

인공지능 산·학·연 협력 공동연구 네트워크 분석

Analysis of Industry-academia-research Cooperation Networks in the Field of Artificial Intelligence

이 정 환 (Junghwan Lee) 충북대학교 경영정보학과 부교수, 교신저자
장 성 수 (Seongsu Jang) 충북대학교 빅데이터협동과정 석사

요 약

본 연구는 인공지능 분야의 공동연구 중요성을 인식하고 특허를 중심으로 산·학·연 기술협력 특성을 TES(Techno-Economic Segment) 분석으로 파악하였다. 이를 위해 2012년 이후 미국, 중국 등 5개국 특허청에 출원된 10년의 인공지능 특허 113,289건 가운데 7,062건을 공동연구 대상으로 하여 기업, 대학, 연구기관 등의 경제 주체를 식별하고, 기술협력 주제와 특성을 파악하였다. 분석결과 인공지능 분야 기술협력이 증가하는 가운데 전체 협력 가운데 산업계와 산업계(40%), 산업계와 대학(25.2%)의 협력이 상대적으로 높은 비중을 차지하였다. 그리고 자금과 분석데이터에 강점을 가진 산업계와 대학(9.8%), 우수한 인력을 보유한 대학 간 협력(1.9%) 비율이 증가하는 추세를 확인하였고, 이를 통해 대학의 역할이 강화되고 있음을 볼 수 있었다. 또한 토픽모델링과 네트워크 분석을 통해 협력특허 관심 분야와 연구 주제 간 협력 관계를 파악한 결과 협력 유형에 상관없이 유사한 관심 연구 주제가 도출되는 가운데, 자율주행, 엣지 컴퓨팅, 클라우드, 마케팅 및 소비자 행동 분석 등의 응용 영역으로 연구범위가 확대되고, 협력 주체는 다양해지며, 중국 대학이 중심이 되는 대규모 네트워크가 발현되는 현상을 확인할 수 있었다.

키워드 : 인공지능, 기술-경제부문 분석, 협력특허, 네트워크 분석, 토픽모델링

I. 서 론

최근 인공지능(AI: Artificial Intelligence)은 ‘로봇 프로세스 자동화’, ‘자율주행’, ‘백신 개발 단축’, ‘반도체 설계’ 등 여러 분야에서 융합이 확산되는 가운데 공동연구, 개발 커뮤니티 확대, 국가 간 연구 등 기술협력이 활발해 지고 있다(장성수, 이정환,

2023). 지금 인공지능 산업은 선도하는 미국과 추격하는 중국 중심으로 경쟁이 심화 되고 있는데 (Righi *et al.*, 2020), 미국은 국가 차원에서 민간부문과 공동연구를 통해 인공지능 발전을 모색하고 있다. 구체적으로 Microsoft, Google, Amazon, Apple 등 빅테크 기업들이 스타트업 인수나 투자를 활발히 하는데, 대표적으로 작년 Microsoft가 OpenAI에 100억 달러를 투자하여 인공지능 연구에 필요한 인프라 구축과 Chat GPT 확산을 통한 시장의 변화를 가져왔다(Lee *et al.*, 2023). 중국은 응용산업을

† 이 논문 또는 저서는 2023년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2023S1A5A8076208).

포함한 다방면에서 정부의 막대한 자금을 기반으로 미국과의 격차를 줄이는 중인데, 지리적 관점에서 아시아권 중심으로 국가 간 공동연구 협력을 확대하며, 미국 중심의 유럽 협력과 구분하여 생태계를 양분하는 상황이다(Cao and Wang, 2021).

일반적으로 기술협력은 외부의 부족한 자원을 습득하거나 내부역량으로 불가능한 새로운 성과를 창출하고, 기술개발 수준이 높은 분야의 불확실성을 감소시켜 경쟁우위를 선점하기 위해 추진된다(Powell *et al.*, 1996). 이에 따라 공동연구 성과와 관련한 연구는 증가하였으며, 영향력이 높고 경쟁자가 많은 분야에서 기술협력 기회가 증대되며(Stuart, 1998), 연결망 중심에 놓인 주체일수록 높은 생산성과 연구비 수혜 경향이 있고(김용학 등, 2007), 기업이나 대학, 연구소 등의 위치(Position)와 역할(Role)이 연구성과에 중요한 영향을 미친다고 한다(Goetze, 2010).

본 연구는 인공지능 분야의 공동연구 중요성을 인식하고 특허를 중심으로 산(기업)·학(대학)·연(연구기관)의 기술협력 특성을 분석하고자 한다. 여기서 공동연구는 연구자가 아닌 기업, 대학, 연구기관 중심으로 파악하고, 제한된 국가나 특정 기술로 한정하지 않는 인공지능 글로벌 기술협력 생태계를 TES(Techno-Economic Segment) 관점에서 분석한다. 이를 통해 복잡한 생태계 내에서 기업, 대학, 연구기관 등 다양한 경제 주체들을 식별하고, 기술협력 주제와 협력 특성을 분석하여 공동연구 확산 방안을 제시하고자 한다(Pogorzelska *et al.*, 2019; Righi *et al.*, 2020; Samoili *et al.*, 2018).

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 제Ⅱ장에서는 기술협력 생태계와 관련된 선행연구를 살펴보고, 다음 제Ⅲ장에서 연구방법을 중심으로 TES 분석과 데이터 수집 전처리에 대해서 설명한다. 제Ⅳ장에서는 협력특허를 중심으로 TES 분석 관점에서 기술통계, 네트워크 분석, 토픽모델링 결과 등을 연계하여 제시한다. 그리고 마지막 제Ⅴ장에서는 연구요약, 시사점 및 향후 연구를 제안한다.

Ⅱ. 선행연구

지금까지 많은 기업은 핵심기술, 인재 등의 유출을 우려하여 외부 협력과 상호교류 활동에 소극적으로 대응하는 경우가 많았다(Lokshin *et al.*, 2008). 하지만 최근에는 연구의 범위가 확대되고, 기술의 복잡성이 증가하며, 지속 가능한 기술개발 등의 이슈로 기술협력이 중요해지고 있다(양희태, 2023). 인공지능 분야 역시 기술 복잡성과 빠른 진화 발전 가운데 기술협력과 관련한 다양한 연구가 진행되고 있는데, 그 특징은 다음과 같다.

첫 번째는 국가 차원의 협력 생태계 특성을 비교한 연구가 있다. Jacobides *et al.*(2021)은 글로벌 인공지능(AI) 생태계를 비교하면서 중국은 정부 주도하에 테크기업이 다른 산업군에 속한 파트너 기업의 AI 전환을 견인하고, 미국은 빅테크 기업 중심으로 산업별로 AI 역량을 강화하며, 유럽은 빅테크 기업이 첨단기술 적용을 위한 도구(플랫폼)를 제공하고 각 산업 내 여러 기업들이 직접 AI를 활용하는 특성이 있다고 하였다. Cao and Wang(2021)은 AI 연구협력 사례를 지리적 관점에서 분석하며 중국은 아시아권 국가와 미국은 유럽국가와 주로 협력하는데, 실무적인 측면에서 중국의 연구팀 참여가 로봇, 데이터마이닝, 컴퓨터 관련 분야에서 우수한 연구성과 창출에 기여한다고 하였다.

두 번째는 광범위한 AI 기술의 특성을 고려하여 기술협력의 필요성을 강조하였다. Amanda *et al.*(2019)은 기업들이 사회적으로 부정적 영향을 주는 위험한 AI 시스템 개발에 대비하고자 책임감 있는(Responsible) AI 기술협력이 필요하다고 했는데, 이 연구에서는 AI 기술이 빠르게 발전하면서 소비자와 회사 정보가 제한되어 기술규제가 어렵고 경쟁이 지나치게 과열되는 것을 경계할 필요가 있다고 하였다. 이러한 상황에서 다양한 이해관계자들이 직접 AI를 맞춤형으로 쉽게 활용할 수 있는 AI 디지털 플랫폼의 등장 가능성을 예상하기도 하였다(Basole and Accenture, 2021). Jacobides *et al.*(2021)은 AI 기술개발 과정에서 협력을 위해 형

성되는 커뮤니티가 신뢰할 수 있는 AI의 발전과 구현에 있어서 가장 중요한 요소라고 하였다.

세 번째는 다양한 혁신 주체의 상호 관련성을 분석한 연구이다. Righi *et al.*(2020)은 AI 기술과 경제적 공간에서 각 기관의 상호작용 유형을 확인하고자 복잡계(Complex-System) 관점에서 AI 협력 관계를 분석하였다. 분석결과 미국과 중국의 다양한 혁신 주제 협력은 자율주행, 학습이론, 언어처리, 이미지 처리 분야에서 활발하며, 유럽은 자동화 프로세스 및 로봇공학 분야, 플랫폼 및 소프트웨어 서비스 관련 기술협력이 다수 진행되고 있다고 분석하였다. 그리고 단일지역에 있는 소규모 기업보다 서로 다른 지역의 대기업이 더 활발히 협력하며, 미국과 중국을 제외한 국가는 자국 기업과 해외기업 간 협력비율이 상대적으로 높다고 하였다. Li *et al.*(2022)은 중국특허청에 출원된 AI 특허를 대상으로 기술협력이 기업의 혁신에 어떠한 영향력을 미치는지를 분석하였다. 분석결과 외부 협력 활동으로 다양한 기술습득이 가능해져서 기업의 기술 다양성은 물론 불필요한 자원의 소모를 최소화할 수 있는 등 기업이 성공하기 위해서 기술 협력을 증대시킬 필요가 있다고 주장하였다.

이와 같이 다양한 인공지능 관련 기술협력 연구가 진행되었지만 대부분 논문 데이터를 통해 연구자 중심의 협력 관계를 분석하거나, 한정된 지역(미국, 중국, 한국 등) 데이터만을 제한적으로 활용하며, 수치해석 중심의 분석결과를 제시하는데 집중하는 등의 한계가 있다(Li *et al.*, 2022; 김대중 등, 2019; 백서인 등, 2020). 이에 본 연구는 인공지능 분야 특허 데이터를 통해 공동연구 기술협력을 연구자가 아닌 연구 주체별 상호 관계에 주목하고 생태계 특성을 분석한다.

III. 연구 방법

3.1 TES(Techno-Economic Segment) 분석

본 연구는 TES 분석으로 인공지능 특허의 글로

벌 공동연구 기술협력 생태계 특성을 파악한다. 이 분석은 유럽위원회 공동연구소(EC¹) Joint Research Centre)에서 디지털 경제부문의 유럽연합 ICT(Information Communication Technology) 발전을 모니터링 하기 위해 처음 개발되었는데(De Prato *et al.*, 2019), 광범위한 기술의 특성을 연구주체에 따라 기술통계분석, 토픽모델링, 네트워크 분석 등으로 각각 진행하는 것이 아니라, 연구 단계를 구분하되 연계하는 특성을 가진다. 구체적으로 본 연구에서는 인공지능 특허데이터를 기술통계 중심으로 분석하여 전반적 협력 현황을 파악하고 조직 유형과 국가 등을 확인한다(Step I). 다음으로 식별된 조직유형별 협력 관계 속에서 기술의 하위영역을 주제 중심으로 파악하고(Step II), 연구 주체를 중심으로 공동연구 기술협력 관계 특성을 분석하여 어떤 기관이 협력하고 있는지 등을 파악한다(Step III).

이를 위해 사전에 인공지능 분야 기술 키워드 범위를 정의하고, 기술적 측면을 반영한 키워드 사전을 통해 관련 특허문서를 검색하고 텍스트 데이터에서 각각의 경제 주체를 우선적으로 식별한다. 다음 전처리 과정을 통해 데이터를 정제하고, 중복을 제거하며, 경제 주체들의 위치와 관련된 국가 정보를 추출한다. 이러한 TES 분석은 복잡계(Complex system) 이론과도 관련이 있는데, 다양한 주체의 상호작용과 그로 인해 발생하는 현상을 이해하는 유사한 특성을 가진다(Thurner *et al.*, 2018).

3.2 데이터수집 및 전처리

본 연구에서 특허 데이터 수집은 인공지능 분야

1) 유럽위원회(European Commission, EC): 유럽연합(EU) 회원국 정부의 상호 동의에 의해 5년 임기로 임명되는 위원들로 구성된 독립 기구이며, 유럽 연합의 보편적 이익을 대변하는 초국가적 기구. 유럽 연합의 집행기관으로서 심장 역할을 하고 있는 위원회는 공동체의 법령을 발의.

〈표 1〉 특허 자료 정제 사례

구분	원 자료 표기	전처리 이후 표기
Tokenize words	Eliminate stop words	'METHOD', 'APPARATUS', 'USING', 'BASED', 'BY', 'OR', 'AND', 'OF', etc
	Tokenize words	"MACHINE LEARNING", "DEEP LEARNING", "NEURAL NETWORK", etc "MACHINCE-LEARNING", "DEEP-LEARNING", "NEURAL-NETWORK", etc
Institution Name unification	Similar Agency Name	BOSCH GMBH, ROBERT BOSCH STATE GRID JIANGSU, CUSTOMER SERVICE CENTER OF STATE GRID CORP OF CHIN, etc
		BOSCH STATE GRID CORP CHINA, etc
Country Code	Country Mame	US, CN, JP, KR USA, CHINA, JAPAN, SOUTH KOREA

핵심 키워드와 IPC(International Patent Classification) 코드를 이용한 검색식 「“(Artificial intelligence technology Keyword²⁾)” AND “(Subfield Keywords³⁾)” AND “(IPC)”⁴⁾」을 구성하고 진행하였다(Kang *et al.*, 2021). 여기서 기술 키워드는 인공지능 기술 전반에 대한 문헌 조사를 기반으로 기계학습, 딥러닝, 자연어 처리, 클라우드 컴퓨팅, 알고리즘 등의 핵심적 기술과 이미지 및 영상, 음성, 자연어 등의 데이터를 주로 활용하는 특성을 중점적으로 고려하였다. 추가적으로 이러한 기술들이 자율주행, 제조업, 의료, 스마트시티 그리고 사이버 보안 등 여러 분야에 적용되는 점과 해당 분야와 관련성이 높은 IPC를 반영하였다. 이후 연구자가 도출한 인공지능 기술 하위 분야와 분야별 핵심기술 키워드는 대학교수, 연구원, 변리사 3인⁵⁾의 검토

를 거쳐 검증 및 수정하였고, 최종 검색 키워드를 확정하였다. 이후 특허 검색 사이트(KEYWERT)에서 2012년 1월부터 2022년 8월까지 IP5국⁶⁾ 특허청에 공개 및 등록된 자료를 검색하였고, 최종 113,289건의 특허를 수집하였다.

다음으로 본 연구의 분석을 위해 <표 1>에 제시된 기준에 따라 데이터를 정제하였다. 이 과정에서는 출원 단계의 오타나 띄어쓰기 오류로 인해 동일한 출원인이 서로 상이하게 표현되는 문제를 해결하고자 출원인 기관을 표준화하였다. 여기서 유사한 명칭을 가진 출원인 리스트를 작성하였는데, 이후 기업정보 제공 사이트(crunchbase)를 참조하여 출원인 명칭, 국적, 기타 관련 요소의 유사성을 고려해 동일한 기관으로 판단되면 해당 조직의 대표 명칭으로 일치시켰다. 이어서 특허 출원인을 4가지 유형(기업, 대학, 연구기관, 개인 연구자)으로 분류하였는데, Google 및 Microsoft Bing과 같은 검색 엔진을 사용하여 식별된 기관의 가장 일반적인 유형을 분류하였다.

마지막으로 특허 명세서의 제목에서 등장하는 키워드를 통일하고 불용어를 제거하였다. 예를 들어 'IMAGE PROCESSING'는 토큰화 단계에서

- 2) ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MACHINE LEARNING, DEEP LEARNING, REINFORCEMENT LEARNING, UNSUPERVISED LEARNING, SUPERVISED LEARNING, NEURAL NETWORK, SUPERINTELLIGENCE(G06*)
- 3) Industry: Mobility(B60*, B64*), Smart city(B60* G16* H04*), AI chip(G11* G03* H01*), Health care(A61* G16* G01*), manufacturing(G05* A01* F21*), Security(H04* B60*), Technology: Images/Video H04* H01* A61* G10*, speech: A61* A63* G10* H04*, language: G10* Computing: H04* G16* algorithms: G06*.
- 4) 2022년 1월 기준 선정된 IPC 분류기준을 활용.

- 5) 충청지역 C대학 교수, 대전 E연구원 책임, 서울 T특허사무소 변리사.
- 6) 미국특허청, 유럽특허청, 일본특허청, 한국특허청, 중국특허청(USPTO, 2018).

‘IMAGE’와 ‘PROCESSING’의 별개 단어로 분리된다. 따라서 해당 단어 사이에 하이픈(-)을 삽입하여 ‘IMAGE-PROCESSING’으로 수정하였다. 또한 특허 명세서에는 신기술개발 및 방법 고안을 위해 작성되기에 METHOD와 같은 일반 용어와 접속사, 전치사를 불용어 사전에 추가한 다음 제거하였다.

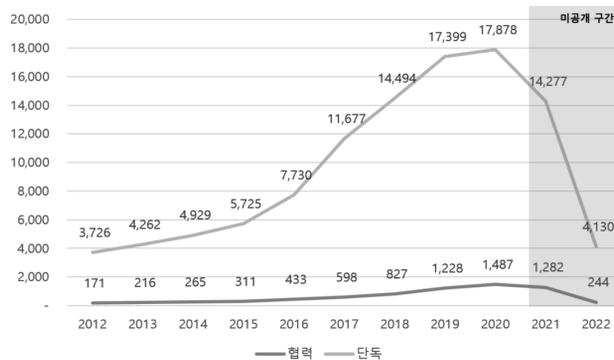
IV. 분석결과

4.1 특허 출원 및 협력 유형 분석

인공지능 특허출원은 지난 10년 동안 꾸준히 증가하는 가운데 <그림 1>, 전체 수집된 113,289건 가운데 협력특허는 2012년부터 2016년까지 1,488건(5.2%), 2017년부터 2022년까지는 5,574건(6.6%)이 출원되어 전체기간 1.4% 증가하는 것으로

로 나타났다(<표 2> 참조). 구간별 증가 비율로 보면 2017년부터 2022년까지 출원된 단독 특허 수는 2012년부터 2016년까지 대비 3.03배 증가한 반면, 협력특허는 3.92배 증가하여 상대적으로 높은 것을 확인할 수 있다. 특허 출원에 참여한 국가 역시 2017년부터 2022년(50개) 기간이 2012년부터 2016년(38개) 대비 12개국 증가하였다. 이들 국가를 살펴보면 유럽 11개, 아프리카 3개, 아시아 2개 국가인데 지리적으로 가까우며 유사한 제도적 특성을 가진 유럽국가에서 최근 들어 기술협력이 상대적으로 증가하는 것으로 보인다.

인공지능 분야 협력특허 유형을 확인하기 위해 연구 주체별 출원인을 확인하고 산업계(Business), 학계-대학(University), 연구소(Research), 개인연구자(Unkown) 4가지 유형으로 분류하였다(<표 3> 참조). 이후 특허문서에서 출원인을 해당 조직(개인)이 속한 대표 유형으로 변환하였는데, 예를 들



<그림 1> 인공지능 특허 출원 동향(연도별)

<표 2> 인공지능 특허 출원 동향(시기별)

구분	계	단독 특허 출원 수	협력 특허 출원 수	비율	협력 참여국
2017-2022	85,429	79,855	5,574	6.6%	50개
2012-2016	27,860	26,372	1,488	5.2%	38개
합계	113,289	106,227	7,062	6.23%	
증감 폭	3.07배	3.03배	3.92배	1.27배	12개 국가

※ 2017년 이후 협력 시작 국가(18개국): 오스트리아, 벨라루스, 불가리아, 체코, 덴마크, 에스토니아, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 슬로베니아, 폴란드, 카타르, 사우디아라비아, 아르헨티나, 케이맨 제도, 이집트, 모로코, 케냐

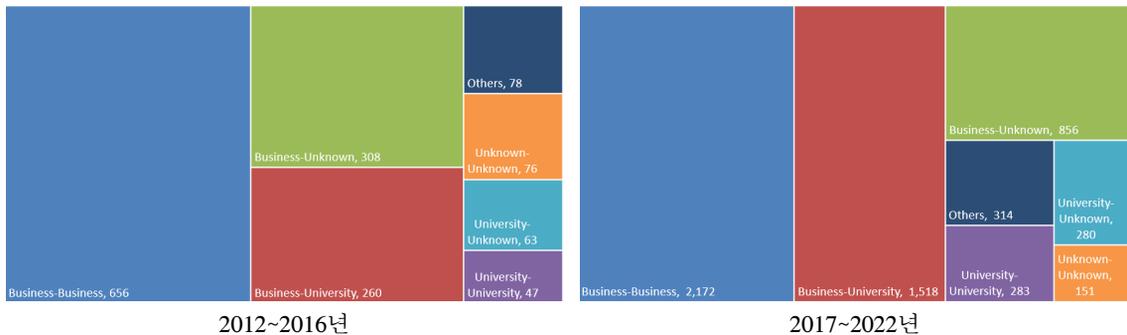
※ 2017년 이후 협력 없는 국가(6개국): 콜롬비아, 코스타리카, 탄자니아, 아랍에미리트, 우루과이, 버뮤다

〈표 3〉 인공지능 연구주체별 유형 분류

인공지능 연구 주체(그룹, 개인) 예시	구분
STATE GRID CORP CHINA(CHINA), CHINA MOBILE GROUP(CHINA), SAMSUNG(SOUTH KOREA), etc	산업계 (Business)
UNIV ZHEJIANG(CHINA), UNIV SUN YAT SEN(CHINA), SEOUL NATIONAL UNIV(SOUTH KOREA), UNIV OF CALIFORNIA(USA), etc	학계-대학 (University)
CENTER NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE(FRANCE), INTERNATIONAL INSTITUTE OF INFORMATION TECHNOLOGY(INDIA)	연구기관 (Research)
산업계, 학계, 연구기관에 속하지 않은 개인	개인연구자 (Unknown)

어 특허협력 관계가 ‘산업계-산업계-학계’일 경우 ‘산업계-학계’로 변경하였으며, ‘산업계-산업계-산업계’와 같이 구성된 협력 유형은 ‘산업계-산업계’로 표현하였다. 이를 통해 적합한 기술협력 관계를 산업계-산업계, 산업계-개인 연구자, 산업계-대학 등 7개 유형으로 구분하였고, 협력 빈도 차이

를 확인하였는데(<그림 2>), 분석결과는 산업계와 산업계(Business-Business) 협력이 가장 많은 것(40%)으로 나타났다. 시기를 구분하여 분석했을 때는 산업계와 대학(Business-University, 9.8%), 대학과 대학(University-University, 1.9%)의 협력 특히 출원 수가 증가하는 것으로 나타났으며, 산업



〈그림 2〉 인공지능 협력 특허 출원 비중 변화

〈표 4〉 인공지능 협력 유형별 특허 증감

구분	계		2012~2016년		2017~2022년		증감폭
	개	비율	개	비율	개	비율	
Business-Business	2,828	40.0%	656	44.1%	2,172	39.0%	-5.1%
Business-University	1,778	25.2%	260	17.5%	1,518	27.2%	9.8%
Business-Unknown	1,164	16.5%	308	20.7%	856	15.4%	-5.3%
University-University	330	4.7%	47	3.2%	283	5.1%	1.9%
University-Unknown	343	4.9%	63	4.2%	280	5.0%	0.8%
Unknown-Unknown	227	3.2%	76	5.1%	151	2.7%	-2.4%
Others	392	5.6%	78	5.2%	314	5.6%	0.4%
계	7,062	100.0%	1,488	100.0%	5,574	100.0%	0.0%

계와 산업계(Business-Business, -5.1%) 산업계와 개인 연구자(Business-Unknown, -5.3%)의 협력 비중은 감소한 것으로 나타났다. 여기서는 상대적으로 자금이 풍부하거나 고품질 대량의 데이터를 보유한 기업과 핵심 인재를 보유한 대학 간 연구 협력 비중이 증가(9.8%)하였고, 대학 간 협력 역시 증가한 점(1.9%)을 볼 때 인공지능 관련한 기술개발에서 대학의 역할이 강화되고 있는 것으로 보인다(<표 4> 참조).

4.2 협력 유형별 공동연구 분야

인공지능 기술 공동연구 특성을 분석하기 위

해 토픽모델링을 진행했는데, 이는 텍스트 데이터에서 숨겨진 의미 있는 주제를 탐색하는 방법으로 LDA(Latent Dirichlet Allocation) 통계 기반 알고리즘을 적용한다. 여기서는 다양한 토픽이 가지는 의미를 이해하고 해당 토픽이 의미 있는 주제를 잘 나타내는지를 측정 확인하기 위해 일관성 지수(coherence score)를 사용하는데, 단어 간의 유사성을 측정하여 단어들이 함께 나타날 가능성을 분석한다. 본 연구에서는 협력특허 제목에서 추출한 텍스트 데이터를 바탕으로 일관성 지수를 측정하고, 최적 토픽 수를 정하였다(Newman et al., 2020). 분석결과 2012년~2016년에 비해 2017년~2022년에 출원된 특허에서 주제

<표 5> 인공지능 협력 유형별 기술 토픽

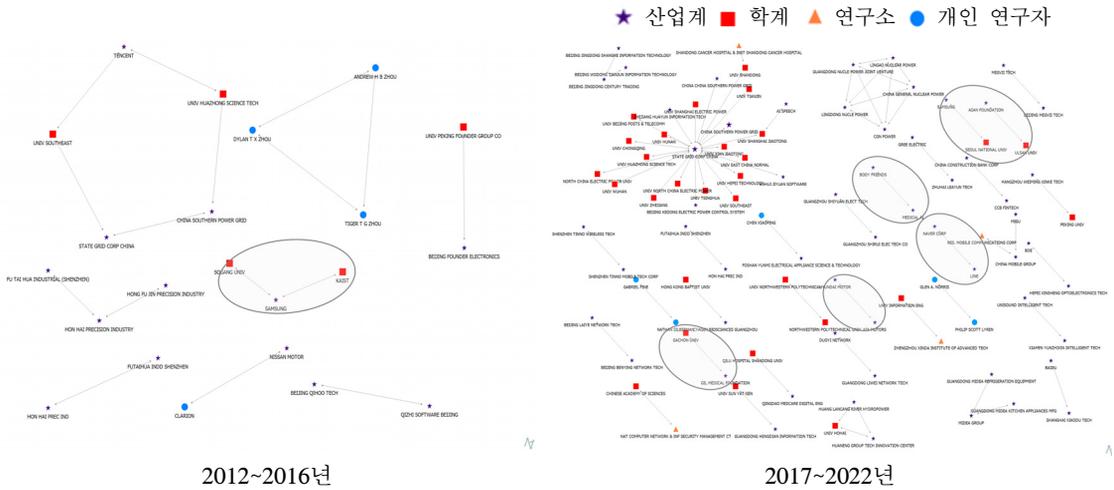
구 분		2012~2016년	2017~2022년	
동일 유형	Business-Business	1. 전력망 관리 2. 로봇 자동화 3. 이미지 처리 4. 영상정보 처리 5. 의료 진단	1. 컴퓨터 비전 2. 실시간 처리 3. 에너지 4. 의료 진단 5. 유전학	6. 자율주행 7. 보안 8. 제조업 9. 자연어 처리
	University-University	1. 의료 진단 2. 이미지 처리	1. 이미지 처리 2. 음성 처리 3. 전력망 관리 4. 자연어 처리	5. 뇌 과학 6. 건설안전 7. 의료 진단
	Research-Research	1. 이미지 처리 2. 영상정보 처리 3. 자연어 처리 4. 음성 처리 5. 탐지 및 감시	1. 이미지 처리 2. 의료 진단 3. 탐지 및 분류 4. 데이터 처리 5. 행동 연구	6. 소셜 분석 7. 웹 분석
서로 다른 2개 유형	Business-University	1. 이미지 처리 2. 의료 진단 3. 컴퓨터 비전 4. 의료 진단 학습 방법 (알고리즘)	1. 전력망 관리 2. 탐지 및 예측 플랫폼 3. 의료 진단 4. 실시간 처리 및 예측	5. 반도체 기억 장치 6. 이미지 처리 7. 학습 방법(알고리즘)
	Business-Research	1. 이미지 처리 2. 영상정보 처리	1. 의료 및 이미지 처리 2. 차세대 통신과 자체 적응형 SW	3. 영상정보 처리 4. 장단기메모리
	University-Research	1. 이미지, 영상정보처리 2. TTS(TEXT-TO-SPEECH)	1. 탐지 및 감시 2. 보안	3. 의료 진단 4. 뇌과학, 심리학
서로 다른 3개 유형	Business-University- Research	1. 학습 방법(알고리즘) 2. 보안 3. 정보처리 4. 의료 진단	1. 이미지 처리 2. 보안 3. 영상정보 처리 4. 행동 연구	5. 비정상 탐지 및 분류

의 다양성은 증가하였는데, 특히 산업계-산업계(Business-Research) 협력은 2개 토픽에서 8개로, 대학-대학(University-University) 협력은 4개에서 8개로 늘어난 것으로 나타났다.

다음으로 각 시기별, 협력 유형별 세부 토픽들이 어떤 키워드로 구성되는지를 식별하고 이를 기반으로 대표 기술 분야를 선정하였다(Buchlak *et al.*, 2020). 특히, 대표 기술 분야를 선정하는 과정에서 각 토픽을 구성하는 주요 키워드들이 포함된 특허 제목을 함께 분석하였다. 예를 들어 2012년부터 2016년까지 Business-Business 협력 관계에서는 총 5개의 토픽이 식별되었는데 각 토픽별 주요 키워드는 POWER, PATTERN(Topic 1), ROBOT, AUTOMATIC(Topic 2), IMAGE-PROCESSING, STRUCTURE(Topic 3), VIDEO, SUPER-RESOLUTION(Topic 4), X-Ray, MEDICAL(Topic 5) 등이 식별되었다. 이를 활용해 해당 키워드들이 포함된 특허 제목을 분석하고 전력망 관리(Topic 1), 로봇 자동화(Topic 2), 이미지 처리(Topic 3), 영상정보 처리(Topic 4), 의료 진단(Topic 5)의 연구가 진행되는 것으로 판단하였다. 이러한 과정을 통해 초기의 협력 연구는 주로 이미지 및 영상 처리, 자연어 처리와 같은 데이터 분석 기반 기술 향상에 초점을 맞추어져 있으나, 2017년 이후의 연구는 엣지 컴퓨팅, 클라우드, 자율주행, 마케팅, 소비자 행동 분석 등으로 주제가 확대되는 것으로 나타나, 협력 연구가 인공지능 기술을 더 넓은 범위의 응용 분야에 확대 및 적용되는 것을 확인할 수 있다. 아울러 ‘자연어 처리’, ‘실시간 처리’, ‘뇌 과학’, ‘행동연구’와 관련된 연구가 여러 협력 유형에서 동시에 진행되는 것을 알 수 있었으며, ‘유전학’, ‘자율주행’, ‘건설 안전’을 포함한 신규 연구 분야가 협력을 통해 진행되는 것을 발견하였다. 이를 통해 인공지능 기술이 단순히 기술적 발전을 넘어 사회적, 경제적 영향력이 확대되고 있으며, 해당 기술을 중심으로 경쟁 역시 심화 되고 있다고 볼 수 있다.

4.3 협력 네트워크 특성 분석

협력특허의 연구 주체를 보다 구체적으로 확인하기 위해 네트워크 분석을 진행하였는데, 여기서는 어떤 기관들의 협력관계가 두드러지는지, 어떤 지역에서 협력관계가 빈번하게 있는지를 확인하였다. 여기서는 네트워크의 시각성을 향상하고자 시기별 7회 이상 협력 관계만을 분석결과로 표출시켰는데, 2012년부터 2016년 기간에 산업계, 학계, 개인 연구자로 구성된 22개 노드가 식별되었으며, 특정 기관을 중심으로 형성된 대규모 커뮤니티는 확인되지 않았다. 2017년부터 2022년까지는 모든 유형(산업계, 학계, 연구소, 개인 연구자)의 노드가 확인되었는데, 특히 중국의 STATE GRID CORP CHINA를 중심으로 여러 기관이 포함된 대규모 네트워크가 형성되어 있는 것을 확인하였다. 하지만 해당 네트워크를 제외하면 대부분의 협력 네트워크가 2개의 연구팀으로 구성되어 있었다. 추가적으로 두 시기 모두 대부분의 연구 협력이 거리(지리) 및 제도적으로 동일한 연구팀(자)들 사이에서 진행된 것을 알 수 있다. 예를 들어, 2012년부터 2016년까지 중국의 TENCENT는 같은 국가에 있는 UNIV SOUTHEAST, UNIV HUAZHONG SCIENCE TECH와 협력했으며, 우리나라 SAMSUNG은 SOGANG UNIV, KAIST와 연구를 진행하였다. 이러한 경향은 2017년 이후에도 나타났는데, STATE GRID CORP CHINA는 중국 내 22개 기관과 공동연구를 수행하였고, 우리나라는 NAVER CORP와 LINE, HYUNDAI MOTOR와 KIA MOTOR, GACHON UNIV와 GIL MEDICAL FOUNDATION 등이 빈번한 공동연구를 진행하였다. 이러한 분석을 통해, 공동연구를 활발하게 수행하는 기관들은 주로 해당 기관이 속한 동일 국가 및 문화권, 기업의 계열사, 또는 동일 재단 소속 학교 및 기관 간에 일대일 상호 협력 네트워크가 형성하는 것을 확인할 수 있었다.



<그림 3> 인공지능 협력특허 네트워크

V. 결론 및 시사점

5.1 연구 요약

인공지능에 대한 대중의 관심이 증가하는 가운데 기술개발에 참여하는 연구 주체들은 외부의 지식과 기술을 도입하는 경우가 많아지고 있다. 본 연구는 2012년 이후 미국, 중국, 유럽, 한국, 일본 특허청에 출원된 10년의 인공지능 특허 113,289건 가운데 7,062건의 공동연구를 대상으로 TES 분석 관점에서 협력특허 현황, 협력 유형별 연구 분야, 협력 네트워크 특성을 단계별로 살펴보았다.

분석결과 2012년부터 2022년까지 특허출원은 2017년 이후 급격히 증가하였으며, 단독 특허 대비 협력 특허 비율은 2012년부터 2016년까지 5.2%, 2017년부터 2022년 8월까지 6.6%로 협력 특허 비중이 1.4% 증가하였고, 연구 주체로 참여하는 국가의 수도 증가하여 인공지능 분야 기술협력이 증가하고 있음을 확인하였다. 다음 인공지능 기술개발에 참여하는 연구 주체의 기술협력 관계를 분석하였을 때 협력 유형별 빈도는 산업계와 산업계(40%), 산업계와 대학(25.2%) 등의 협력관계가 상대적으로 높은 비중을 나타냈으며, 자금과

분석 데이터에 강점을 가진 기업과 우수한 연구 인력을 보유한 산업계와 대학(9.8%), 그리고 대학 간 협력(1.9%) 비율이 증가한 점을 확인하여 대학의 역할이 강화되고 있음을 볼 수 있었다. 마지막으로 토픽 모델링과 네트워크 분석을 통해 협력특허 관심 분야와 협력 관계를 파악한 결과 서로 다른 협력의 유형에서도 전반적으로 유사한 연구 관심 주제가 도출되는 가운데, 인공지능 기술이 자연어, 이미지 및 영상처리와 같은 분석 데이터 기반 성능 향상 연구에서 자율주행, 엣지 컴퓨팅, 클라우드, 마케팅 및 소비자 행동 분석 등의 응용 영역으로 연구범위가 확대되고 있어서 보다 기술 경쟁이 심화됨을 알 수 있었다. 아울러 네트워크 분석결과 초기 대규모 협력 네트워크가 없어 연구 기관과의 협력은 상대적으로 제한적인 것으로 보였는데, 시간이 지나 협력 주체가 다양해지고, 중국 중심의 대학이 포함된 대규모 네트워크가 발현되는 현상을 확인할 수 있었다.

5.2 시사점 및 향후 연구

기술경쟁력 확보뿐만 아니라 불필요한 비용 제거, 인공지능 기술의 부작용 우려 등으로 기술개

발 과정에서 협력에 대한 관심이 증가하는 가운데, 본 연구는 특허데이터를 분석하여 글로벌 공동연구 네트워크 생태계를 분석하였다. 분석된 결과를 바탕으로 다음과 같은 시사점을 제안할 수 있다.

첫 번째, 인공지능 기술이 고도화되고 응용 범위가 확대되는 상황에서 기술협력에 대한 개방적 사고와 구체적 정보를 바탕으로 적극적인 협력을 고려할 필요가 있다. 원래 특허는 독점권을 가지는 폐쇄성이 있지만, 인공지능과 같은 기술은 대학과 같은 전문적 지식을 연구하는 학계, 자금이 있는 기업, 사업화를 위한 파트너, 글로벌 경쟁력 확보 등을 위해 협력의 중요성이 높아지고 있다. 따라서 명확한 목표와 전략 없이 다른 기업 및 기관의 기술을 모방하고 일방적으로 추격하는 R&D가 아니라, 조직 유형이나 국가에 따른 특성과 이해관계, R&D 목표, 필요한 기간 및 비용, 핵심 인재보유, 사업화 등을 고려한 구체화된 글로벌 기술협력 방안이 마련되어야 하겠다.

두 번째, 인공지능 협력 생태계를 고려한 학술적 연구에서 특허뿐만 아니라 논문, 기술 분석 보고서 등을 종합적으로 활용한 생태계 연구가 필요하다. 지금까지 연구에서 협력 생태계를 분석할 때 주로 협력 대상은 지리적으로 가까운 국가나, 국가 간 교류가 상대적으로 개방적인 유럽을 협력의 대상으로 언급한 경우가 많았다. 본 연구에서 협력 생태계 분석은 연구의 토픽과 협력 주체 특성을 TES라는 통합적 관점에서 파악한 측면에서 의미가 있지만, 이전의 연구에서 도출한 협력 방안과의 연관성을 구체적으로 파악하지는 못한 한계가 있다. 따라서 향후 연구에서는 특허와 논문 데이터 등을 종합 연계한 분석으로 생태계 전반의 특성을 보다 심도 있게 비교하는 연구가 필요하겠다. 또한 공동연구에 참여하는 이유와 협력 활동의 만족도와 같은 세부 요인을 구체적으로 파악하며, 구체화 된 네트워크 분석 지표 해석, 중국과 같은 특정 국가의 급격한 데이터 증가가 결과해석 전반에 영향을 줄 가능성 등을 고려한 분석 연구

가 진행되어야 하겠다.

참고 문헌

- [1] 김대중, 정중현, 류호경, 김지은, “미국과 중국의 인공지능 특허 동향 비교분석”, *한국컴퓨터정보학회논문지*, 제24권, 제1호, 2019, pp. 25-32.
- [2] 김용학, 윤정로, 조혜선, 김영진, “과학기술 공동연구의 연결망 구조: 좁은 세상과 위치 효과: 좁은 세상과 위치 효과”, *한국사회학*, 제41권, 제4호, 2007, pp. 68-103.
- [3] 양희태, “생성형 AI 의 국가 경쟁력 강화 방안 에 대한 탐색적 연구: 대·중소기업 협력을 중심으로”, *경영컨설팅연구*, 제23권, 제5호, 2023, pp. 269-281.
- [4] 백서인, 박환일, 박병원, 우청원, 윤여진, 최용인, 이현진, “2020년 중국 첨단기술 모니터링 및 DB 구축 사업”, *정책연구*, 2020, pp. 1-307.
- [5] 장성수, 이정환, “인공지능 기술의 산업별 특허 협력 네트워크 분석”, *경영과 정보연구*, 제42권, 제1호, 2023, pp. 95-113.
- [6] 황운민, 홍성원, “디지털 트랜스포메이션을 위한 인공지능 비즈니스 생태계 연구: 다행위자 네트워크 관점에서”, *Information Systems Review*, 제21권, 제4호, 2019, pp. 125-141.
- [7] Askill, A., M. Brundage, and G. Hadfield, “The role of cooperation in responsible AI development”, In: arXiv (July 2019), arXiv: 1907.04534, Available at <http://arxiv.org/abs/1907.04534>.
- [8] Basole, R. C. and A. I. Accenture, “Visualizing the Evolution of the AI Ecosystem”, In *HICSS*, 2021, January pp. 1-10.
- [9] Bar-Yam, Y., *Dynamics of Complex Systems*, CRC Press, 2019.
- [10] Buchlak, Q. D., N. Esmaili, J. C. Leveque, F. Farrokhi, C. Bennett, M. Piccardi, and R. K. Sethi, “Machine learning applications to clinical deci-

- sion support in neurosurgery: An artificial intelligence augmented systematic review”, *Neurosurgical Review*, Vol.43, 2020, pp. 1235-1253.
- [11] Cao, J. and Y. Wang, “International cooperation among artificial intelligence research teams based on regional cooperation models”, *Data and Information Management*, Vol.5, No.1, 2021, pp. 147-158.
- [12] De Prato, G., M. L. Cobo, S. Samoilu, R. Righi, M. V. P. Baillet, and M. Cardona, *The AI techno-economic segment analysis* (No. JRC118071), 2019, Joint Research Centre (Seville site).
- [13] Goetze, C., “An empirical enquiry into co-patent networks and their stars: The case of cardiac pacemaker technology”, *Technovation*, Vol.30, No.7-8, 2010, pp. 436-446.
- [14] Jacobides, M. G., S. Brusoni, and F. Candelon, “The evolutionary dynamics of the artificial intelligence ecosystem”, *Strategy Science*, Vol.6, No.4. 2021, pp. 412-435.
- [15] Kang, H. M., I. Y. Choi, J. K. Kim, and H. J. Shin, “A comparison of structural position and exploitative innovation based on a patent citation network of the top 100 digital companies”, *Asia Pacific Journal of Information Systems*, Vol.31, No.3, 2021, pp. 358-377.
- [16] Lee, K. J., T. Hong, H. Ahn, T. Kim, and C. Koo, “The impact of ChatGPT in society, business, and academia”, *Asia Pacific Journal of Information Systems*, Vol.33, No.4, 2023, pp. 957-976.
- [17] Li, X., P. Ye, J. Li, Z. Liu, L. Cao, and F. Y. Wang, “From features engineering to scenarios engineering for trustworthy AI: I&I, C&C, and V&V”, *IEEE Intelligent Systems*, Vol.37, No.4, 2022, pp.18-26.
- [18] Lokshin, B., R. Belderbos, and M. Carree, “The productivity effects of internal and external R&D: Evidence from a dynamic panel data model”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol.70, No.3, 2008, pp. 399-413.
- [19] Newman, D., Y. Noh, E. Talley, S. Karimi, and T. Baldwin, “Evaluating topic models for digital libraries”, In *Proceedings of the 10th annual joint conference on Digital libraries*, 2010, pp. 215-224.
- [20] Pogorzelska, K., R. Righi, M. Cardona, M. Lopez Cobo, L. Ziemba, M. Vazquez-Prada Baillet, and G. De Prato, *The techno-economic segment analysis of the Earth observation ecosystem*, JRC Technical Report, 2019.
- [21] Powell, W. W., K. W. Koput, and L. Smith-Doerr, “Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology”, *Administrative Science Quarterly*, 1996, pp. 116-145.
- [22] Righi, R., S. Samoilu, M. L. Cobo, M. V. P. Baillet, M. Cardona, and G. De Prato, “The AI techno-economic complex system: Worldwide landscape, thematic subdomains and technological collaborations”, *Telecommunications Policy*, Vol.44, No.6, 2020, p. 101943.
- [23] Samoilu, S., R. Righi, M. Lopez-Cobo, M. Cardona, and G. De Prato, “Unveiling latent relations in the photonics techno-economic complex system”, In *Italian Workshop on Artificial Life and Evolutionary Computation 2018*, September, pp. 72-90. Cham: Springer International Publishing.
- [24] Stuart, T. E., “Network positions and propensities to collaborate: An investigation of strategic alliance formation in a high-technology industry”, *Administrative Science Quarterly*, Vol.43, No.3, 1998, pp. 668-698.
- [25] Thurner, S., R. Hanel, and P. Klimek, *Introduction to the theory of complex systems*, Oxford University Press, 2018.

Analysis of Industry-academia-research Cooperation Networks in the Field of Artificial Intelligence

Junghwan Lee* · Seongsu Jang**

Abstract

This study recognized the importance of joint research in the field of artificial intelligence and analyzed the characteristics of the industry-academic-research technological cooperation ecosystem focusing on patents from the perspective of the Techno-Economic Segment (TES). To this end, economic entities such as companies, universities, and research institutes within the ecosystem were identified for 7,062 joint research projects out of 113,289 artificial intelligence patents over the past 10 years filed in IP5 countries since 2012. Next, this study identified the topics of technological cooperation and the characteristics of cooperation. As a result of the analysis, technological cooperation is increasing, and the frequency of all types of cooperation was high in industry-to-industry (40%) and industry-to-university (25.2%) relationships. Here, this study confirmed that the role of universities is being strengthened, with an increase in the ratio of companies with strengths in funding and analytical data, industry and universities with excellent research personnel (9.8%), and cooperation between universities (1.9%). In addition, as a result of identifying collaborative patent research areas of interest and collaborative relationships through topic modeling and network analysis, overall similar research interests were derived regardless of the type of cooperation, and applications such as autonomous driving, edge computing, cloud, marketing, and consumer behavior analysis were derived. It was confirmed that the scope of research was expanding, collaborating entities were becoming more diverse, and a large-scale network including Chinese-centered universities was emerging.

Keywords: *AI(Artificial Intelligence), TES(Techno-Economic Segment), Collaborative Patent, Network Analysis, Topic Modeling*

* Corresponding Author, Professor, Department of Management Information Systems, Chungbuk National University

** M.S Student, Graduate School of Big data Collaboration Courser, Chungbuk National University

○ 저 자 소 개 ○



이 정 환 (jungwan@chungbuk.ac.kr)

KAIST에서 기술경영공학 박사를 취득하고, ETRI, KETI, KT에서 근무하였으며, 현재 충북대학교 경영정보학과 부교수로 재직하고 있다. 주요 연구분야는 기술혁신, 모바일비즈니스, 계량경영분석 등이며, 관련 연구들은 Telematics and Informatics, British Journal of Educational Technology, International Journal of Mobile Communications 등에 게재되었다.



장 성 수 (jangss0525@gmail.com)

충북대학교 일반대학원 빅데이터협동과정에서 공학석사학위를 취득하였으며, 현재 물류 업계에 재직 중이다. 주요 관심 분야는 빅데이터, 네트워크 분석, 특허분석 등이다.

논문접수일 : 2024년 02월 07일

게재확정일 : 2024년 04월 01일

1차 수정일 : 2024년 03월 28일