.951923	monitor	0.005171
8	technology	0.949495	technology	0.951923	smart	0.005029
9	sensor	0.939394	sensor	0.942857	device	0.005001
10	safety	0.929293	safety	0.933962	model	0.004696
11	machine	0.929293	machine	0.933962	safety	0.004541

	연결중심성		근접중심성		매개중심성	
12	monitor	0.919192	monitor	0.925234	sensor	0.004539
13	model	0.909091	model	0.916667	platform	0.004462
14	management	0.909091	management	0.916667	machine	0.004329
15	platform	0.888889	platform	0.9	high	0.004256
16	high	0.888889	high	0.9	management	0.003842
17	integrate	0.868687	integrate	0.883929	low	0.003738
18	automatic	0.868687	automatic	0.883929	natural	0.003597
19	Water	0.858586	Water	0.876106	automatic	0.003562
20	type	0.858586	type	0.876106	type	0.003526

표 8. 중심성 분석결과 (융합연구)

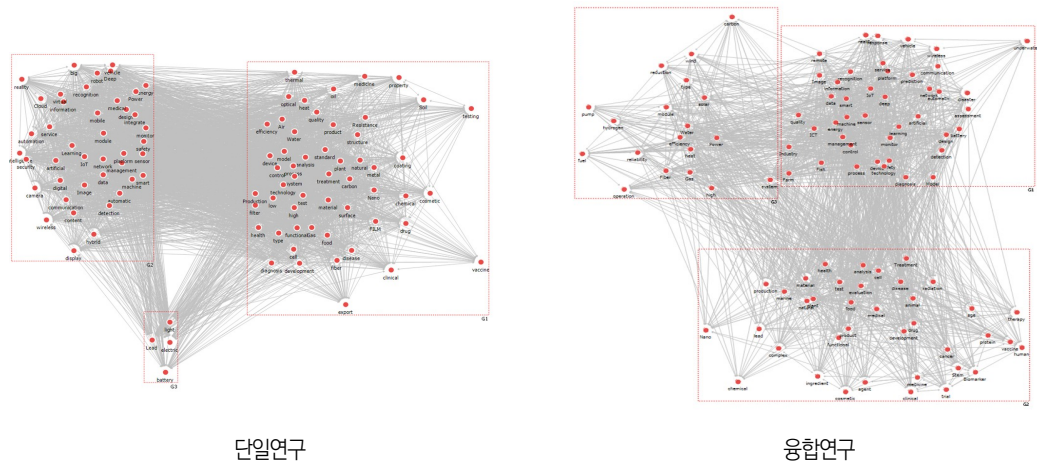
	연결중심성		근접중심성		매개중심성	
1	system	0.939394	system	0.942857	system	0.062588
2	control	0.808081	control	0.838983	control	0.040545
3	analysis	0.686869	analysis	0.761538	analysis	0.027506
4	safety	0.626263	safety	0.727941	cell	0.023195
5	monitor	0.59596	monitor	0.71223	safety	0.019941
6	disease	0.585859	disease	0.707143	monitor	0.019471
7	cell	0.585859	cell	0.707143	disease	0.016458
8	management	0.575758	management	0.702128	food	0.01626
9	process	0.565657	process	0.697183	sensor	0.015789
10	sensor	0.535354	sensor	0.682759	process	0.014996
11	Power	0.525253	Power	0.678082	management	0.013343
12	food	0.525253	food	0.678082	device	0.013163
13	energy	0.525253	energy	0.678082	Power	0.012211
14	technology	0.515152	technology	0.673469	evaluation	0.01167

	연결중심성		근접중심성		매개중심성	
15	material	0.494949	material	0.66443	test	0.011438
16	device	0.494949	device	0.66443	Model	0.011397
17	smart	0.474747	smart	0.655629	high	0.011397
18	high	0.464646	high	0.651316	energy	0.011188
19	evaluation	0.464646	evaluation	0.651316	material	0.011011
20	test	0.454545	test	0.647059	technology	0.010781

추가적으로 네트워크 분석에서 단일연구와 융합연구 특성을 유사한 특성을 중심으로 군집화해 보면 다음과 같은 시각화가 가능하다.

먼저 단일연구는 air, carbon, cell, chemical, carbon, fiber, gas, medicine, oil, vaccine 등과 같이 화학, 생물 쪽과 같은 자연과학 분야와 artificial, gid data, deep learning, mobile, platform, sensor, device 등과 같이 ICT 분야, battery, electric, light, lead와 같은 전지 분야 3개로 군집화되는 것을 확인할 수 있었다. 융합연구는 age, biomarker, clinical, cosmetic, drug, stem, therapy, vaccine과 같은 바이오-헬스 분야, IoT, network, device, information, reality, safety와 같은 ICT 분야, heat, pump, power, solar, water, wind 같은 에너지 분야까지 역시 3개로 군집화되었다. 아래 그림은 이를 시각화한 것이다.

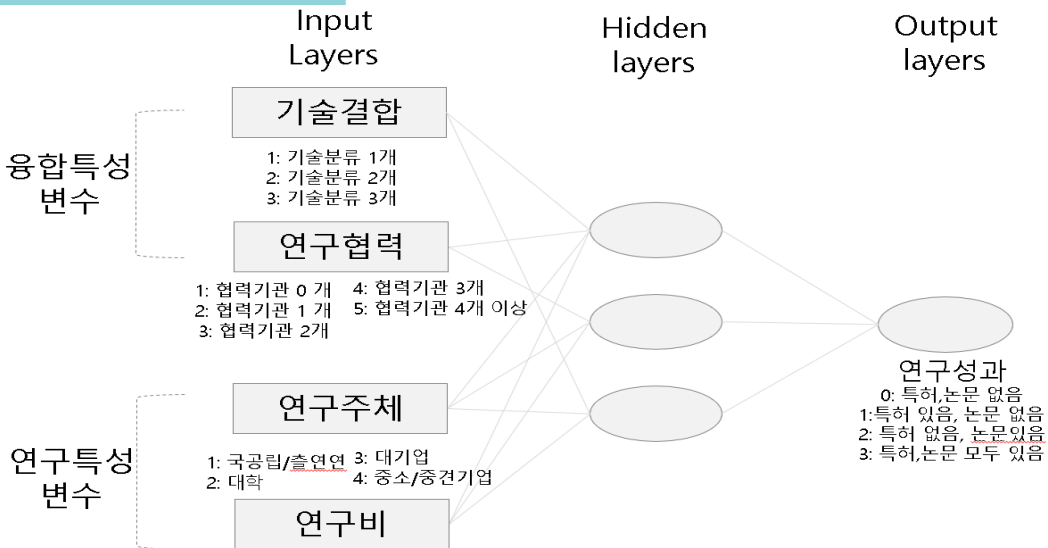
그림 8. 클러스터링 분석



4. 신경망을 활용한 성과예측 분석

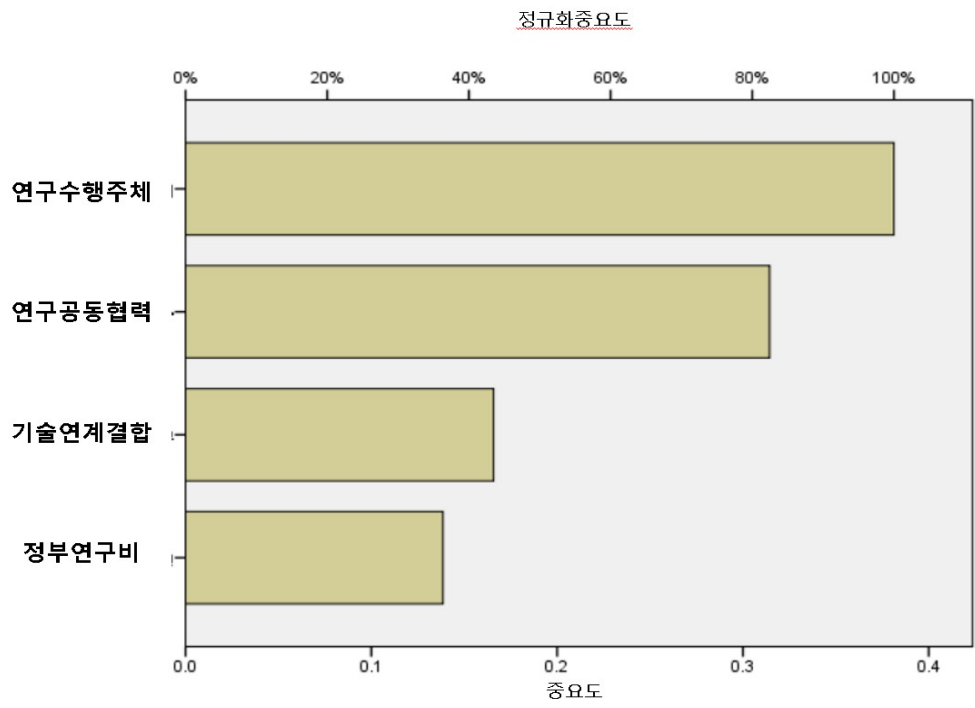
NTIS 국가연구개발에는 연구개발과 관련한 다양한 정형, 비정형 정보들이 제공되고 있다. 지금까지의 분석 결과를 보면 단일연구와 융합연구 특성을 일반화하여 특정 짓기에는 연구자의 판단에는 데이터가 가진 다양한 특성과 과제별 성격이 이질적인 현재의 자료형태는 특성을 구분 짓는 데 한계가 있다고 판단된다. 그럼에도 불구하고 융합연구 관련 정책 수립과정에서 융합연구 현황 정보는 매년 지속적으로 기술적 연구통계 정보 형태로 제공하고 있는 상황이다. 현재의 기술대분류 관점의 2개 이상 구성에 따른 융합연구 구분 이외에도 연구 성과 측면에서 어떠한 특성들이 성과에 영향을 주는지를 분석하기 위해 신경망 분석을 활용한 성과예측 모형을 도출하고자 변수를 추가로 설정하였다. 이전의 연구결과에서 보면 연구수행주체, 연구비 수준과 같은 연구 특성과 연구 협력 정도가 융합 측면에서 고려될 수 있는 변수로 판단되어 4개의 변수를 투입요소로 선정하였다. 성과 측면에서는 NTIS에서 수집할 수 있는 특허와 논문 정보를 가지고 성과의 유무에 따라 변수를 새로 정의하였다. 전체 노드 수는 13개였고, 연구비는 연속형 변수로 정규화 방법을 통해 표준화되었다. 은닉층(Hidden layer)은 1개이며 노드 수는 8개였고 활성화 함수는 쌍곡탄젠트 함수이다. 다음 <그림 9>는 신경망 모형 기반의 연구 모형이다.

그림 9. 신경망 모형 개념



분류 관점에서 신경망 모형에서 제일 중요한 지표는 모형의 정확도인데 분석결과 먼저 위 모형의 예측 정확도는 88.8%로 나타났다. 하지만 독립변수와 종속변수 중간에 존재하는 은닉층이 어떠한 독립변수로 인해 영향을 더 많이 받고 종속변수에 영향을 많이 미치는지는 알 수 없다. 독립변수의 중요도 결과는 연구수행 주체가 가장 높고 다음으로 연구공동협력, 기술연계결합, 정부연구비 순으로 나타났다. 이 과정은 신경망 모형의 다양한 고려요소를 조정하여 최적의 모형이 산출될 때까지 반복하여 도출되었다.

그림 10. 독립변수 중요도



V 결론

데이터를 활용하고, 분석하는 능력이 국가경쟁력을 좌우하는 ‘데이터 주도의 혁신 시대’가 도래하였다. 본 연구는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 통해 수집한 연간 20조 원 규모의 국가연구개발사업 정보를 활용하여 국가 R&D 정책 수립과정에서 문제해결 중심의 의사결정 가능성을 모색해 보고자 시도되었다. 특히 최근 R&D가 요소기술 및 개별 산업 중심에서 기술 및 학문 간 융합되는 흐름 가운데 동종 기술 영역의 한계를 극복하고, 이종 기술의 장점과 효용성을 융합(Convergence)하는 패러다임에 주목하였다.

본 연구의 의의는 다음과 같다.

첫 번째는 현재 융합연구와 관련한 정책 현실과 연구현장의 시각 차이가 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 융합연구와 관련된 기초통계분석, 텍스트마이닝, 네트워크 분석 중심의 정성적, 정량적 분석결과를 볼 때 융합연구의 특정한 패턴이나 특성을 명확하게 도출하기 어려운 것으로 판단되기 때문이다. 그럼에도 불구하고 지금 정책 추진 과정에서 연구비 규모, 연구개발 단계, 공동/위탁연구 형태 등 여러가지 융합연구 현황분석 결과가 활용되고 있는데 이를 개선할 필요가 있다. 다시 말해 융합의 물리적 특성과 융합정책 환경의 불일치 극복을 위해 기술의 융합 이외 연구 주체 간 융합이나 연구자의 다양한 배경과 특성을 반영한 연구주체 간 협업이 이루어질 수 있도록 지원할 필요가 있다.

두 번째, 융합연구의 정의를 재정립할 필요가 있다. 4차 산업혁명 시대 융합 현상은 점점 확대가 예상되고 그 자체로도 의미를 갖는 바람직한 활동일 수 있다. 그러나 일부는 그 자체가 목적이 되어 융합을 위한 융합연구를 추진하거나 융합의 목적과 본질이 명확하지 않은 연구가 융합연구로 인식되어 연구자의 혼선, 그리고 그 과정에서 정부 재원의 합리적 배분에 영향을 준다면 국가 정책 차원에서 진지하게 개선 방향을 고민해야 하는 부분이다. 예를 들어 결론론적 관점에서 성과 중심(논문, 특허, 기술료, 사업화, 인력양성, 연수지원)의 융합연구인지, 연구추진 과정에서의 연구 주체 간의 융합인지, 지금과 같은 기술융합 관점인지 연구정보 입력단계부터 명확하게 목표로 제시하는 것도 방안이 될 수 있다.

사 사

본 연구보고서는 과학기술정보통신부와 한국과학기술연구원 융합연구정책센터의 ‘융합연구정책 Fellowship’의 지원을 받아 작성하였습니다.

참고 문헌

1. 김형진, 김은정, & 이승연. (2018). 학제간 융합연구자의 시행착오 극복을 위한 성공적 융합연구 방법 제안. 문화와융합, 40(1), 183-214.
2. 노영희, 이광희, & 정대근. (2018). 인문사회기반 융합연구 성과 영향요인 연구. 한국콘텐츠학회논문지, 18(6), 667-678.
3. 박귀순, 신숙경, 송영동, 이성종, 이은규, & 차은중. (2013). 창의적·도전적 융합연구 생태계 구축을 위한 기초융합연구 지원체계 수립에 관한 연구. 한국콘텐츠학회논문지, 13(12), 221-234.
4. 백연정. (2016). 융합연구팀의 과제와 미래: 조직행위론적 접근. 대한경영학회지, 29(2), 237-264.
5. 오현석, 배형준, & 김도연. (2012). 과학기술분야 융합연구자의 융합연구 입문과 과정에 관한 연구.
6. 이재익. (2014). 플렉서블 디스플레이 R&D 기술 디자인 융합연구. 한국과학예술포럼, 18, 519-529.
7. 전승표, 정재웅, & 최산. (2016). 데이터마이닝을 이용한 표준정책 수요 중소기업의 프로파일링 연구. 기술혁신학회지, 19(3), 511-544.
8. 전정환, & 김성규. (2014). 정부 융합연구사업의 연계성 분석. 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 415-423.
9. 정으뜸, 고시근, & 서원철. (2015). 기술적 파급효과 도출을 통한 기술융합 분석 연구. 지식재산연구, 10(4), 255-290.
10. 정재희, & 김성범. (2016). 언어 네트워크 분석을 통한 사물 인터넷 환경에서의 20대 리드유저의 인식 조사. 한국디자인문화학회지, 22(2), 613-625.
11. 하만석, & 안현철. (2019). 정형 데이터와 비정형 데이터를 동시에 고려하는 기계학습 기반의 직업훈련 중도탈락 예측 모형. 한국콘텐츠학회논문지, 19(1), 1-15.
12. 허정은, & 양창훈. (2013). 네트워크 분석을 통한 융합연구 구조 분석. 기술혁신학회지, 16(4), 883-912.
13. Abela, A. (2003). Additive versus inclusive approaches to measuring brand equity: Practical and ethical implications. Journal of Brand Management, 10(4), 342-352.
14. Berinato, S. (2019). The Harvard Business Review Good Charts Collection: Tips, Tools, and Exercises for Creating Powerful Data Visualizations. Harvard Business Press.

15. Cao, L. (2017). Data science: Challenges and directions. *Communications of the ACM*, 60(8), 59-68.
16. Glänzel, W., & Schubert, A. (2001). Double effort= double impact? A critical view at international co-authorship in chemistry. *Scientometrics*, 50(2), 199-214.
17. Haythornthwaite, C. (1996). Social network analysis: An approach and technique for the study of information exchange. *Library & information science research*, 18(4), 323-342.
18. Kay Giesecke, Gui Liberali, Hamid Nazerzadeh, J. George Shanthikumar, Chung Piaw Teo (2018) Call for Papers—Management Science—Special Issue on Data-Driven Prescriptive Analytics. *Management Science* 64(6):2972-2972
19. Lee, H. (2015). Uncovering the multidisciplinary nature of technology management: journal citation network analysis. *Scientometrics*, 102(1), 51-75.
20. OECD (2015), 「Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being」
21. 한국과학기술연구원(2018), 「2017년도국가연구개발사업 조사분석」,
22. 한국정보산업연합회 (2016), 「제4차 산업혁명의 핵심은 데이터다」.
23. 한국과학기술기획평가원 (2017), 「2017년도 국가연구개발사업 조사 분석 실시계획(안)과 입력 매뉴얼」.
24. 한국과학기술기획평가원 (2016), 「2015년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서」.
25. 한국과학기술기획평가원 (2017), 「2016년도 국가연구개발사업 조사· 분석 보고서」.
26. 국가과학기술위원회 (2008), 「국가융합기술 발전 기본계획(안)(‘09-’13) : 교육과학기술부 등」.
27. 미래창조과학부(2014), 「창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략(2014-2018)」.
28. 과학기술정보통신부(2018), 「제3차 융합연구개발 활성화 기본계획」.



융합연구리뷰

Convergence Research Review 2019 November vol.5 no.11