



융합연구리뷰

Convergence Research Review

융합기술

정신건강과 IT가 만나면?

- 국민정신건강 트렌드 모니터링 관리·플랫폼 개발 연구-

유현재(서강대학교 지식융합미디어학부 교수)

융합정책

텍스트마이닝을 활용한 국가연구개발사업 키워드 분석

- 2023년 에너지 분야 과제를 중심으로 -

미래융합전략센터 데이터분석팀

CONTENTS

01 편집자주

03 정신건강과 IT가 만나면?

23 텍스트마이닝을 활용한 국가연구개발사업 키워드 분석

융합연구리뷰

Convergence Research Review

2024 June Vol.10 No.06

발행일 2024년 6월 28일

발행인 임혜원

발행처 한국과학기술연구원 미래융합전략센터
02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5
Tel. 02-958-4987 | <https://kist.re.kr/fcsc>

펴낸곳 공간기획 Tel. 044-863-0978



미래융합전략센터
Future Convergence Strategy Center

편집자주

디지털 시대의 마음을 읽다: 정신건강과 IT의 만남

정신건강은 현대 사회에서 점점 더 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 특히, 디지털 기술 발전과 함께 사람들의 삶에 IT가 깊이 파고들면서, 새로운 문제들이 파생되고 있다.

국민들의 정신건강 추이를 적극적으로 유추하고 관리할 수 있는 새로운 방법, 이는 바로 IT 기술과의 만남이다. 국민 모두가 사용한다고 볼 수 있는 스마트폰의 미디어 환경 속 사람들이 남긴 수많은 디지털 흔적들은 그들의 감정과 정신건강을 그대로 보여주는 척도라 할 수 있겠다. 이러한 개별적 데이터들이 몇 가지로 유형화된 감정들로 분류된다면, 특정 시점에 국민들이 가졌던 감정변화나 정신건강 추이를 확인할 수 있는 것이다.

본 호 기술리뷰에서는 국민정신건강 트렌드 모니터링 관리·플랫폼 개발 연구를 다룬다. 국민들의 정신건강 추이를 정기적으로 파악할 수 있는 체계를 구축하고 정보를 제공한다면, 정부 및 지자체에서 국민 정신건강 증진을 위한 정책을 수립하는 데 활용될 것으로 기대된다.

키워드 분석으로 본 국가연구개발사업: 에너지 분야의 미래를 찾다.

현대 사회에서 에너지 자립도 향상과 안정적인 에너지 공급은 매우 중요한 이슈이다. 한 나라에서 사용할 수 있는 에너지를 얼마나 확보하느냐의 문제는 곧 국가의 경제, 그리고 안보와 직결되기 때문이다. 에너지의 90% 이상을 수입에 의존하는 우리나라는 에너지 확보의 대내외적 변동에 취약하며, 에너지 분야에 집중 투자하고 기술경쟁력을 확보해야 함이 절실하다.

따라서 본 호 정책리뷰에서는 에너지 분야의 연구 현황과 트렌드를 종합적으로 다룬다. 국가연구개발사업 NTIS 과제 데이터를 기반으로 텍스트 마이닝을 통한 키워드 분석을 실시하였다. 또한 에너지 분야 산학연 전문가를 대상으로 기술 동향 및 연구 아이디어 등에 대한 의견을 모았다.

최신 기술 동향과 국제적 추세를 반영하여, 국가가 에너지 분야에서 지속 가능한 발전을 이루기 위한 전략적 투자 방향을 모색하고자 한다. 이를 통해 에너지 분야의 주요 과제들을 이해하고, 정책 결정 과정에서 실질적 통찰을 제공할 수 있기를 바란다.



융합연구리뷰
Convergence Research Review

2024 June Vol. 10

No. 06

1. 융합기술

정신건강과 IT가 만나면?

유 현 재

서강대학교 지식융합미디어학부 교수,

서강헬스커뮤니케이션센터장

1. 정신건강과 IT가 만나면?

- 국민정신건강 트렌드 모니터링 관리·플랫폼 개발 연구 (2022~현재) -

유현재 (서강대학교 지식융합미디어학부 교수, 서강헬스커뮤니케이션센터장)

I. 융합: 문제해결형 연구의 핵심

다루고 있는 영역은 명확히 달라 보이지만, 매우 중요한 두 가지의 발표가 23년 12월에 있었다. 첫 번째는 국민정신건강에 대한 정부의 새로운 전략인 “정신건강정책 혁신방안”이었으며(2023년 12월 5일), 또 한 가지는 “제4차 융합연구개발 활성화 기본계획”이었다(2023년 12월 20일). 현재 우리 사회에 너무나 중요하고 당면한 이슈들이 존재하지만, 이 가운데 ‘마음건강’으로 불리는 정신건강에 대한 정부의 향후 청사진과 실행계획 등이 총망라된 내용이 바로 정신건강정책 혁신방안이었다. “정신건강정책, 예방-치료-회복의 3단계 관리로 대전환!”이라는 목표하에 오는 27년까지 100만명 심리상담 서비스 지원과 10년내 자살률 50% 감축을 설정하는 등 예방과 진단, 관리 측면에서 국가의 책임과 미션을 밝혔다. 서로 다른 영역이 협업을 통해 단일 분야에 의한 연구에서는 기대하기 힘들었던 시너지를 만들어 소기의 목적을 달성하려는 ‘융합’이 핵심 화두가 되는 비전과 계획 또한 국가과학기술자문회의를 통해 제안되기도 했다. 융합(Convergence)이야말로 ‘문제해결형’ 연구를 위해 반드시 활용되어야 할 원리임을 천명하고, 향후 5년간 범부처 융합연구의 방향제시를 마련해 발표한 것이다. 일견 다른 듯 보이는 위 두 가지의 발표들은, 본 원고에서 소개하는 연구와 정확하게 맞닿아 있다고 믿는다. 연구의 방식은 당연히 융합이며, 주제는 국민들의 정신건강에 대한 책임과 개선을 위한 구체적 방안을 제시하는 내용이기 때문이다. 연구는 아주 오래된 구분인 ‘문과-이과’의 상반된 분야에서 연구를 진행해 온 연구자들이 각자의 전문성을 재료로 제3의 성과를 도출하는 융합(Convergence)에 근거하여 진행되고 있다. ‘문제해결형 융합연구’를 추구하고 있는 것이다.

‘백세시대’라고 해도 과언이 아닐 정도로 평균 수명이 향상된 나라, 전반적인 건강 수준 또한 가히 세계적이라고 자부할 수 있는 환경이지만(김동석, 유현재 2022), 안타깝게도 우리나라 사람들의 정신건강은 상대적으로 매우

취약한 수준인 것으로 보고되고 있다(호규현, 정휘관, 전예술, 송민해, Shimamori, 유현재 2021). 정신건강의 모든 측면을 온전히 상징할 수는 없겠지만, 매우 중요한 지표로 받아들여지고 있는 우리나라의 자살률은 이미 OECD 국가중 10년 이상 수위를 차지할 만큼 심각한 수준이다(자살예방백서 2024). 2022년 기준 10만명당 자살자 수는 25.2명이며, OECD 국가 평균 10.7명과 비교하면 두 배가 넘는 정도로 심각한 편차를 보이고 있는 것이 현실이기도 하다. 자살만 유일한 문제라고 할 수도 없다. 다수의 국민들이 유지하고 있는 전반적인 정신건강 추이 전반을 살펴봐도, 우울증과 무망감, 공황 등을 경험하는 비율 또한 상당히 높은 수준인 것으로 보고되고 있기 때문이다(메디게이트 뉴스 2021). 더욱 안타까운 점은, 이처럼 정신건강 측면에서 취약하다는 사실은 피상적으로 당연히 받아들여지고 있음에도 불구하고, 정작 이 같은 일반적인 현상과 상황에 대하여 전 사회적으로 실상을 파악하고 개선하려는 노력은 그다지 발견되지 않았다는 점이다(이주경, 구분주, 이민지, 이호진, 유현재 2021).

이 같은 환경에서, 정신건강을 오직 개인 차원의 문제가 아니라 전 사회적 이슈로 받아들이며 다양한 방법을 파악하여 개선해야 한다는 목소리가 높아지고 있다. 지난 연말 정부가 발표한 “예방에서 치료, 회복까지 철저한 쏠단계 관리로 대전환!”으로 요약되는 정신건강정책 혁신방안은 이 같은 차원에서 큰 의미를 가지며, 국민들의 정신건강을 전 정부적 차원의 필수과업으로 삼아 효과적 인프라와 장치를 마련해 개선하겠다는 의지로 받아들여진다.

국민의 정신건강에 대한 다양한 노력의 필요성이 그 어느 때보다 강력하게 천명되는 상황에서, 궁극적인 대안으로 제시되는 원리 중 하나가 바로 ‘융합(Convergence)적 연구’에 의한 문제해결 추구라고 하겠다(정치윤, 신승용 2024). 융합(Convergent)적 노력은 특정한 주제의 연구를 단일 영역에서 수행하는 전통적 연구방식을 지양 및 보완, 다양한 분야의 전문가들이 동반 참여하여 그동안 가능하지 않았던 성과를 도출하려는 ‘문제해결형 연구패러다임’이기 때문이다(유현재 2022).

의학적 노력과 자연과학 차원의 노력은 정신건강의 가장 중요한 관여 분야임에 분명하다. 국민 모두가 육체적 건강 못지않게 정신적 측면에서 본인의 변화를 살피며 적절한 시기에 전문가를 방문, 정신건강 증진을 모색하는 행위야말로 너무나 직접적이며 중요한 방안이기 때문이다(호규현, 정휘관, 전예술, 송민해, Shimamori, 유현재 2021). 하지만, 이 같은 의료적 방법 외에 여타 영역과의 긴밀한 협업으로 개인적 차원은 물론 전 국민 차원, 즉 거시적 범위에서의 정신건강 증진을 모색하는 도전은 그다지 활발하지 않았던 측면도 있다(유현재, 임유진, 송연희 2023). 의학과 인문학, 심리학과 통계학, IT와 감정미학, 소통과 약물치료 등 언뜻 상호 어울릴 것 같지 않은 영역들을 효과적인 결합을 넘어 융합(Convergence)으로 승화하여 기존에 인지조차 못했던 방법을 찾아 문제에 접근하는 노력은 너무나 중요하다고 믿는다. 기존 특정한 분야에서 단일하게 접근하던 방법을 철저히 지양하고, 융합적인 사고에 의해 실질적인 문제해결을 의도할 경우, 그동안 예상하기 어렵던 제3의 효과를 기대할 수 있기 때문이다.

본 과업은 위 일련의 문제의식과 그동안 간과했던 새로운 기회에 대한 희망에서 출발하였다. 연구 제목인 “IT와 정신건강의 만남: 정신건강 트렌드 모니터링/관리 플랫폼 개발”에서 내포하는 것처럼, 사람의 감정이나 마음, 정신이라는 질적인(Qualitative) 영역의 심층적 파악과 개선을 위해 IT라는 매우 양적인(Quantitative) 원칙과 원리들을 활용해 소기의 목적을 달성하고자 기획되었으며 현재 진행 중이다. 성인의 95% 이상이 스마트폰을 보유하고, 절대적 다수의 국민이 사실상 ‘언제 어디서나’ 온라인 미디어와 연결되어 있는 환경에서 사용자들이 온라인 미디어 콘텐츠를 접하고 남기는 숏한 디지털 흔적들은 대중의 감정과 정신건강 상황을 파악하는 데 매우 중요한 재료가 된다. 불특정 다수가 디지털 공간에 남긴 대량의 정보를 분석하여 국민들의 감정과 정신건강 추이를 거시적으로 유추하고 의학적으로 해석하는 과업은 매우 유용할 것이라 믿으며 연구를 시작했다. 연구를 통해 분석된 결과는 전 사회에 걸쳐 정신건강의 중요성과 심각성을 지속적으로 알리는 소중한 계기가 될 것이며, 정부가 관련 정책을 기획하고 시행하는 데 중요한 참고의 역할도 할 수 있을 것이라 희망해 본다. 연구 개시 2년이 경과하는 시점에서, 본 연구의 동기와 배경, 주요 경과, 예상하지 못했던 변수들, 향후 예상되는 성과와 추후 융합 연구에 대한 제언 등을 정리해 보고자 한다.

II. 본 연구의 배경과 목적

커뮤니케이션과 미디어, 그리고 보건학을 전공한 융합연구자로서 정신건강증진 이슈에 관심을 갖고 있던 중, 2022년 보건복지부와 한국보건산업진흥원에서 관련 주제를 다루는 R&D 연구의 기회가 있음을 인지하였다. 제안서 작성과 추후 연구진행에서 역할을 담당할 수 있는 연구진의 섭외가 가장 중요하다고 판단되었다. 반드시 융합 기조를 보유한 통합적 연구진이어야 한다고 생각하였으며, 필자가 속한 커뮤니케이션 연구실과 컴퓨터 공학 연구자, 정신건강의학 연구팀과 구체적인 결과물과 시제품 제작 과정에서 필수적일 것으로 예상되는 IT기업에 참가를 요청하였다. 연구의 대략적인 주제는, 코로나 시기를 경험하며 이전보다 더욱 열악해진 것으로 알려진 우리 국민들의 정신건강 실태에 대한 과학적 파악과 개선책의 모색이었다. R&D 과제의 특성상, 연구의 성과는 당연히 특정 사회문제에 대해 명확한 해결책으로 제시될 수 있는 구체적 결과물이 상정되어야만 했다. 공고문에서 제시된 가치와 방향성을 전체 연구진과 공유하였으며, 최종적으로 제안할 과제의 제목은 “국민 정신건강 트렌드 모니터링/관리 플랫폼 개발”로 결정하였다. 연구의 구조와 목표, 확보되어야 할 성과, 최종적인 결과물 등을 수차례 시뮬레이션 하며 제안서를 준비하였다.

그림 1. 국민 정신건강 트렌드 모니터링/관리 플랫폼 개발



* 출처: 본 연구 제안 발표 자료

제안서에 등재한 연구의 공식 제목은 “국민 정신건강 트렌드 모니터링/관리 플랫폼 개발”이었지만, 연구진 내에서 전략적으로 설정한 융합 프로젝트명은 “Mind-Weather Forecast System” 기획 및 구축이었다.

연구설계를 위한 기본적 영감은 정신건강 관련 사안이 아니라 여타 분야에서 차용하였으며, 이 또한 융합의 원리를 활용하고자 하였다. 연구팀 내에서 설정했던 프로젝트명에서 유추할 수 있듯, 사회 구성원에게 너무나 중요하지만 일상에서 쉽게 확인하는 지표인 날씨처럼 국민들의 감정변화와 정신건강 추이를 과학적 방법으로 파악하여 알림으로써 사회적 참여도를 높일 수 있다는 시나리오를 떠올렸다. 심각한 사회문제 중 하나인 미세먼지에 대한 인지 및 경고 방식 또한 중요한 참고로 삼았다. 미세먼지가 시민의 건강한 삶에 중대한 위험 요소라는 사실이 본격적으로 알려지던 시기, 정부와 서울시는 미세먼지의 정도가 시시각각 변하는 환경을 접하며 심각의 수준이 국민들에게 빠르게 전달되어야 할 필요성을 느꼈다(데일리한국 2015.4.2). 미세먼지 발생 자체에 대한 저감 노력도 너무나 중요한 과업이지만, 미세먼지에 의해 건강의 피해를 즉각적으로 경험하는 피해의 주체인 국민들에게 특정 시기에 퍼져있는 미세먼지의 정도를 알려 개인이 대비할 수 있는 정책을 실시했던 것이다(디지털타임스 2016.6.6). 미세먼지의 심각 단계에 따라 “가급적 외출을 자제해 주세요!” “어린이와 노약자는 특히 유의해야 합니다!” 등 행동요령에 대한 안내체계를 갖추기도 했다. 다양한 미디어를 통해 미세먼지 정보와 적절한 행동지침을 안내하는 방법도 사용했지만, 남산에 있는 서울 타워의 조명을 달리하는 정책을 통해 미세먼지의 정도를 시민들에게 빠르게 알리는 방법도 사용했다. 미세먼지가 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하일 경우 타워의 색깔을 파란빛으로 장식하며 ‘좋음’을 나타낸다고 소통하였으며, ‘보통’이면 녹색으로 표현하였다. 36 에서 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 수준일 때는 ‘나쁨’을 의미하는 황색을 사용하기도 했다. 미세먼지의 심각성에 따라 개인은 마스크를 쓰거나 귀가를 서두르는 등, 직접적인 대처 효과도 상당했으며 미세먼지에 의한 건강피해 등을 사회적 의제로 시의적절하게 설정(Agenda Setting)하는 성과로 귀결되었다(디지털타임스 2016.6.6.).

그림 2. 서울타워의 조명 색깔 변화와 미세먼지 심각 정도 소통



* 출처: 데일리한국(2015)

이처럼, 과학적 방법론에 근거하여 도출해낸 중요한 정보들(예: 날씨, 미세먼지 정도)을 국민들이 이해하기 쉽게 정기적으로 전달하여 해당 상황에 부합하는 준비와 예방 행동을 할 수 있도록 조력하는 시스템이자 원리는 여타 영역에서도 효과적으로 적용될 수 있다고 판단하였다. 최근 너무나 중요한 이슈로 대두되고 있는 국민들의 정신건강 증진 사안에도 정확히 활용될 수 있다고 믿은 것이다. 연구진의 공감대를 바탕으로 “Mind-Weather Forecast System”의 기본적 원리를 아래와 같이 시각화할 수 있었다.

그림 3. “Mind-Weather Forecast System” 연구의 기본적 원리



* 출처: 3차 마음투자 정책콘서트 발표자료

연구진이 도출한 본 연구의 주요 목적이자 의미는 “국민들의 감정 상황과 정신건강 추이를 거시적이지만 매우 정기적으로 확인 및 파악할 수 있는 체계를 구축, 실시간 혹은 신속히 파악한 결과에 근거해 관련 정보를 제공함으로써 정신건강 측면에서 국민과 정부, 지자체 등 관련기관이 상황을 인지하고 적절히 대처할 수 있도록 조력함”이었다. 구축되는 “Mind-Weather Forecast System”에 의해 제공되는 정보는 향후 정부와 국회, 지자체 등 관련 그룹이 국민들의 정신건강 수준 개선을 위해 정책을 기획하고 실현함에 있어 중요한 자료가 될 수 있을 것이라는 기대효과와 또한 제안서에 포함하였다.

III. 데이터 수집 대상과 연구 방법론 기획

영광스럽게도 연구를 수주하게 되었고, 연구진은 즉시 제안서상 내용을 보완하며 본격적인 연구에 착수하였다. 초기 회의를 통하여, 연구진은 연구 전체의 지향점과 예상 성과 등에 대해 정교한 논의를 진행하고자 노력하였다. 연구진은 일반 국민들의 감정변화와 정신건강 추이를 거시적 차원에서 파악할 수 있는 수단이나 분석 대상에 대해 현실적으로 고민하였다. 온라인 미디어 콘텐츠, 그중에서도 특히 미디어 사용자들이 원활하게 자신의 반응을 남기는 SNS를 지목하였으며, 판단의 근거는 다음과 같은 명확한 현상들이었다. 하나는, 우리나라의 독보적인 스마트폰 보급률이었다. 성인의 95% 이상 스마트폰을 보유할 정도로 디지털 미디어에 대한 대중성이 압도적이었으며, 이는 결국 온라인 미디어(콘텐츠)가 한국인들의 삶에 어떠한 의미와 위상을 보유하고 있는지

쉽게 파악할 수 있게 하였다. 온라인 미디어(콘텐츠)야말로 한국인의 특성과 심리, 감정의 변화와 마음건강의 상황을 효과적으로 짐작할 수 있게 하는 중요한 자료라는 의미였다. 다음 근거는, 우리나라 사람들의 온라인 미디어 접근과 활용도가 기본적으로 높을 뿐 아니라, ‘남녀노소’가 없다는 사실이었다. 예를 들어, 전 세계에서 유튜브를 중심으로 하는 SNS의 사용률이 가장 높은 그룹 중 하나가 바로 한국의 5060 세대라는 보도도 있었기 때문이다(쿠키뉴스 2019.11.11).

따라서, SNS를 중심으로 하는 온라인 미디어 콘텐츠는 한국인의 감정변화와 정신건강 추이를 거시적으로 파악하기에 너무나 중요한 분석 대상이라는 결론에 도달하였다. 예전처럼 미디어를 수동적으로 수용하고 소비하는 데 그치지 않고, 경험하는 콘텐츠에 즉각적으로 반응하고 텍스트를 남기며 여타 사용자와 관계를 맺으며 소통하는 활동적 사용자(Active Users)가 증가하는 추세라는 사실 또한 확인할 수 있었던 것이다.

그렇다면, 연구진에게 주어진 또 하나의 중대한 결정은 바로 ‘어떠한 온라인 미디어 데이터를 어떠한 방법으로’ 수집하고 분석할 것인가에 대한 방법론의 합의와 모색이었다. 국민들이 온라인상 미디어 콘텐츠를 접하며 남긴 디지털 흔적을 활용하여 감정 변화와 정신건강 추이를 거시적 차원에서 파악하여 추후 관리나 예방, 개입을 위한 자료로 활용하도록 한다는 연구의 기본 원리는 명확해졌다고 판단되었기 때문이다.

연구 착수 후, 다양한 결정을 위해 연구에 참여하는 미디어 커뮤니케이션 연구진과 컴퓨터공학 연구진, 정신건강의학 연구진 등의 융합적 노력이 투입되었다. 일단 다양한 온라인 미디어 플랫폼과 콘텐츠 가운데 국민들의 감정변화와 정신건강 추이에 대한 거시적 판단에 유용할 것으로 생각되며, 현실적인 수집이 가능하다고 판단되는 데이터에 대해 논의하였다.

그림 4. 융합적 특성을 보유한 연구진과 연구의 개요에 대한 언론보도

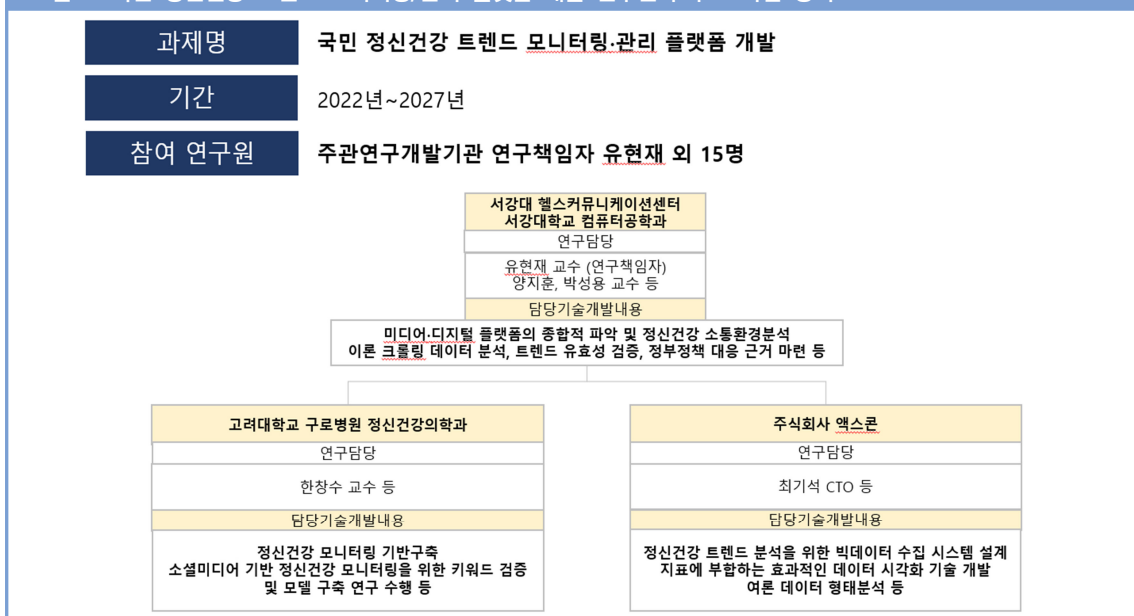
* 출처: 헬스인뉴스(2022)

초기 논의 시점에서는 특정한 사회 현상과 각종 사건, 사고 등에 일반 사용자들이 즉각적으로 의견을 밝히는 트위터(현 X)가 분석의 대상에 가장 가깝다는 의견이 지배적이었다. 해당 시점에서는 데이터의 확보가 비교적 용이했던 점도 현실적인 가능성을 높였다.

또 하나의 대표적 SNS 플랫폼인 유튜브 또한 매우 유용하다고 판단되는 분석 대상이었다. 뉴스 콘텐츠를 포함, 유튜브를 통해 제공되는 다양한 정보에 달리는 사용자들의 방대한 불특정 댓글은 국민들의 감정변화와 정신건강 추이 등을 간접적이지만 실질적으로 유추할 수 있는 데이터로 효용성이 높다고 판단했기 때문이다.

연구에 활용할 주요 분석 대상 데이터를 1차적으로 논의한 연구진은, 수집 시스템을 설계하는 한편 데이터 수집 과정에 이어 진행되어야 할 감정분류 등 분석 메커니즘 또한 본격적으로 토론하기 시작했다. 적절한 데이터가 안정적으로 제공된다고 가정했을 때, 다음 단계는 수집된 데이터를 어떠한 방법으로 처리할 것인가에 대한 고민이었기 때문이다. 데이터에 대한 전처리 과정은 물론, 데이터의 특성을 파악하고 구분하는 감정분류에 대한 내용, 감정분석 모델의 구성 등에 대한 논의를 진행하였다. 주기적 혹은 비주기적으로 학습용 데이터베이스(예: My SQL 또는 mongo DB 등)에 저장된 데이터를 활용하여 중요한 속성을 골라내고 불필요한 데이터는 제거하는 등 데이터를 가치있게 가공하는 전처리 과정의 계획부터 출발했으며, 전처리된 댓글 데이터를 어떠한 기준에 의해 합리적으로 분류할 것인가에 대한 사항도 너무나 중요한 영역이었다. 타당한 기준에 의한 분류와 모델의 구성 및 학습 과정 등은 궁극적으로 “Mid-Weather Forecast System”의 실효성과 가치를 결정할 것으로 생각되었다.

그림 5. 국민 정신건강 트렌드 모니터링/관리 플랫폼 개발 연구진과 주요 과업 영역



* 출처: 본 연구 개요 설명 자료

컴퓨터공학 연구진과 정신건강의학 연구진의 긴밀한 논의와 주요 선행연구에 근거하여(예: Ekman, Levenson, and Friesen, 1983), 수집되는 데이터들은 7가지 감정분류(행복, 분노, 슬픔, 공포, 놀람, 중립, 혐오)에 의해 1차적으로 구분해 연구를 진행하기로 결정하였다. 물론, 추후 진행 과정에서 분류에 대한 현실성과 타당성 검증을 통해 방식은 유동적일 수 있다고 예상하였다. 트윗이나 유튜브 콘텐츠에 달리는 댓글과 같은 대중의 반응을 대용량 데이터로 가공 및 파악하여 감정상태를 거시적으로 유추하는 작업에 일단 효과적인 구분이라 판단되었다. 사람들에게 의해 사용되는 특정한 용어와 표현들은 적절한 해석을 거쳐 감정은 물론 정신건강 상태를 유추하는 중요한 변인으로 사용될 수 있다(Ekman, Levenson, and Friesen, 1983). 컴퓨터공학 연구진에 의해 진행되는 전처리와 코딩, 분류의 과정과 모델 학습은 정신건강의학 연구진을 포함한 모든 연구진에게 공유되었으며, 융합에 의한 시너지를 창출하고자 노력하였다.

연구의 초기 단계이긴 했지만, 본 연구에 의해 궁극적으로 만들어질 트렌드 모니터링/관리 플랫폼이 제공하는 정보에 근거해 정부와 국회, 지자체가 국민의 정신건강 개선을 위해 개입할 수 있는 정책도 연구진의 시각에서 일부 논의를 진행하였다. 예를 들어 코로나 등 감염병의 창궐이나 심각 수준의 빠른 도래, 이태원 참사와 같은 사회적 재난의 발생과 자살률의 급격한 증가 등 이슈가 발생할 경우 국민들이 미디어에 남기는 흔적들을 키워드를 활용해 분석하여 정부와 지자체가 적절한 메시지나 지원 정보를 즉각 제공하는 시스템을 구축하는 방안도 제언할 수 있었다. 통상적인 정신건강 예방 및 예측에 유용한 시스템을 넘어, 특정한 사회적 상황이 발생했을 때 즉각적(Timely)인 마음건강 관리 및 책임시스템이 가동되는 구조를 지원하는 매개로서의 가치를 본 연구가 창출할 수 있다는 판단도 가능했다.

IV. 연구의 진행경과 및 중간성과, 언론보도 등

본 연구는 지난 22년 12월 시작된 이후, 만 2년에 들어서고 있다. 총 4개의 개별 연구진(미디어/커뮤니케이션 연구진, 컴퓨터공학 연구진, 정신건강의학 연구진, IT기업)으로 구분되어 세부 연구가 진행 중이며, 융합적 성과를 위한 긴밀한 협업으로 전체 차원의 목표를 설정하고 노력하고 있다. 연구가 수행되는 과정에서 데이터 수집 대상의 변화 등 전략적인 변화 또한 일부 있었지만, 아래와 같은 전체적 연구의 흐름은 변함없이 유지되고 있다.

대중적이며 일상적인 온라인 콘텐츠에 사용자들이 남기는 대용량의 텍스트를 크롤링 및 수집하며, 수집된 1차 데이터를 전처리 과정을 통해 가공하여 분석에 유용하다고 판단되는 데이터만 추출하는 단계를 수행한다. 이후, 개별적 데이터들이 7가지(분노, 슬픔, 행복, 혐오, 두려움, 놀라움, 중립)로 유형화된 감정의 구분상 어떠한

양상으로 정리되는지 파악 및 분류하는 과업이 진행되며, 특정 시점에서 파악된 감정분류 상황에 근거하여 국민의 전반적인 정신건강 추이를 유추하는 과업을 설정해 놓고 있다. 연구의 진행에 따라 주기적 혹은 비주기적으로 파악되는 국민들의 정신건강 추이를 다시 대중에게 알기 쉽게 전달하는 단계에 대한 토론도 진행 중이다. 국민들의 감정변화 및 정신건강 추이와 관련, 효과적인 디스플레이와 사회적 공론화를 통해 국민들의 정신건강 개선을 도모하는 어떤 정책을 제안할 수 있을지에 대한 부분도 중요하게 다루고 있다.

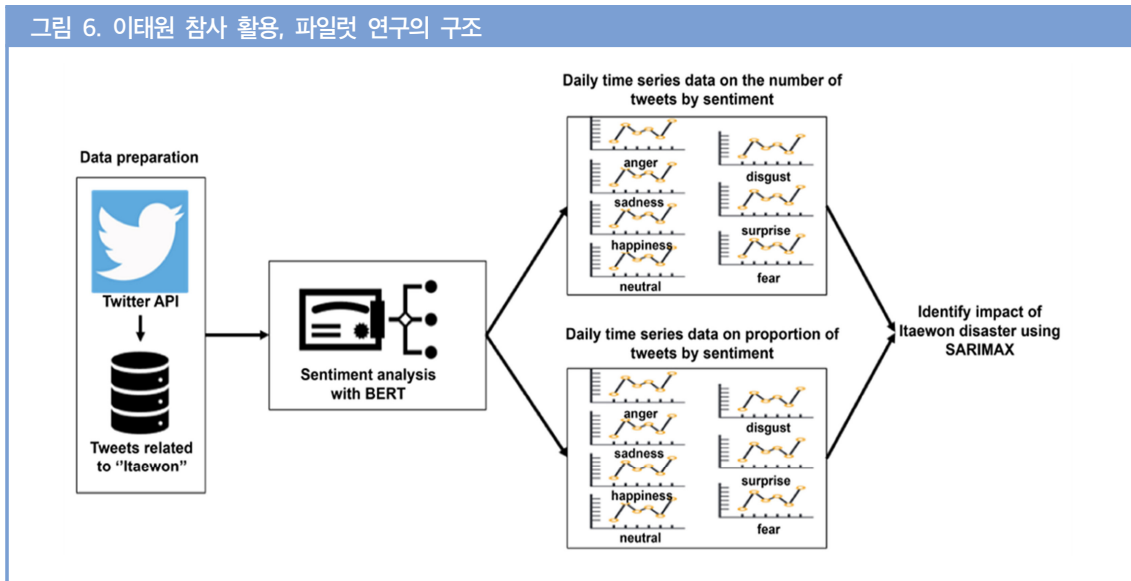
그동안 연구의 진행 과정에서 경험하고 결정했던 주요 경과 사항의 일부를 소개하면 다음과 같다. 첫 번째는 연구의 시작과 함께 시행한 파일럿스터디에 대한 사항이다. 국민들이 온라인 미디어에 남긴 텍스트를 실시간 혹은 매우 짧은 시간에 특정한 감정으로 분류하여 그 결과 양상을 거시적으로 디스플레이하려는 궁극적 목표를 가지고 있다. 하지만, 과연 연구진이 상정한 위 흐름이 어느 정도의 타당성을 보유하고 있는지 1차적으로 파악할 수 있는 파일럿스터디를 시행한 것이다. 해당 시점에서 수집이 용이한 데이터를 활용하여 크롤링하는 단계와 분석, 감정분류와 해석, 전체 사용자들과 일반 국민들의 정신건강 추이와 유추하여 연결해 보는 등, 연구 전체 단계로 상정된 일련의 과정을 시뮬레이션 해보는 기회였다.

특정한 키워드를 정하여 해당 시점에서 수집이 가능한 온라인 미디어 콘텐츠 상 남겨진 사용자들의 반응들을 추출하여 데이터로 활용하였다. 일단 연구의 주제이자 키워드는 '이태원 참사'로 정했다. 주지의 사실이지만, 이태원 참사는 지난 2022년 10월 29일 22시경 발생한 비극적 압사사고였으며, 무려 150명 이상이 사망하고 현시점에서도 상처가 여전한 사회적 재난이다. 본 연구진의 계획은, 사고가 발생했던 시점을 기준으로 약 2주간 범위를 설정하여(할로윈 시즌 포함, 10월 18일~11월 13일) 2022년을 일종의 실험군으로 삼아 이전 2년간 동일 기간에 남겨진 텍스트를 활용하여 대중의 감성변화를 파악해 거시적 차원에서의 정신건강 트렌드를 유추하고자 하는 것이었다.

분석의 대상은 파일럿테스트 시행 시점에서 데이터의 확보가 가능했던 트위터상 대중이 남긴 다양한 반응들이었다. 사회에서 발생하는 특정 사건이나 현상에 대해 즉각적으로 포스팅하는 트위터의 속성상, 2022년 포함 할로윈 시즌 사람들의 실제적인 감정들을 간접적으로 파악할 수 있을 것이라는 기대였다. 위 설명과 같이, 연도별 변동성을 고려하기 위해 2020년부터 2022년까지 3년간 할로윈 축제 2주 전후의 트윗들을 수집해 보았다.

수집된 트윗들은 앞서 마련한 대중의 감성 데이터 세트를 활용 및 미세 조정, 사전 훈련된 RoBERTa 신경망 모델을 사용하여 감성분석을 수행하였다. 분노와 슬픔, 행복과 혐오, 두려움과 놀라움, 그리고 중립으로 사전에 정의된 7가지 감정영역에 해당되는 트윗 데이터를 파악한 것이다. 일련의 데이터들은 심층분석을 위해 시계열 데이터 형태로 변환되었으며, 비교 및 시사점 도출을 위한 후속 과정도 진행되었다. 아래는 연구방법의 개요를 그래픽으로 정리한 것이다.

그림 6. 이태원 참사 활용, 파일럿 연구의 구조



* 출처: 본 연구의 컴퓨터공학 연구진, 정신건강의학 연구진 작성

연구의 대상으로 선택했던 2020년과 2021년, 그리고 2022년 10월 18일에서 11월 13일간 이태원을 키워드로 검색된 트윗의 수도 기본적으로 차이가 있었다. 2020년부터 각각 2,998건, 3,881건, 그리고 40,242건으로 상이한 모습을 보인 것이다. 트윗들을 7가지 감정부류 모델을 통해 분석해 본 결과에서도, 주목할 만한 결과는 나타났다. 예상은 했지만, 2022년 발생한 이태원 참사에 즈음해 사용자들이 남긴 ‘슬픔’과 ‘공포’에 해당되는 트윗들에서 유의미한 증분효과가 파악되었다. 결론적으로, 3년간 데이터의 시계열 분석은 2022년 이태원 참사 시기에 즈음하여 트윗의 수가 증가했으며, 트윗을 통해 나타난 국민의 반응에도 여타 연도와는 상이한 감정들이 배어 있었다는 사실이었다. 물론 두려움 등 여타 부정적 감정들 또한 다수 표출되는 양상을 보이기도 했다. 파일럿스터디를 통하여, 예상치 못한 사회적 재난과 사회적인 혼란 등이 트윗 등 소셜 미디어상 사람들이 드러내는 감정정보에 부정적 영향을 미친다는 사실은 실증적으로 충분히 확인할 수 있었다.

두 번째 주요 경과 사항은 분석의 대상, 즉 수집하는 데이터에 대한 변화였다. 위 파일럿스터디를 통해 연구진은 트윗의 의미 있는 활용 가능성에 대해 확인할 수 있었으나, 추후 분석모델의 정교화를 위해 지속되어야 하는 과업에 필요한 안정적 데이터 확보가 여의치 않음을 알게 되었다. 연구진은 데이터 확보를 위한 사전조사와 현실성 파악, 논의의 과정을 거쳐 본 연구의 방향성에 부합하며 현시점에서 데이터 수집이 용이한 유튜브를 새로운 대상으로 선정하였다. 더욱 구체적으로, 유튜브를 통해 제공되는 주요 언론사의 뉴스 클립에 시시각각 붙는 방대한 댓글을 분석의 대상으로 결정한 것이다. 파일럿테스트를 통해, SNS에 대중이 남긴 디지털 흔적들은 사회적 현상과 국민들의 감정 간 연관성을 판단하는 중요한 자료가 될 수 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 한국인이 가장 사랑하는 SNS로 알려진 유튜브에 남긴 텍스트들을 통해 더욱 중요한 시사점을 파악할 수 있다고 판단한 것이다.

유튜브 중에서도 주요 언론사가 유튜브를 통해 송출하고 있는 뉴스 프로그램에 달리는 사용자들의 댓글을 분석의 대상으로 삼기로 했다. 특정한 사회현상이나 사건사고와 관련된 정보를 전달하는 개별 뉴스를 접하고 즉각적으로 남기는 사용자들의 반응들은 본 연구를 위해 매우 소중한 재료라고 판단했기 때문이다. 현재 우리나라의 정보 소비자들이 특히 유튜브를 통해 개별 뉴스를 주로 접한다는 사실 또한, 연구방법 설정에 중요한 변수가 되었다. 파일럿스터디 이후 감정분류 모델의 고도화와 정확도를 높이는 작업을 위해 유튜브를 통해 제공되는 언론사의 뉴스에 동반하는 댓글을 분석의 대상으로 활용하며 후속 연구를 진행 중이다.

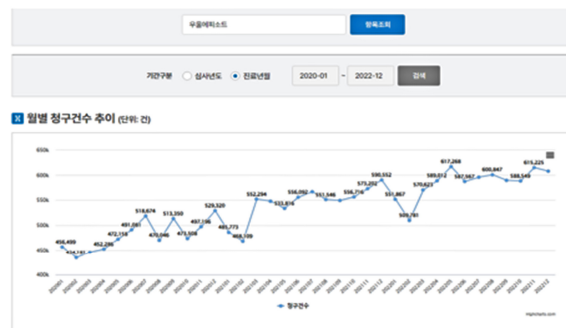
세 번째 주요 경과 사항은, 분석모델이 필연적으로 보유해야 하는 타당성을 확인해 보는 작업의 진행이었다. 대용량, 불특정 댓글 데이터를 7개 감정으로 분류 및 분석한 데이터 결과와 국민들의 정신건강 추이를 나타내는 객관적 지표를 비교하였다. 일반 국민들이 유튜브를 통해 뉴스 콘텐츠를 접하고 남긴 댓글 데이터들이 감정분류에 의해 구조화된다고 해도, 해당 결과가 과연 실제 국민들의 정신건강 추이와 어떠한 양상으로 연결되는지 타당한 설명이 없다면, 연구진의 일방적 주장으로 받아들여질 수도 있을 것이다.

정신건강의학과 연구진을 비롯한 전체 연구진이 댓글 데이터 분석 결과와 비교할 수 있는 결과 변수로서 타당하다고 판단한 지표는 정신건강 관련 의료보험 청구통계 자료였다. 총 78가지 정신건강 관련 의료보험 청구 통계는 월별로 청구 건수와 환자수, 지급액 등의 정보가 존재한다. 건강보험심사평가원의 건강보험 데이터와 본 연구의 감정분류 데이터를 비교하여 일정한 관계성이 확인될 경우, 국민들이 남긴 디지털 흔적들과 국민들이 경험하는 마음건강의 변화추이 간 일정한 패턴으로 해석될 수도 있다. 아래는 관계성 여부를 판단하기 위해 실행한 연구의 결과 사항이다.

그림 7. 통계청 및 의료보험 통계와 유튜브 뉴스 댓글 관련성 분석

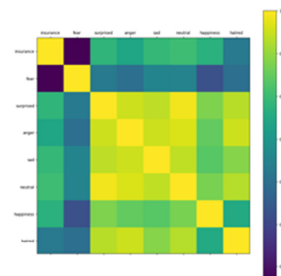
[의료보험 통계]

78가지 정신질환에 관한 의료보험 청구 관련 통계 월별로 청구건수, 환자 수, 지급액 등의 다양한 정보 조회 가능



[감정분류X심평원 데이터 매트릭스]

7가지 감정분류 데이터와 심평원 건강보험 데이터를 비교해 분석한 데이터의 타당성 검토



공포	놀람	분노	슬픔	중립	행복	혐오
0.366715	0.780816	0.739039	0.788552	0.802357	0.772216	0.622505

* 출처: 본 연구의 컴퓨터공학 연구진, 정신건강의학과 연구진 작성

위 주요 경과 사항 외, 최초 감정분류의 구조로 설정한 7가지 감정(분노, 슬픔, 행복, 혐오, 두려움, 놀라움, 중립)은 행복과 분노, 슬픔 그리고 중립으로 단순화하였다. 감정별 정확도를 높여 분석모델의 정교화를 의도해야 하는 목적이 판단의 중요한 근거가 되었다. 2차 자료를 통해 감정변화를 유추하고 감정분류의 양상을 통해 전체 사회의 감정상태와 정신건강 추이를 거시적으로 판단해야 하는 대전제를 고려한 것이다. 현재 고도화의 과정을 거치고 있는 감정분류 모델의 정확도는 매우 높은 수준이며, 추후 지속적인 테스트를 거칠 계획이다.

그동안 수행한 연구를 통해 도출된 중간성과를 바탕으로 각 연구진은 전문분야에 부합하는 학술대회에서 다수의 발표를 진행하고 있다. 학회를 통해 발표한 성과물은 논문으로 작성하여 제출 및 심사 중이며, 아래는 연구진이 국내외 학술대회에서 발표한 일부 사례들이다.

표 1. 중간 성과 활용 국내외 학술대회 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	38th ACM/SIGAPP Symposium On Applied Computing (SAC)	Seo, K. and Yang, J.	23.03.27	Tallinn University Conference Center, Tallinn	에스토니아 (Estonia)
2	EEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)	Choi, H., Lee, J. and Yang, J.	23.06.20	Vancouver Convention Center, Vancouver	캐나다 (Canada)
3	2023 International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR)	Choi, H., Na, C., Kim J. and Yang, J.	23.06.12	Thessaloniki	그리스 (Greece)
4	KHCA 한국헬스커뮤니케이션학회 2023 후기학술대회	유현재 외	23.12.09	연세대학교	대한민국
5	한국PR학회 2024 봄철정기학술대회	유현재 외	24.04.19	전주 라한호텔	대한민국
6	KHCA 한국헬스커뮤니케이션학회 봄철정기학술대회(예정)	유현재 외	24.06.15	연세대학교	대한민국

정신건강 관련 주요 의료기관인 국립정신건강센터와 보건복지부가 개최한 2022년 대국민 정신건강포럼 공개세미나 “마음투자 정책콘서트”에 본 연구의 연구진이 초청을 받았으며, “IT가 마음투자를 만나면?”이란 제목으로 연구의 핵심과 진행상황 등을 공유하여 큰 호응을 받았다. 그동안 정신건강 관련 일반적으로 논의되던 시각에 ‘융합’의 원리를 더해 거시적 측면을 제공했다는 의견을 받았다. 아래는 정책콘서트의 포스터와 발표의 주요 내용을 갈무리한 언론보도 사례이다.

그림 8. 마음투자 정책콘서트 포스터, 본 연구 발제 내용을 전한 언론보도

2022
대한민국 정신건강포럼 공개세미나
마음투자 포럼

이제는 마음에 투자하세요

3차 마음투자 정책콘서트

10.21(금) 14:30-17:00
여의도 글래드 호텔 bloom

1부 발제 14:30 - 15:40
마음 투자의 가치와 Reboot 전략
홍석환 교수(서울대학교 경영대학)
유지영이, 유영희는 정신건강 투자
최현우 대표(연세대학교)
김도원 위원장(대한민국 청소년학술진흥 위원회)
IT가 '마음투자'를 만나면?
유한재 교수(서울대학교 신문대학원)

2부 대담회 15:50 - 17:00
패널
전영숙 과장(보건복지부 정신건강정책과)
이우현 기자(한겨레신문/서울인)
정재훈 회장 (국회 보건복지위원회)

YouTube 마음투자포럼
온라인 신청서 실시간 신청서 진행

사전 등록

복지부, 대국민 정신건강 토론회 '마음투자 정책콘서트' 개최

입력 2022.10.21 17:02 수정 2022.10.21 17:02 유준상 기자 (ksoom, baco@daum.net)

인쇄 공유 가+

정부세종청사 보건복지부, 6세일리안 DB

보건복지부는 21일 오후 서울 영등포구 여의도 글래드 호텔에서 마음투자 공개토론회(포럼) '제3차 마음투자 정책콘서트'를 개최했다.

이번 제3차 마음투자정책콘서트는 1부 발제와 2부 대담회로 진행되며, 정신건강에 더 많은 관심과 지원이 필요하다는 메시지를 전달한다.

1부 발제에서는 코로나19 대유행, 1인 가구 증가, 고령화 등 환경변화를 고려한 정신건강 발전 방향과 정신건강 분야에 신기술을 접목하는 방법과 정신건강에 대한 사회적 관심과 마음 투자의 필요성, 방법을 공유했다.

* 출처: (좌)보건복지부 (2022), (우)데일리안 (2022)

본 연구의 전체 연구진과 우리나라 정신건강의 주요 정책 담당자들이 함께 참여하는 토론회도 개최되었다. 본 연구의 의미와 발전 방향에 대한 의견을 나누는 자리였으며, 지난해 12월 26일 “국민 정신건강 미래형 대응체계 모색, 국민 정신건강 개선과 IT의 역할”이라는 국회토론회였다. 보건복지위원회 신현영 의원실이 주최한 토론회에서, 본 연구의 전체 연구진과 추후 시스템의 구축과 디스플레이 관련 실무를 담당할 기업 일동은 본 연구가 보유한 융합적 특성과 차별점을 충분히 설명하는 기회를 가졌다. 현재 우리 사회가 무겁게 감당하고 있는 과제인 국민의 정신건강 개선에 단일 영역이 아닌 다양한 영역의 연구진이 참여하는 ‘문제해결형 융합연구’의 사례를 보여준 것이다. 아래는 국회토론회를 전한 언론 보도이다.

그림 9. 본 연구의 중간 성과를 논의하는 국회토론회 개최



* 출처: (좌)쿠키뉴스 (2023), (우)뉴시스 (2023)

토론회 좌장으로는 의사 출신 신현영 의원이 직접 담당하였으며, 본 연구의 성과와 향후 과제 등에 대한 폭넓은 논의를 이끌었다. 토론자로는 국민 정신건강에 대한 예방과 관리 등 업무를 주관하고 있는 보건복지부 정신건강정책과장이 참여, 정책 담당자로서 본 연구에 바라는 바에 대해 의견을 전달해 주었다.

V. 문제점 및 향후 계획, 마치며

연구의 진행 과정에서 다양한 문제점을 확인하고 있으며, 연구의 일부로 받아들이며 해결을 위해 노력하고 있다. 첫 번째는 충분한 타당성을 보유한 데이터에 대한 안정적인 확보 이슈이며, 국가 정책과 개별 기업의 관련 결정 등이 연구의 중요한 변수가 되고 있는 상황이다. 초기 파일럿테스트의 대상으로 삼았던 트윗은 기업의 정책 변화로 이제 추후 연구를 위한 데이터를 확보할 수 없는 상황이다. 현재 유튜브를 통해 제공되는 주요 언론사의 뉴스에 달리는 댓글을 통해 분석이 이루어지고 있으나, 추후 변화의 가능성 또한 배제할 수는 없다. 연구목적의 데이터 활용과 접근성에 대한 논의가 활발해 지기를 희망하는 이유이다. 두 번째 사안은, 그동안 시도되지 않았던 새로운 융합 연구에서 충분히 발생할 수 있는 이슈 중 하나로 판단되며, 연구진 상호간 각자의 연구 섹터가 수행중인 과업에 대한 이해도가 상이해 비롯되는 효율 저하의 가능성이다. 본 연구진의 경우 관련 사안을 해결하기 위해 전체 회의 전 필수적으로 실무진 회의를 개최하고 있으며, 사전 미팅을 통해 융합에 대한 상호 이해와 시너지를 지속적으로

지향하고 있다. 커뮤니케이션과 컴퓨터 공학, IT 기반 솔루션을 제공하는 일선 기업과 정신건강의학 연구진의 화학적 융합은 여전히 도전적인 과업이지만, 다양한 중간성과를 도출하며 순항 중이라 감히 말씀드리고 싶다.

본 연구의 소개를 마치며, 추가적 융합연구에 대한 의견을 제안하며 마치고자 한다. 본 연구의 핵심은 온라인 콘텐츠에 남기는 일반 국민들의 실제적인 반응을 익명화하여 대량으로 가공하여 분석, 국민들의 감정과 정신건강을 거시적으로 유추하려는 것이다. 본 연구의 경우 사용자들의 감정변화를 유추하는 재료로 사용하는 '미디어 흔적'은 텍스트인 '댓글'로 한정되어 있는 상태다. 하지만, 최근 AI의 등장 및 일반화와 함께 빠르게 진행되고 있는 다차원적 콘텐츠에 대한 분석, 즉 멀티모달에 대한 분석은 향후 본 주제를 다루는 연구에서 중요한 변수가 될 것이라 예상해 본다. 추후 유사 연구에서는 반드시 검토되고 적용되어야 할 사안이라 믿는다. 대중의 감정을 읽어내려는 것이 중요한 목적이라면, 텍스트 외 대중이 최근 텍스트와 동반하여 활발하게 사용 중인 비주얼이나 소리, 동영상 등을 함께 분석하는 고찰도 분명 필요해 보이기 때문이다. 물론, 이 같은 과업은 융합의 원리와 함께 더욱 효과적으로 수행될 것이다.

또 하나, 대중이 남기는 다양한 디지털 흔적과 정보에 의해 국민들의 감정변화와 정신건강 추이를 파악하고 개선하는 정책에 시사점을 제공하는 것을 연구의 목표로 잡는다면, 디지털 흔적의 정의와 범위를 넓히고 변수를 추가할 수도 있지 않을까 한다. 거시적 차원에서의 국민 정신건강 추이에 대한 예측, 자살률 등락 양상을 앞서 파악하고 대처하려는 목적으로 진행되는 연구를 수행한다면 국민들이 온라인에 남기는 댓글은 물론 소비자 물가지수와 필수 공공금의 납부 추이, 날씨의 변화와 노숙자 증감 등 개연성이 있을 것으로 판단되는 각종 변수들을 투입하는 '융합적 정신건강 예측모델'을 상정할 수도 있다는 뜻이다. 특히, 전 세계에서 비교 대상이 없을 정도로 심각한 자살률을 사전 예측하여 선제적으로 관리하기 위한 '문제해결형 융합모델'의 개발은 너무나 시급한 과업이란 생각이다.

저자소개 유현재 (Yu Hyunjae)

• 학력

조지아 주립대학교 매스커뮤니케이션학 석·박사
인하대학교 학사

• 경력

現) 서강대학교 미디어커뮤니케이션대학원 교수
前) 서강대학교 신문방송학과 교수
現) 중앙자살예방센터 운영위원
現) 지역사회 건강생활실천 캠페인 컨설트 위원
現) 한국광고학회 이사
前) 한국 헬스커뮤니케이션 학회,
헬스커뮤니케이션 연구 편집장
前) 미국 루이지애나 주립대학 저널리즘 스쿨 교수
前) 제일기획 카피라이터
前) 금강기획 카피라이터

참고문헌

〈국내문헌〉

- 1) 김동석, 유현재 (2022), “환자단체 보도자료와 미디어 보도기사 사이 주요 의제 차이 분석: 텍스트 마이닝 기법을 중심으로,” 광고PR실학연구, 16(1), 7-38.
- 2) 데일리한국 (2015), “서울타워 조명 색깔로 미세먼지 농도 구분,” 데일리한국, 이해영 기자, 2015년 4월 2일.
- 3) 디지털타임스 (2016), “서울시, 미세먼지와 전면전...청량로봇 시스템 개발 추진,” 디지털타임스, 송혜리 기자, 2016년 6월 6일.
- 4) 메디게이트 뉴스 (2021), “한국, 우울증 OECD 1위, 36.8%...우울증 치료율은 최저,” 메디게이트 뉴스, 2021년 5월 27일.
- 5) 보건복지부, 한국생명존중희망재단 (2024), 자살예방백서
- 6) 유현재 (2022), “IT가 마음투자를 만나면?” 2022 대국민 정신건강포럼 공개 세미나, 마음투자포럼, 3차 마음투자 정책콘서트, 2022년 10월 21일, 여의도 글래드호텔.
- 7) 유현재, 임유진, 송연희 (2023), “국민 정신건강 트렌드에 대한 탐색적 고찰,” 한국헬스커뮤니케이션학회 후기 학술대회, 2023년 12월 9일.
- 8) 이주경, 구본주, 이민지, 이호진, 유현재 (2021), “대중의 정신건강 상담의도에 영향을 미치는 요인,” 헬스커뮤니케이션연구, 20(1), 37-74.
- 9) 정치윤, 신승용 (2024), “감각대체를 통한 포용적 기술개발,” 융합연구리뷰, 10, 38-65.
- 10) 쿠키뉴스 (2019), “한국인의 유튜브, 유튜브 경제학 이야기,” 쿠키뉴스, 금진호 한국연금개발원 연구위원, 2019년 11월 11일.
- 11) 호규현, 정휘관, 전예슬, 송민해, Shimamori, 유현재 (2021), “정신질환자에 대한 접촉 경험이 정신질환자에 대한 편견에 미치는 영향: 사회적 거리감의 매개효과를 중심으로,” 정신건강과 사회복지, 49(4), 79-102.

〈국외문헌〉

- 1) Ekman, P., Levenson, R., and Friesen, W. (1983), “Autonomic Nervous System Activity Distinguishes among Emotions,” Science, New Series, 221(4616), 1208-1210.



융합연구리뷰
Convergence Research Review

2024 June Vol. 10

No. 06

2. 융합정책

텍스트마이닝을 활용한 국가연구개발사업 키워드 분석

미래융합전략센터 데이터분석팀

2. 텍스트마이닝을 활용한

국가연구개발사업 키워드 분석

- 2023년 에너지 분야 과제를 중심으로 -

미래융합전략센터 데이터분석팀

I. 서론

이 글의 목적은 국가연구개발사업 과제의 키워드를 분석하여, 에너지 분야의 과제 동향을 파악하는 것이다. 현재 어떤 키워드가 주목받고 있는지, 어떤 과제 위주로 진행되고 있는지를 파악할 수 있으며, 이를 바탕으로 새로운 과제를 기획하거나 향후 연구주제 발굴에 도움이 될 수 있을 것이다.

왜 에너지 분야인가? 에너지 분야는 국가의 경제와 안보에 직결되므로, 에너지 자립도 향상 및 안정적인 에너지 공급망 구축은 국가의 중요한 과제이다. 2022년 우리나라의 에너지 수입 의존도(Energy Dependence on Import)가 94%로 에너지 자립도(Self-Sufficiency)는 OECD 최하위 수준이다(에너지플랫폼뉴스, 2023). 경제적 파급효과 또한 크다. 에너지 기술의 발전은 산업 전반에 걸쳐 긍정적인 경제적 파급효과를 미친다. 신재생에너지, 스마트그리드 등은 새로운 산업과 일자리를 창출한다. 일례로 미국에서는 청정에너지 성장이 2023년 GDP 성장의 약 6%를 차지했을 뿐만 아니라 인플레이션 감축법과 같은 정책이 청정에너지 제조업과 전기차 판매를 크게 증가시키기도 하였다(IEA, 2024). 기후변화와 환경 문제 또한 글로벌 이슈로서 에너지 분야에서의 혁신은 탄소 배출 감소와 환경 보호에 중요한 역할을 한다.

에너지 분야 키워드를 종합적으로 분석하기 위해 통합분석 방법론을 활용하였다. 정량적인 방법으로 2023년 국가연구개발사업 NTIS 과제 데이터를 활용하여 텍스트마이닝 키워드 분석을 수행하였고, 정성적인 방법으로 에너지 분야 산학연 전문가 10인을 대상으로 키워드 동향 및 미래 연구 방향에 대한 의견을 청취하였다. 이를 종합하여 과제의 키워드 분포와 주요 토픽의 군집화를 시도하고 향후 연구 분야의 방향 설정에 대해 논의하였다.

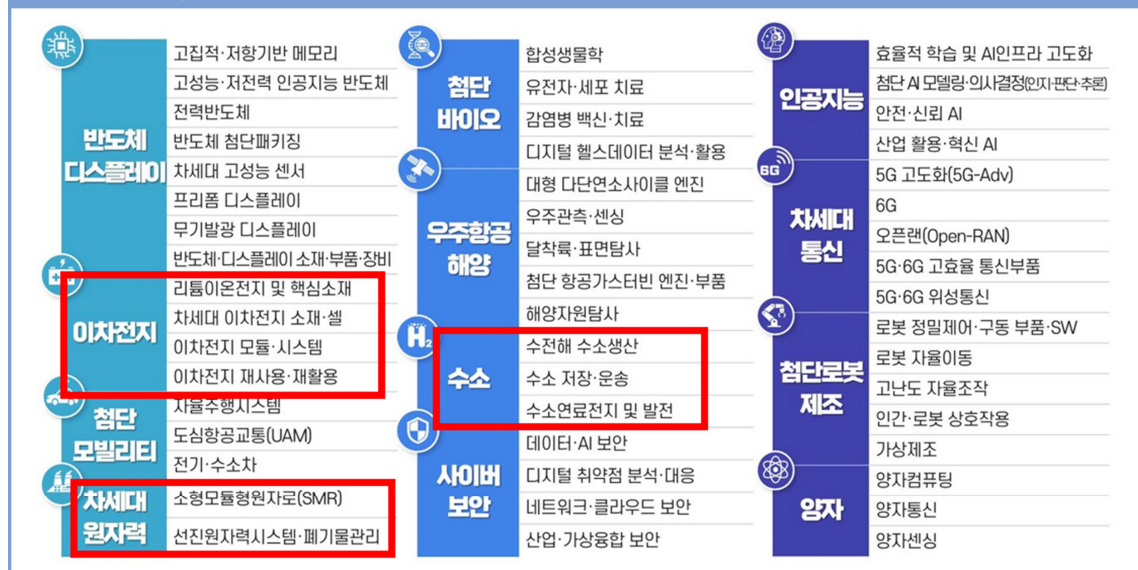
II. 12대 국가 전략기술과 기술 트렌드

1. 12대 국가 전략기술

국가과학기술자문회의는 2023년 12월 ‘국가전략기술선정안’을 심의·의결하고 12대 국가 전략기술을 확정했다. 정부는 반도체·디스플레이, 이차전지, 첨단 모빌리티, 차세대 원자력, 첨단 바이오, 우주항공·해양, 수소, 사이버보안, 인공지능(AI), 차세대 통신, 첨단로봇·제조, 양자 등 12개 기술을 선정하였다.

12개의 전략기술 중 에너지 연구개발과 직접적으로 관련된 분야는 세 가지이다. 첫째 이차전지 분야로 ①리튬이온전지 및 핵심소재, ②차세대 이차전지 소재·셀, ③이차전지 모듈·시스템, ④이차전지 재사용·재활용 기술이 선정되었다. 둘째, 차세대 원자력 분야로 ①소형 모듈형원자로(SMR), ②선진원자력시스템 및 폐기물 관리 기술이다. 마지막으로 수소 분야는 ①수전해 수소 생산, ②수소 저장·운송, ③수소연료전지 및 발전이 중점 기술이다. 이와 함께 에너지 연구개발과 관련된 분야로는 첨단 모빌리티 분야로 ①자율주행 시스템, ②도심항공교통(UAM), ③전기·수소차가 선정되었다. 이는 곧 정부가 해당 에너지 분야에 예산을 집중 투자하고 기술 경쟁력을 확보에 우선순위를 둔다는 의미이다.

그림 1. 12대 국가 전략기술



* 출처: 국가과학기술자문회의(2023), 에너지신문(2023)에서 재인용

2. 기술 트렌드

한편, 기술 트렌드는 끊임없이 변화하고 발전하기 때문에, 미래 사회를 대비하기 위해서는 최신 트렌드를 파악하는 것이 중요하다. 해외에서는 미래 성장 잠재력이 높은 분야에 집중 투자하여 연구개발 효율성을 높이기 위해 어떤 기술개발을 지향하고 있는지 살펴보았다. 우선, 백악관의 “Critical and Emerging Technologies

List Update”는 미국의 국가 안보와 경제 경쟁력을 강화하기 위해 청정 에너지 생산과 저장을 중심에 두었다. 두 번째로 세계경제포럼(WEF)의 “Top 10 Emerging Technologies of 2023”목록은 전 세계의 기술 혁신과 경제, 사회, 환경적 영향을 이해하는 데 중요한 역할을 하는 자료로 플렉서블(Flexible) 배터리와 지속 가능한 항공 연료를 지목하였다. Future Today Institute(FTI)는 미국 캘리포니아주에 있는 민간 연구기관으로 기술, 비즈니스, 사회 전반에 걸쳐 미래 트렌드를 연구하고 분석하는 데 중점을 두고 있다. 정기적으로 발행하는 Tech Trends Report는 다양한 산업과 기술 분야의 주요 트렌드를 다루며, 기업, 정부, 비영리 단체 등이 미래 전략을 세우는 데 활용되고 있다. 에너지의 생산, 저장, 활용 등 대부분 분류체계를 포괄하는 영역에서 기술 트렌드를 다루었다. 마지막으로 MIT의 ‘10 Breakthrough Technologies 2024’에서는 초고효율 태양전지와 지열 시스템 등을 최근 트렌드로 제시하였다.

표 1. 최근 에너지 분야 주요 기술 트렌드

Critical and Emerging Technologies List Update (White House, 2024)
[Clean Energy Generation and Storage] • Renewable generation • Renewable and sustainable chemistries, fuels, and feedstocks • Nuclearenergysystems • Fusion energy • Energy storage • Electric and hybridengines • Batteries • Gridintegrationtechnologies • Energy-efficiency technologies • Carbon management technologies
Top 10 Emerging Technologies of 2023 (World Economic Forum)
[Flexible batteries] • Powering wearable technologies for healthcare and e-textiles [Sustainable aviation fuel] • Moving the aviation industry towards net-zero carbon emissions
2024 Tech Trends Report (Future Today Institute)
[New Solar] • Concentrated Solar • Multitasking Solar • Dispatchable Solar • Perovskite Cells • Dye-sensitized Solar Cells • Organic Solar Materials • Solar Thermophotovoltaics [New Wind] • Offshore Floating Wind Turbines • Vertical Wind Turbines • Going Bladeless • Airborne Wind Energy • AI Wind Farms • Dispatchable Wind Energy Production [Other Renewables] • Geothermal • Supercritical Geothermal • Using Geothermal for Energy Storage • Ocean Thermal Energy Conversion • Hydropower • Digitalization • Small Scale Hydro • Hydro as a Water Battery • New Turbine Design [Clean Fuels] • Hydrogen • Reducing the Cost of Hydrogen Production • New Base Materials • Biofuels • Biofuels From Hemp • Biofuels From Algae • Syngas From the Sun [Fossil Fuel Innovation] • Rededication of Contaminated Land • Reducing the Carbon Footprint of Fossil Fuels • Methane Emissions Reductions

2024 Tech Trends Report (Future Today Institute)**[New Nuclear]**

- Fusion • Fusion Momentum • Privately led Fusion Projects • Molten Salt Reactors
- Laser-Driven Fusion/ • Small Modular Reactors

[Emerging Forms of Energy Production]

- Energy From Thin Air • Wave Power • Tidal Turbines • Mimicking Photosynthesis

[Energy Storage]

- TPV Batteries • Iron Batteries • Solid State Batteries • Gravitational Energy Storage
- Flow Batteries • Capacitors • Compressed Air Storage (CAES)

[Energy Transport]

- UHV Power Lines • Superconductors

[The Grid]

- Dynamic Line Rating (DLR) Systems • Balancing the Flow of Power Within the Grid
- Emissions Removal

[Carbon Capture and Storage]

- Natural CSS/ • Direct Air Capture • CO₂ Storage

10 Breakthrough Technologies 2024 (MIT)

- Super-efficient solar cells • Enhanced geothermal systems
- Heat pumps • Thermal batteries

III. 데이터 및 방법론

1. 데이터

국가과학기술지식정보서비스인 NTIS를 통해 2023년 국가연구개발사업 과제를 수집하였다. 2024. 5. 8.자로 실시간 검색된 전체 과제 69,722건 중 제목, 초록, 연구목표 및 내용, 기대효과에 '에너지'가 포함된 1억 이상의 과제를 추출, 모집단으로 설정하였다. 다만 에너지라는 키워드가 포함되어 있는 과제들에는 생명과학·공학 분야의 과제들이 섞여 있어 일부 부처를 삭제하고 불용어(stop word) 처리를 통해 해당 과제들의 키워드를 분석 대상에서 제외하였다. 최종 3,677개 과제(2.3조원)의 초록, 연구목표 및 내용을 코퍼스 (corpus: 자연어 처리를 위한 문서 집합)로 생성 후 텍스트마이닝 분석 자료화하였고 최종 대상 과제에 대한 기술통계량은 아래와 같다.

표 2. 분석 대상 과제의 기술통계량

부처	과제수	정부 투자 연구비 (단위: 백만원)						
		최소값	1사분위	중앙값	평균	3사분위	최대값	표준편차
과학기술정보통신부	1,684	100	147	200	543	500	60,000	1,996
산업통상자원부	772	100	441	765	1,107	1,300	10,099	1,269
중소벤처기업부	501	100	155	200	228	238	5,632	311
교육부	234	100	101	291	454	717	6,100	630
해양수산부	113	100	150	290	571	664	3,857	732
다부처	82	100	150	300	557	500	5,887	884
환경부	74	120	213	439	740	987	6,300	928
기획재정부	53	125	150	150	350	511	891	286
농촌진흥청	47	100	200	330	532	441	9,121	1,297
국토교통부	45	123	470	900	1,948	3,000	7,560	2,141
농림축산식품부	40	100	137	171	207	248	629	120
산림청	17	100	165	225	319	500	775	208
기상청	9	100	150	200	408	290	1,615	494
원자력안전위원회	6	100	206	267	263	324	415	111

2. 방법론

정량적인 분석 방법과 함께 이를 보완하기 위해 정성적인 전문가 의견을 통합 활용하였다.

정량 방법론으로서 텍스트마이닝은 방대한 양의 텍스트 데이터를 자동으로 분석하여 핵심 정보를 추출하고 패턴을 파악하는 데 유용한 도구이다. 주관적인 판단에 의존하지 않고, 객관적인 데이터 기반으로 분석을 수행한다. 이를 통해 연구 동향, 기술 발전 방향, 정책 효과 등을 정량적으로 파악하여 의사결정의 신뢰성을 높일 수 있다. 특히, 과학기술 분야는 객관적인 데이터 기반의 분석이 중요하기 때문에 텍스트마이닝의 활용이 더욱 효과적일 수 있다. 본 분석에서는 빈도분석(Word Cloud), TF-IDF(Term Frequency-Inverse Document Frequency), 의미망(semantic network) 분석, LDA(Latent Dirichlet Allocation) 기반 토픽 모델링을 사용하였다.

정량적인 과거 데이터 해석을 보완하기 위해 정성적인 방법으로서 에너지 분야 산학연 10명의 전문가(대학5, 출연연 2, 기업 3명)의 자문을 통해 향후 융합기술 개발 연구주제에 대해 자유토론을 진행하였다.

IV. 분석 결과

1. 키워드 빈도

워드 클라우드(word cloud)는 단어 빈도를 구름 모양으로 표현한 그래프이다. 에너지 분야로 구분한 각 과제를 대상으로 코퍼스(corpus) 생성하고, 분석 정확성 향상을 위해 ‘연구’, ‘개발’과 같이 분석 목적에 있어 중요하지 않은 단어는 불용어(stop word) 처리하였다. 각 키워드의 빈도에 따라 글자 크기와 색상이 다르게 표현하였기 때문에 어떤 키워드가 얼마나 많이 사용되었는지 한눈에 파악할 수 있다.

2023년 국가연구개발사업의 에너지 분야 과제에서는 소재, 나노, 촉매 등과 같이 구성물질이나 방법에 관한 범용어를 제외하면, 이차전지, 배터리, 플랫폼, 수소, 연료전지, 태양광 및 태양전지, 이산화탄소, 암모니아, 플라스마 등이 높은 빈도로 등장하고 있다.

그림 2. 한글 키워드 워드클라우드

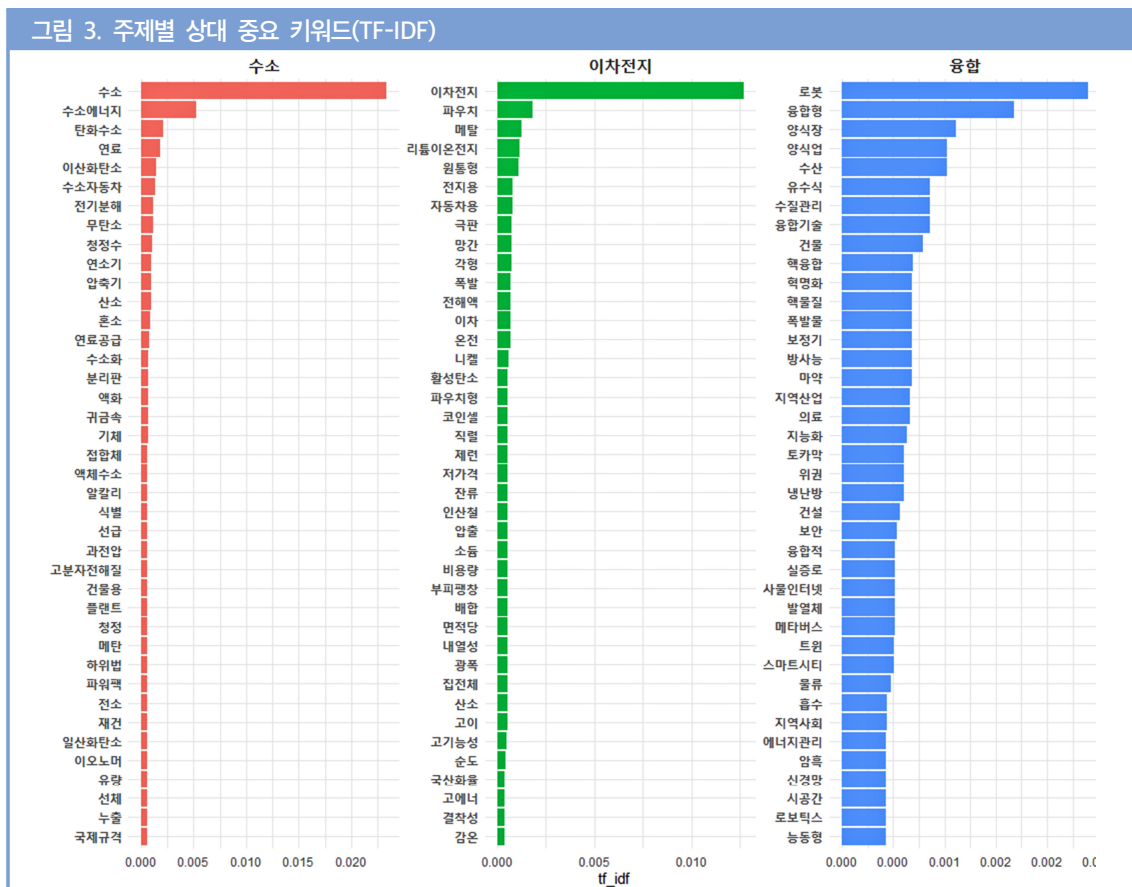


워드 크라우드는 전반적인 키워드의 빈도를 파악하는 데 유용하지만, 키워드의 맥락을 고려하지 않고 단순히 빈도로만 표현되어 정보가 불완전할 수 있다. 특정 키워드가 빈도는 높지만 실제로는 중요하지 않은 경우가 있을 수 있기 때문이다. 이에 보다 깊이 있는 해석을 위해 키워드 간 상대적 빈도와 단어 간 맥락 고려가 필요하다.

2. 키워드 상대빈도

앞서 언급한 바와 같이 12대 국가 전략기술에서 수소와 이차전지는 에너지 기술의 핵심 분야이다. 또한 융합의 관점에서 에너지 분야 과제들은 어떤 키워드들이 등장하는지 파악하였다. 셋 이상의 주제군으로 과제를 구분하고, 이들을 비교하기 위해 ‘단어빈도-역문서 빈도’(TF-IDF) 방법을 활용하였다. 중요한 키워드는 단순히 자주 사용되는 키워드가 아니라 흔하지 않으면서도 특정 군에 자주 사용된 키워드라고 할 수 있다. TF-IDF를 이용하면 특정 부분의 개성이 드러나는 주요 키워드를 찾을 수 있다.

각 주제군에서 상대적으로 많이 등장하는 키워드의 분포는 아래 <그림 3>과 같다. 수소와 이차전지 군에서는 관련 연구개발의 주요 키워드가 나타나지만, 융합 군에서는 핵융합과 관련된 용어가 등장하고, 기술의 개발과 더불어 스마트시티나 사물인터넷, 로봇 등 상대적으로 기술의 활용 및 방법, 적용 대상 차원에서의 용어가 보이는 점이 특징이다.



3. 키워드 의미망 분석

앞서 제시한 워드 클라우드와 TF-IDF에서는 중요한 키워드를 알 수는 있지만, 어떤 맥락에서 사용되었는지는 알 수 없다. 맥락을 이해하려면 단어의 관계를 이용해 의미망(semantic network)을 만들고 키워드들이 어떻게 연결되는지 살펴볼 필요가 있다.

연이어 사용된 n 개의 단어가 엔그램(n -gram)이다. 이를 이용하여 연이어 자주 사용된 단어 쌍을 파악하기 위해 바이그램으로 토큰화한 후 네트워크 그래프를 그려보았다.

이러한 절차를 거쳐 단어 간의 공동 출현 빈도를 기반으로 유사 단어 그룹을 자동으로 생성하고 키워드 군에 숨겨진 의미 관계를 파악하였다. 단순히 유사 단어를 찾는 것뿐만 아니라, 각 단어 간의 관계까지 파악할 수 있어 키워드 분포 체계를 이해하는 데 도움을 줄 수 있다.

큰 원(동그라미)을 중심으로 나누어 살펴보면, 이차전지는 일반인들에게도 잘 알려진 바대로 리튬, 분리막 및 전극과 연결성이 강하다. 유사한 키워드인 배터리 또한 기본적으로 전기차 및 충전시스템, 재사용에 연결되어 있다.

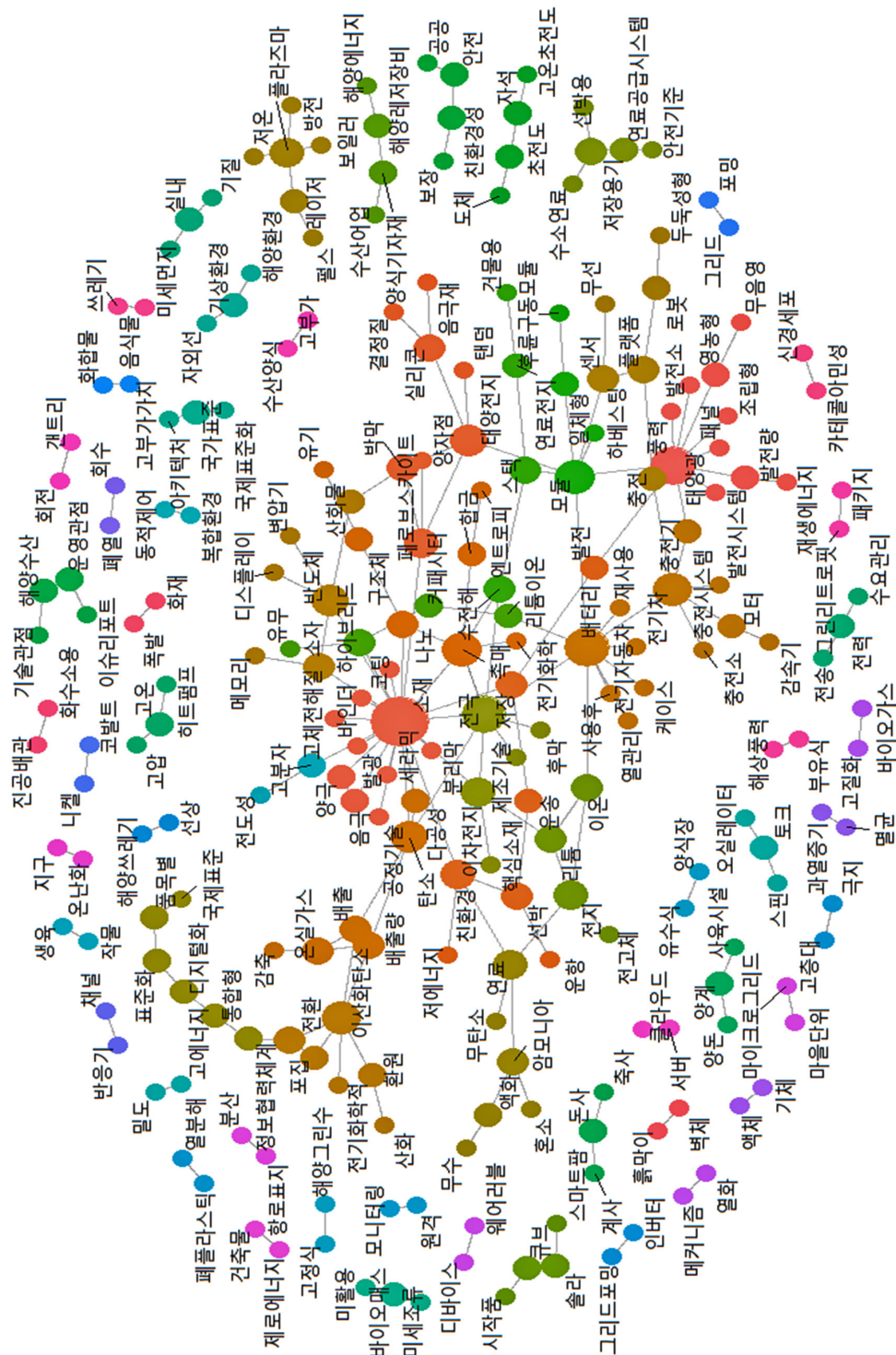
태양전지는 페로브스카이트, 탠덤, 실리콘, 모듈과 관련성이 높아 전통적 접근에 비해 ‘고효율’ 쪽으로 연구가 진행되고 있음을 짐작할 수 있다. 이는 10명의 전문가와의 토론과정에서 최근 태양전지 연구의 경향과 유사한 결과이다. 태양광은 건물, 패널, 영농형과 연결됨과 동시에 모듈을 통해 태양전지까지 연결되어 있다. 농림축산식품부 등 정부가 농가소득을 높이기 위해 영농형 태양광을 도입하는 정책과 관련이 있어 보인다. 이산화탄소는 포집과 전환, 환원이라는 키워드와 의미가 연계되고 있다. 하이브리드와 커패시터의 연결된 모습으로 짐작할 때 에너지 저장 및 출력 개선도 주요 카테고리를 형성하고 있다. 큰 키워드 덩어리별로 살펴본 결과 언론에서 접하게 되는 에너지 이슈들과 동떨어지지 않은 모습이다.

중심적 의미 군을 벗어나 보면, 폐열과 회수, 그리고 폐플라스틱과 열분해도 에너지 생산관점에서 묶일 수 있다. 마이크로그리드가 마을 단위로 묶여 있어 스마트그리드 관점에서 보다 소규모로 연구되는 경우도 확인할 수 있다. 수소 연료가 저장 용기를 통해 선박용에 연결되어 있어, 에너지 수송에 대한 내용도 일부 개발되고 있는 것으로 보인다.

스마트팜이 돈사, 축사와 연결되어 있어 에너지 이슈가 발견된다. 또한 가축분뇨 처리 과정에는 상당한 에너지가 소비되지만 가축분뇨의 에너지화에 대한 이슈도 공존한다. 최근 기사에 따르면 우분(소똥)을 고체연료화하는 실증도 추진되고 있는 점과 관련 있어 보인다(이투스, 2024).

전반적인 키워드 분포를 확인하고 해석하면서 유의해야 할 점은 각 과제의 키워드가 단순히 알고리즘에 의해 의미망으로 연결되어 있다고 해서 실제로 R&D 주체들이 동일한 맥락으로 연구개발을 수행한다고 단정할 수 없다는 점이다. 거시적인 차원에서 어떤 키워드들이 중심에 있고 관련된 키워드들과 어떤 형태로 부가적으로 연결되어 있는지 참고만 할 수 있을 뿐이다. 결국 해당 분야 연구 아이템과 주제가 어떤 형태로 진화했고 향후 어떻게 변화할 것이라는 점은 실제 R&D를 수행하는 연구자만이 알 수 있다.

그림 4. 에너지 분야 키워드 연결도



4. 연구주제 군집화

토픽모델링(Topic Modeling)은 텍스트 데이터에서 주제(토픽)를 자동으로 추출하고 식별하는 기법이다. 주로 대규모 문서 집합에서 각 문서가 어떤 주제들을 포함하고 있는지를 파악하는 데 사용된다. 토픽모델링은 비지도 학습(Unsupervised Learning)의 한 형태로 텍스트의 구조와 내용을 이해하는 데 도움을 준다. 주요 방법 중 하나는 잠재 디리클레 할당(Latent Dirichlet Allocation, LDA)으로 주제를 단어의 확률 분포로 나타내고, 문서를 주제의 확률 분포로 나타낸다. 이를 통해 문서와 단어 사이의 관계를 수량적으로 표현할 수 있다. 결국, 대규모 텍스트 데이터에서 주요 주제를 자동으로 추출하여 정보를 요약하는 데 유용하다.

LDA 모델에서 중요한 과제 중 하나는 최적의 토픽 수(K)를 선택하는 것이다. Griffiths et al. (2004)은 퍼플렉시티(perplexity)를 사용한 모델 평가 방법을 제안하여, 토픽 수를 선택하는 데 있어 실질적인 지침을 제공한 바 이 기준으로 하이퍼파라미터 튜닝한 결과 12개인 모델을 추출하였다.

12개의 토픽의 명칭을 정하기 위해 각 토픽을 구성하는 주요 단어들을 확인하여, 해당 단어들이 나타내는 공통 주제를 파악하였다. 주요 단어들이 서로 관련이 있는지, 특정 주제를 중심으로 모여있는지 확인하였다. 빈도가 높고 여러 문서에서 반복적으로 등장하는 키워드는 토픽을 대표할 가능성이 크다. 토픽 이름을 간결하고 명확하게 하기 위해 전문 용어보다는 일상적인 용어를 사용하였다. 토픽 명칭은 주관적·임의적이기 때문에 단순 참고용이다.

표 3. 주요 키워드와 토픽 명 설정

번호	주요 키워드	토픽 명
1	소형, 표준화, 선박, 해양, 주행, 차량, 위험, 제어기술, 규제, 로봇, 경량화, 방사선, 모듈화, 모터, 항공, 이송, 추정, 에너지효율, 디자인	주행/이동 /운송 에너지
2	충전, 출력, 인증, 시제품, 전원, 풍력, 보호, 대용량, 분산, 인버터, 발전량, 엔진, 수급, 모듈형, 고객, 전망, 성능시험, 배치, 공인	에너지 성능 시험 및 평가
3	융복합, 신산업, 공동연구, 산업체, 생태계, 융합형, 산업계, 거점, 중소기업, 헬스, 융합기술, 원자력, 매칭, 연구자, 산업현장, 지역산업, 세미나	융합연구 생태계 조성
4	건물, 실내, 부하, 일체형, 외부, 사용량, 건축물, 유동, 펌프, 시공, 열에너지, 부차, 난방, 압력, 환기, 운송, 냉난방, 유체, 패널	건축물 에너지
5	양자, 모사, 우주, 레이저, 연구실, 역학, 사이, 플라즈마, 상대, 가속기, 가속, 스핀, 근본적, 초고, 물리학, 충돌, 분광, 극한, 시각,	양자/ 극한 물리
6	국산화, 고온, 형상, 공정기술, 양산, 성형, 강도, 내구성, 제조기술, 대형, 당사, 고품질, 섬유, 가격, 수요기업, 경량, 상승, 진공, 일본,	첨단 소재 제조
7	메커니즘, 유기, 하이브리드, 신개념, 태양전지, 흡수, 광학, 고분자, 박막, 구조체, 무기, 수송, 광전, 원자, 신소재, 산화, 에너지원, 분자, 균일	태양전지
8	기전, 유효, 경로, 용기, 표적, 환자, 자극, 원인, 근거, 효소, 식품, 성분, 억제, 치료제, 손상, 학적, 농도, 초음파, 스크리닝	바이오/생체 에너지
9	온실가스, 연료, 바이오, 이산화탄소, 회수, 원료, 미세, 저에너지, 재활용, 분해, 고부가가치, 감축, 흡착, 저탄소, 폐기물, 매스, 농도, 배출량	저탄소/순환 경제
10	리튬, 연료전지, 코팅, 대면, 양극, 음극, 고체, 전해질, 고출력, 고용량, 전도성, 내구성, 다공, 화학적, 원소, 산화물, 고내구성, 실리콘, 저온	이차전지/ 연료전지
11	기후, 도시, 그리드, 그린, 농업, 해소, 온실, 작물, 신기, 사이트, 구조물, 생육, 가이드라인, 표준화, 산정, 스마트팜, 기상, 농가	농업 및 기후변화 대응
12	클라우드, 저전력, 탑재, 전송, 무선, 프로토콜, 분산, 대규모, 원격, 컴퓨팅, 메모리, 인터페이스, 서버, 디바이스, 집적, 전류, 전압, 주파수, 딥러닝	저전력 디바이스

그림 5. 에너지 분야 토픽별 키워드(Topic 1~6)

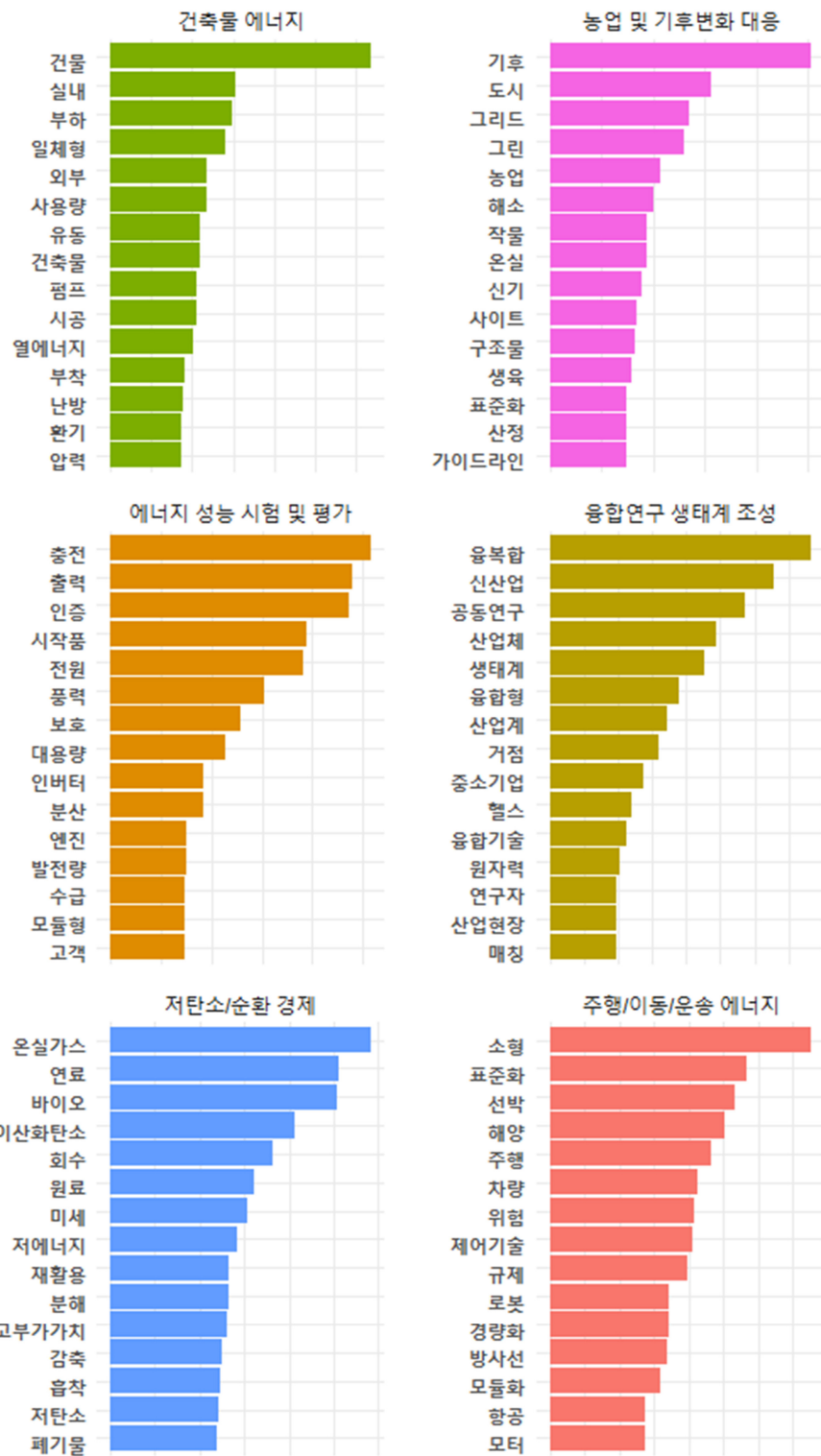
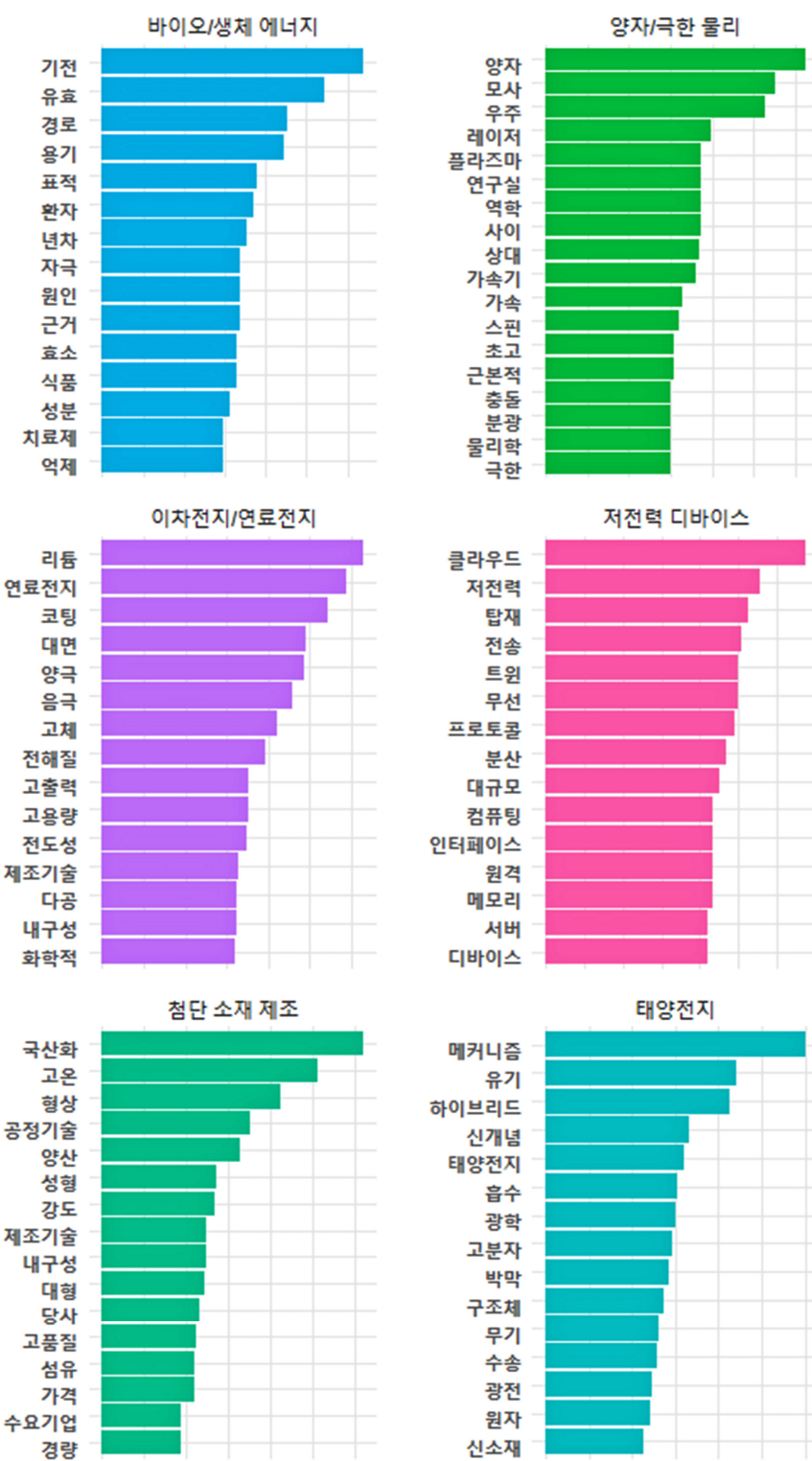


그림 6. 에너지 분야 토픽별 워드(Topic 7~12)



5. 전문가들이 바라본 미래 에너지 융합기술

앞서 텍스트마이닝 기법을 활용한 키워드 분석은 2023년의 과제에 대한 것으로 과거의 데이터로 알고리즘에 의해 수행된 결과 값이다. 따라서 미래에 유망할 융합기술 분야에 관한 판단을 위해 10명의 전문가를 대상으로 의견을 청취하였다. 전문가들에게 공통으로 던진 질문은 “향후 미래 에너지 분야에 융합기술 개발할 유망 주제가 무엇인가?”이다. 브레인스토밍 형식의 자유토론을 진행한 결과를 에너지 생산, 저장 및 수송, 활용으로 나누어 정리하면 아래와 같다.

5.1. 에너지 생산

에너지 원료로 쓸 수 있는 다양한 방법론과 융합의 적용방식, CO₂ 활용방안 등에 대해 강조하는 의견이 있었다.

“항공유/메탄올을 위한 원료 기술, 메탄올은 선박과 관련된 이슈가 많고 CO₂를 잘 활용하면 좋겠습니다. 수소와 CCU가 연계되어야 하고 이것이 융합이라고 생각합니다, 수소를 활용해서 메탄올을 만들 수 있는 기술을 개발하고 상업화하려는 곳들이 있습니다. CO₂를 바로 수소와 합쳐 연료로 만들거나 CO₂를 좀 더 활성이 좋은 다른 물질로 만들어 수소와 같이 쓸 수 있을 것입니다.”

“SAF(Sustainable Aviation Fuel)의 경우, 민간 항공유 대미 가격은 3-4배 정도 비싸 많은 양을 적용하는 데 부담이 있으나, 전 세계 주요 국가 탄소중립 정책과 맞물려 추진되고 있어서 국내 항공사들의 수요가 있습니다.”

“탄소 포집 비용 및 그린수소 생산에 큰 비용이 요구됩니다. 이를 극복하기 위해 산업 공정에서 유래하는 부생가스에서 추가적인 분리·정제 공정 없이 직접 e-Fuels를 제조할 수 있는 신공정들이 제안되고 있습니다.”

“수소로 화석 연료를 대체하는 방안에 대해서는, LNG 터빈과 같이 수소 터빈 등에 적용하여 친환경적으로 발전하는 방향으로 연구개발이 진행 중입니다. 화이트수소와 관련해서는 특정 지층에서 많이 나온다는 보고는 되어 있습니다. 미국 국립연구소 등에서 관련 연구를 수행한 바 있으며, 아직 상용화는 되지 않은 것으로 알고 있습니다.”

“과거 화석 연료 기반에서는 on-off가 어렵습니다. 미래 에너지는 전동화 on-off가 더 쉬운 방식이 필요합니다. 네이처/셀에서 나온 방식은 전기를 넣었다 뺐다 하여 에너지 효율이 높고 목적 달성에 더 유리하다는 것으로 전기/광/바이오 에너지의 융합을 이해하는 게 중요하다고 생각합니다.”

또한, 삼면이 바다라는 우리나라의 장점을 활용하여, 바다에서 직접 수소를 생산하는 기술에 대한 잠재력과 도전과제에 대한 의견을 제시하였다.

“우리나라의 장점은 바다가 있다는 것입니다. 바다에서 바로 수소를 채취하는 방식은 최근에도 논문으로 나오고 있습니다. 기반 기술이 어느 정도 존재하며, 신재생 에너지 및 해수 배터리와도 연계가 가능합니다. 관련 연구를 진행하고는 있지만, pH(수소 이온 농도 지수)가 거의 중성에 가까워 문제를 해결해야 하는 상황입니다.”

“바다 수소는 현재 트렌드에 해당한다 볼 수 있습니다. 수소는 생산기지가 중요한데, 태양광이나 풍력이 풍부하더라도 도시에 설치할 수는 없기 때문입니다. 유럽에서는 이를 바다로 보내서, 해상풍력의 이점을 활용하여 수전해를 통해 수소를 생산하고, 암모니아로 변환하여 선박에 공급하려는 계획이 있습니다. 또한, 플랜트에서 바로 암모니아를 생산해서 수소를 충전할 수도 있고, 연료전지 선박의 경우에도 바로 수소를 충전할 수 있습니다. 현재로서는 바닷물을 이용하려면 담수화를 거쳐야 하는데, 바닷물을 직접 활용하는 것도 가능해질 것으로 기대됩니다.”

5.2. 에너지 저장 및 수송

에너지 수송(캐리어)과 보급에 대한 강조의견과 함께 수소를 운송하는 방법에 대해서도, 암모니아로 변환하여 들여오는 방식에 대해 우려를 표하는 의견도 있었다.

“큰 틀에서 화석 연료를 사용하지 않기 위해서는 재생에너지 생산량 및 확대 적용이 필요합니다. 하지만, 재생에너지 생산은 변동성이 커서 에너지를 저장하는 기술이 반드시 요구됩니다. 우리나라는, 호주, 중동과 달리, 대량의 재생에너지의 경제적 생산에 유리한 국가가 아니므로 해외에서 생산된 초저가의 재생에너지를 에너지 캐리어를 사용하여 도입해야 하며, 따라서 우리나라에서 가장 필요한 기술은 에너지 캐리어 기술입니다.”

“선박은 수소 혹은 암모니아를 들여오는데, 암모니아의 경우 위험성이 높습니다. 우리나라에서는 암모니아를 직접 안으로 들여오지는 못합니다. 조금이라도 유출이 되면 사고로 이어지며, 인명피해가 발생하면 그 자체로 위험성 있는 기술이 됩니다.”

“암모니아는 액화 이슈가 있습니다. 대량의 암모니아 물류 체계를 완성한다고 해도 크래킹 기술이 부족하여, 정부는 암모니아 전해 공정 등 관련 분야에서 지원 역할을 할 수 있습니다. 현재, 해외에서도 도입될 청정 암모니아로부터 상온에서 전기화학적으로 수소를 추출하는 방법은 없으며, 전 세계적으로도 아직 기술개발이 이루어지지 않았습니다. 해당 기술은 기존 열화학공정에 기반한 암모니아 수소추출 공정과 차별되는 기술입니다.”

“암모니아를 산화해서 추출하거나 전기화학적 방법으로 추출하고 있는데, 촉매가 아주 빨리 죽는 치명적인 단점이 있어서 문제를 해결해야 합니다. 이는 정부서 연구사업으로 지원할 만한 주제라고 생각합니다.”

5.3. 에너지 활용

수소 생산과 함께 활용에 더 큰 중심을 두는 의견이 있었다.

“수소 생산 보다는 이미 확보된 수소를 활용한 E-fuel이나 Syngas가 중요하다고 보는 시각이 있습니다.”

“향후 수소 사회가 올 때, 수소 기술이 우리의 삶에 어떻게 적용되고 어떤 변화를 가져올 것인지에 대하여 인문사회 분야가 포함되어 연구를 진행하는 것이 중요할 것입니다.”

초소형 스마트 기기에 탑재되거나 에너지를 공급할 수 있는 수단인 에너지 하베스팅에 대해서도, 전문가들은 기술의 현주소 및 공백영역에 대해 다음과 같은 의견을 제시하였다.

“건물이 발전소가 되는 기술은 외벽을 통한 에너지 하베스팅으로 실내 전등을 작동시키는 등 생산과 소비가 동시에 되는 기술이라 할 수 있습니다.”

“에너지 하베스팅을 위한 소형 발전기의 경우, 현재도 많이 하고 있지만 정부 측에서는 생산할 수 있는 에너지가 너무 적다는 얘기를 먼저 합니다. 사용할 수 있는 기기는 많이 있지만 체감 정도가 낮습니다. 소형 발전기를 많이 모은다면 규모가 커지지만 작게만 바라보고 있는 것이 현실입니다.”

“태양전지 중 페로브스카이트 소재는 특이한 물질로 IoT에도 활용이 가능합니다. 현재 사업화도 진행 중이며, 소형 전자기기에 들어가는 전지를 대체할 수 있습니다. 에너지 하베스팅 효율이 매우 좋기 때문에 충분히 활용이 가능하며, 실내광에서도 발전이 가능한 태양전지를 상용화 추진 중에 있습니다. 하지만 연구소나 학교 등에서는 거의 연구를 하고 있지 않으며, 경제성이 매우 낮은 것이 문제점입니다.”

“적은 양의 에너지 하베스팅도 중요하다고 생각합니다. 어디서든 혼자 작동되는 전자기기라면 센서 및 국방기술 등에서 범용성이 높습니다. 태양전지는 성층권 등을 대상으로 대규모로, 하베스팅은 소규모로 구분해서 후자는 에너지 자립을 목표로 한다면 차별성이 있지 않을까 하는 생각이 듭니다.”

“StandAlone(자립)형 에너지 시스템이 적합하다고 봅니다. 수많은 센서가 있으면 전기를 일괄적으로 공급하는 것이 아닌, 센서별로 독립적인 에너지 하베스팅을 할 수 있는 방식을 의미합니다.”

또한, CCU와 연계가 되지 않는 분야가 많다는 점을 지적하며, 현행 연구 단계와 향후 활용 방안에 대한 아이디어를 제안하였다.

“CCU 관련해서는 이산화탄소를 포집하여 전환하는 과정의 실증 단계에 있습니다. 수소랑 연계해서 메탄올을 만들거나, 세트를 만들거나 하는 방식으로 연계하고자 합니다.”

“CCU는 기술간 융합이라는 관점에서 CO₂에 초점을 맞추기보다는 CO₂를 청정수소와 반응시켜 탄소중립연료를 제조할 수 있는 방향으로 초점을 맞추면 좋을 것입니다.”

V. 결론

국가연구개발사업 과제와 최신의 기술트렌드, 그리고 전문가 의견청취를 종합적으로 고려하여 시사점을 도출하면 아래와 같다.

우선, 키워드의 단순 빈도 및 상대빈도만으로 판단했을 때 융합연구나 융합기술개발과 관련된 키워드들이 기술개발에 직접 언급되기보다는 산학연 협력 등 주체간의 협업과 교육활동(인재양성), 그리고 개발된 기술이 활용되어 나타나는 적용대상이나 융합연구 정책에 근접해서 분포한다. 예를 들어 TF-IDF로 분류한 키워드에서 수소는 전기분해, 국제규격, 청정수 등이, 이차 전지는 리튬이온, 원통형 등 기술개발에 직접 필요한 요소·요인과 관련된 키워드에 매칭되나, 융합분야는 핵융합 분야를 제외하고는 로봇, 스마트시티, 사물인터넷, 건물 등 적용되는 대상과 상관도가 높다는 점에서 차이가 있다. 추측컨대 개발 과정상의 학문·기술 간 융합이 이미 보편화되어 따로 키워드로 강조할 필요가 없는 상황일 수 있다.

둘째, 에너지 생산, 저장, 활용 측면에서는 키워드가 집중 분포된 반면 에너지 수송(캐리어) 과 관련된 키워드는 상대적으로 적다. 또한 해외 에너지 의존도가 높은 우리나라의 상황을 고려하며 삼면이 바다인 우리나라의 지리적 이점을 활용한 에너지 생산 키워드도 많지 않았다. 선박 폐열, 수소 운반 등 일부 관련된 과제들이 있으나, 바다에서 직접 수소를 생산하는 기술이나 해수 배터리와 같은 최근 부상하고 있는 키워드는 드물다. 기술적 요인 때문인지, 오히려 물리적·환경적 장애요소가 있는지 관련 전문가를 통해 추가 확인이 필요하지만, 수송문제를 극복하는 차원에서 바다를 활용하는 연구개발에 대한 논의가 필요해 보인다.

마지막으로 최신 해외 기술 트렌드에게 제시하고 있는 키워드들이 폭넓게 분포되지는 않고 있었다. 수소, 이차전지, 연료전지, 이산화탄소, 태양광 및 태양전지 등은 하나의 큰 군을 이뤄 관련과제 키워드가 촘촘하게 연결되어 있다. 한편, WEF나 MIT에서 유망 트렌드로 제시했던 사례 중 일부가 중심 키워드에서 벗어나 있는 상황이다. 이 역시 국가별 전략기술이 각기 다르다는 점, 부처별 정책반영과 사업 특성을 반영하여 분석을 수행하지 않았다는 점, 그리고 개별 과제의 RFP나 과제연구계획서를 직접 확인할 수 없었기 때문일 수 있다. 이미 세부 연구목표로 전략적으로 수행되고 있는 경우도 있을 수 있고 모든 트렌드를 폭넓게 다루는 것이 투자효율성을

떨어뜨릴 수 있다는 점도 고려해야 할 점이다.

지금까지 수행한 분석은 특정년도 에너지 분야의 전반적인 과제 키워드를 한눈에 확인할 수 있다는 의의를 가진다. 아울러 몇가지 한계도 가지고 있다. 우선, 전체 NTIS 과제 중에서 에너지 분야를 추출하는 과정에서 일부이긴 하나 인간이나 동물의 생명 에너지를 다루는 생명과학·공학 과제가 포함되어 있다. 부처나 사업명, 과제명을 육안으로 확인하는 과정에서 완벽히 걸러내지 못한 경우가 있었을 것이다. 둘째, 키워드와 기술트렌드, 전문가 의견을 함께 IEA와 같은 국제 공인된 기관에서 제시하는 에너지 기술 분류체계로 구조화하여 분석하지 못했다는 한계를 가진다. 마지막으로 총체적인 키워드의 분포를 확인하는 목적으로 인해 과제의 기간과 규모를 반영한 가중치를 반영하지 못한 한계점을 가진다.

저자소개 미래융합전략센터 데이터분석팀

박정환 연구원(빅데이터분석기사, 정보처리기사), 02-958-4987, jh654@kist.re.kr) (1저자)

정재웅 박사(과학기술정책, 데이터분석), 02-958-4977, jj86@kist.re.kr

최호영 박사(정책사례연구, 다변량분석), 02-958-6142, alberto@kist.re.kr (교신)

참고문헌

〈국내문헌〉

- 1) 국가과학기술자문회의(2023). 「국가전략기술 육성에 관한 특별법」 국가전략기술 선정(안)

〈국외문헌〉

- 1) Future Today Institute (2024). 2024 Tech Trends Report.
- 2) Griffiths, T. L., & Steyvers, M. (2004). Finding scientific topics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 101(suppl 1), 5228–5235.
- 3) MIT (2024). 10 Breakthrough Technologies 2024.
- 4) White House (2024). Critical and Emerging Technologies List Update.
- 5) World Economic Forum (2023). Top 10 Emerging Technologies of 2023.

〈기타자료〉

- 1) IEA(2024) Clean energy is boosting economic growth.
(<https://www.iea.org/commentaries/clean-energy-is-boosting-economic-growth>)
- 2) NTIS(국가과학기술지식정보서비스): <https://www.ntis.go.kr/>
- 3) 에너지신문(2023). 수소, 이차전지, 차세대 원자력 등 12대 핵심기술 선정.
(<https://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=91808>)
- 4) 에너지플랫폼뉴스(2023). 1차에너지 중 97%를 수입한 대한민국, 자립도는 0.18
(<https://www.e-platform.net/news/articleView.html?idxno=79389>)
- 5) 이투뉴스(2024) 이제 소풍도 에너지…고체연료화 실증 착수
(<https://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=309710>)



융합연구리뷰

Convergence Research Review



이 보고서는 2024년 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 작성되었음.

(2023M3C1A604340012)



융합연구리뷰

Convergence Research Review



미래융합전략센터
Future Convergence Strategy Center