Journal of Korean Society of Industrial and Systems Engineering
https://doi.org/10.11627/jksie.2023.46.2023.039

Vol. 46, No. 2023, Special Issue : 39-53, October 2023
ISSN : 2005-0461 / EISSN : 2287-7975

Exploring Technology Cooperation Performance Using co-patent Information and Formal Concept Analysis

Chan-Ho Park* · Heejung Lee**†

*Graduate School of Technology and Innovation Management, Hanyang University
**School of Interdisciplinary Industrial Studies, Hanyang University

공동 출원 특허정보와 정형적 개념분석을 활용한 기술협력 성과 분석 연구

박찬호* · 이희정**†

*한양대학교 기술경영전문대학원
**한양대학교 산업융합학부

Recently, the market competition has been fiercer due to the acceleration of technological change and the launch of intelligent products. In this situation, technology cooperation activities through networks rather than independent technological innovation activities of a single company or institution are recognized as a crucial strategy to gain competitiveness. Technology cooperation can take various forms depending on the target technology, and researchers have conducted performance analyses of technology cooperation types. However, there have not been data-based quantitative studies on the types and trends of technology cooperation for the target technology. In this paper, we explored the difference between the technology cooperation types by technology and time using the formal concept analysis method and co-patent information. In particular, the proposed methodology has been verified through the case study of electric vehicles, and it is intended to suggest the direction of technological cooperation according to specific technologies and cooperation targets in the future

Keywords : Weighted Formal Concept Analysis, Technology Cooperation, Co-patent Analysis

1. 서 론

최근 시장경쟁이 더욱 치열해지는 상황에서 기업들은 지속적인 성장 뿐 아니라 생존을 위한 기술혁신 활동을 추진하고 있다[17]. 또한 제품 및 기술수명주기 단축, 기술 변화 가속화, 기술 융복합화 및 복잡성 증가는 기업이 단독으로 수행하는 독자적인 연구개발 및 기술혁신 활동에 대한 한계점을 부각시키고 있다[15]. 이러한 변화된 산업 환경에서는 대기업뿐 아니라 중소기업과 벤처기업에 이르기까지 이제는 더 이상 서로 간의 경쟁이 아니라 기업들이 네트워크를 형성하고 공동으로 경쟁력을 갖추는 전략이 중요해졌다[14]. 특히 4차 산업 혁명의 디지털 기술에 대한 관심이 더욱 커지고 있는 상황에서 기술의 복잡성과 높은 투자 비용, 기술 분쟁 가능성 등의 이유로 기업은 관련 기술개발에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 세계 주요 기업 및 대학은 외부 협력 네트워크를 강화하고 있다[8]. 따라서 기업이 처해있는 경쟁 환경이 기존 기업 간 경쟁에서 네트워크 간 경쟁으로 변화하는 상황에서 기술협력을 통한 기술혁신은 기업에게 무엇보다

Received 30 July 2023; Finally Revised 14 September 2023; Accepted 18 September 2023
† Corresponding Author : stdream@hanyang.ac.kr

중요한 전략이 되었다[15, 17]. 이러한 기술협력에 따른 성과분석 연구 수행을 위해서는 기술협력 성과에 대한 객관적인 측정 방법이 중요한데, 기존 연구의 경우 기술협력 유형의 다양성과 연구개발 결과물의 정성적인 특성으로 인하여 설문조사 및 인터뷰를 중심으로 기술협력 성과를 측정하거나, 재무지표 중심으로 성과를 산출하고 있다. 또한, 발명 활동의 결과물로서 특허를 기술적 성과로 활용하고 있는데 대부분의 연구에서 특허 출원 및 등록 건수로만 성과를 측정하고 있다는 한계점이 있다.

본 연구에서는 국내의 기업 경영자 및 정책 결정자에게 향후 기술혁신 전략 수립에 도움이 되는 정보를 제공하고자, 국내 기업들이 그동안 어떠한 기술분야에서 어떠한 유형의 기술협력을 수행하고 있으며, 연도별 기술협력 대상이 되는 기술분야는 어떻게 변화하고 있는가를 분석하고자 한다. 이를 위해 주어진 문제의 대상들을 각각 객체로 인식하고, 각 객체가 갖는 공통된 속성을 기준으로 객체와 속성의 이진관계 분석을 통해 관심사를 개념화 하고 이를 계층적으로 표현하는 정형적 개념분석(Formal Concept Analysis) 을 활용하여, 기술분야와 기술협력 유형의 관계, 그리고 기술 분야와 연도별 추이를 분석하는 방법론을 제안한다. 특히, 신기술 개발 축적이 최근 활발히 이루어지고 있는 전기 자동차 기술분야를 연구 대상으로 선정하고, 기술 협력의 성과를 정량적으로 측정하기 위하여 과거 15년 동안의 공동 출원 특허 데이터를 활용하여 특허 등록건수 외에 IPC 분류와 같은 특허 정보를 방법론에 적용하고 시사점을 도출하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 특허 중심의 기술협력 성과분석에 대한 선행연구를 살펴보고, 정형적 개념분석의 기본 개념을 설명한다. 제3장에서는 기술협력 성과분석 방법론을 제안하고, 제4장에서는 사례 분석을 통해 제안한 방법론의 유용성을 확인한다. 제5장에서는 결론 및 향후 연구를 기술한다.

2. 이론적 배경

2.1 기술협력

기술협력이란 상호간 협력관계를 맺고 있는 대상 간의 목표 달성을 위해 수행하는 공동 활동이다[19]. 기업은 기술혁신을 위해 다양한 목적으로 외부와 협력하게 되는데, 자체 보유 기술만으로는 기술혁신을 하는데 한계가 있어, 외부 기술을 획득하거나 외부와의 협력을 통한 기술개발을 추진하게 된다. 기업들은 기술협력을 통해서 새로운 기술과 지식을 습득할 수 있으며, 이를 활용하여 시장 우위를 선점하거나 자사의 위치를 강화할 수 있는 이점을 얻을 수 있다[6]. 기술협력 관계는 최소 두 개의 기업이 기술과 지식을 창출, 교류, 획득 및 활용하기 위해 맺어진 단순 시장 거래 이상의 특수 관계로써 일종의 전략적 제휴이다[2].

일반적으로 기술혁신의 성과는 매출 성장률, 비용 절감, 제품 품질 향상, 제품 브랜드 향상 및 리스크 감소 등으로 분류할 수 있다[10]. 산출요소에 해당하는 연구개발 활동의 성과는 기술적 성과와 경제적 성과로 구분될 수 있으며, 기술적 성과는 기술개발 성공건수로 측정하고, 경제적 성과는 연구개발 활동에 의한 매출액으로 측정하기도 한다[13]. 또한, 기술혁신 성과를 크게 재무 성과, 지식역량 성과, 기술개발 성과로 나누었다[28]. 한편, 신제품 개발 및 공동으로 출원한 특허 실적을 기술협력의 직접적인 기술적 성과 산출물로 간주하여 기술협력의 성과를 측정하거나[10, 21], 공동 출원인들 간 네트워크에서의 역할을 분석하는 연구도 진행되었다[9]. 또한, 공동기술개발의 성공을 특허, 논문, 기술이전 건수[1, 3, 26]와 같은 산출물의 활용정도를 측정하거나 협력관계 동반자가 정의한 주관적 목표달성 만족도를 성과로 측정하기도 한다[20]. 특히, 기술협력의 기술적 성과 중 하나인 특허 데이터를 성과 분석 연구에 활용하면, 기술협력 성과를 정량적으로 측정할 수 있다. 또한 기술혁신의 질적 측면을 측정하기 위하여 특허의 피인용 건수[32], 동일 특허를 출원한 국가 수[25], 특허당 청구항 수[16]와 공동 출원 특허 여부 등이 활용된다. 많은 연구자들이 특허를 포함하는 지식재산을 기술협력 활동의 가장 대표적인 성과지표로 사용하고 있다[7, 11]. 공동으로 출원한 특허를 대상으로 기술협력 네트워크가 시간에 따라 어떻게 변화하는지 살펴보면서 기술협력의 구조적 특징을 분석하였고[12], 공동 출원 특허를 대상으로 사회연결망 분석을 수행하여 네트워크 특성 및 중심성 분석을 실시하였다[18]. 특허는 연구개발비와 마찬가지로 오랜 기간에 걸쳐 자료가 축적되어 왔고, 경기침체와 같은 특정 사건들에 영향을 덜 받는다는 장점이 있다[6]. 기존의 국내외 실증적 연구들의 대부분은 혁신의 기술적 성과를 특허 출원 및 등록 건수로 측정하고 있다.

2.2 IPC

특허는 다양한 정보를 포함하고 있기 때문에 기술예측, 기술 트렌드, 기술가치 등을 분석하는데 활용될 수 있으며, 특허 정보를 분석하는 방법 중 하나로 IPC 코드 분석을 많이 활용하고 있다. IPC(International Patent Classification) 코드란, 특허의 기술이 어떤 분야에 속하는지를 분류한 국제 특허 분류 코드이며, 이는 객관적이고 표준적인 기술정보로서 기술수준 및 기술혁신 동향 등을 전망하는데 유용하게 활용될 수 있다. 1968년에 도입된 IPC 코드는 전 세계에서 공통으로 사용되는 분류체계로 7만 개의 기술 분야로

분류할 수 있다. IPC 코드는 섹션, 클래스, 서브클래스, 메인그룹, 서브그룹의 계층적 구조를 가진다. IPC 코드의 첫 자리의 섹션은 가장 상위 레벨의 분류 구분으로 총 8개로 분류될 수 있다. A 섹션은 생활필수품, B 섹션은 처리조작, 운반, C 섹션은 화학, 야금, D 섹션은 섬유, 지류, E 섹션은 고정구조물, F 섹션은 기계공학, 조명, 가열 등, G 섹션은 물리학, H 섹션은 전기 분야로 크게 구분된다. 예를 들어, 특허번호 10-2023-0112419(전기자동차용 배터리케이스 구조체)의 IPC H01M 50/20의 경우 H는 H 섹션에 해당하는 전기분야를 의미하며, 01은 H 섹션의 첫 번째 클래스인 Basic Electric Elements(기본 전기 소자)를, M은 H01의 서브클래스인 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단, 50은 H01M의 메인그룹인 연료 전지 이외의 전기 화학적 전지의 비활성 부품의 구조적 세부 또는 그의 제조방법, 20은 H01M의 서브그룹인 마운팅을 의미한다.

2.3 정형적 개념분석

정형적 개념분석(Formal Concept Analysis)은 주어진 문제의 대상들을 각각 객체로 인식하고, 각 객체가 갖는 공통된 속성을 기준으로 객체를 개념화하고 이를 개념 격자를 통해 계층적으로 표현하는 데이터 분석 방법이다[33]. 소규모 데이터 및 빅데이터로부터 지식발견 및 표현[23, 30], 소프트웨어 공학[24, 31] 및 온톨로지 공학[4, 5] 등 다양한 분야에 응용되고 있다. <Table 1>은 객체 집합 G = {g1, g2, g3, g4, g5}, 속성 집합 M = {m1, m2, m3, m4} 및 객체 집합과 속성 집합 간 이항관계 $R \subseteq G \times M$ 를 나타내며, 이를 정형적 문맥 K := (G, M, R) 로 정의한다. 예를 들어 객체 g1은 속성 m1과 m4를 갖고 있으며, 객체 g2는 속성 m2와 m3을 갖고 있음을 알 수 있다.

<Table 1> Example of Formal Context

	m1	m2	m3	m4
g1	x			x
g2		x	x	
g3	x	x	x	
g4				x
g5			x	

어떤 문제에 대해 정형적 문맥과 같은 테이블 정의가 가능하다면 정형적 개념분석을 수행할 수 있으며, 그 결과로 정형적 개념(Formal Concept)과 개념 격자(Concept Lattice)를 얻을 수 있다. 이때 연산자 (·)'와 정형적 개념 및 개념 격자의 정의는 다음과 같다.

(정의 1. 연산자) 임의의 객체 집합 $A \subseteq G$와 속성 집합 $B \subseteq M$에 대해 연산자 (·)'는 다음과 같다. $A' = \{ m \in M \mid (g, m) \in R \text{ for all } g \in A\}$이고, $B' = \{ g \in G \mid (g, m) \in R \text{ for all } m \in B\}$이다.

즉, 객체 집합 A의 모든 객체들이 공통적으로 갖는 속성 집합이 A'이며, 속성 집합 B에 속한 모든 속성들을 공통으로 갖는 객체들의 집합이 B'에 해당된다. 예를 들어 <Table 1>에서 A = {g2, g3} 일 때, A' = {m2, m3}이고, B = {m1, m2, m3}일 때, B' = {g3}이다.

(정의 2. 정형적 개념, 외연, 내포) 임의의 객체 집합 $A \subseteq G$와 속성 집합 $B \subseteq M$에 대해, A' = B이고 B' = A를 만족하면, 순서쌍 (A, B)는 정형적 개념이라 하며 그 역도 성립한다. 또한 정형적 개념 (A, B) 가 주어질 때, A와 B를 각각 해당 정형적 개념의 외연(Extent)과 내포(Intent)라고 한다.

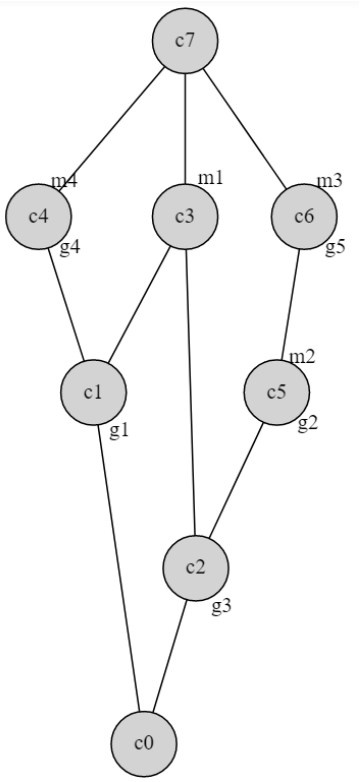
예를 들어 <Table 1>에서 A = {g2, g3}일 때 A' = {m2, m3}이고, B = {m2, m3}일 때, B' = {g2, g3}이므로, 순서쌍 (A, B)는 정형적 개념이며, A = {g2, g3}과 B = {m2, m3}는 정형적 개념 (A, B)의 외연과 내포에 해당된다.

(정의 3: 상위 개념, 하위 개념, 개념 격자) 정형적 문맥 K: = (G, M, R)이 주어지고 정형적 개념 (A1, B1)과 (A2, B2)가 정의될 때, 각 정형적 개념의 외연 사이에 $A1 \subseteq A2$ (또는 내포 사이에 $B2 \subseteq B1$) 관계가 성립하면 (A1, B1)은 (A2, B2)의 하위개념이고, 반대로 (A2, B2)는 (A1, B1)의 상위 개념이다. 상위 및 하위 개념은 $(A1, B1) \leq (A2, B2)$로 표시하며, 순서집합 (G, M, R; ≤)을 개념 격자라고 한다.

정형적 문맥인 <Table 1>에 대해 정형적 개념분석을 수행하면 총 8개의 정형적 개념 (C0, C1, ... , C7)을 얻을 수 있으며, 개념들 간의 상하위 순서관계를 표현한 개념 격자를 도식화 하면 <Figure 1>과 같다.

임의의 정형적 개념은 개념 격자의 노드에 해당되며, 해당 정형적 개념의 외연과 내포는 다음과 같은 규칙으로 찾을 수 있다. 첫째, 외연의 경우는 해당 개념(노드)의 아래 방향으로 연결된 모든 라인에 대하여 아래 방향으로 내려가면서, 라인과 연결된 모든 노드(출발 노드 포함)에 부착된 객체들을 모두 나열한다. 둘째, 내포의 경우는 반대로 해당 개념(노드)의 위 방향으로 연결된 모든 라인에 대하여 위 방향으로 올라가면서, 라인에 연결된 모든 노드(출발 노드 포함)에 부착된 속성들을 모두 나열한다. 예를 들어 <Figure 1>에서 정형적 개념 C2의 외연을 찾기 위해서 C2의 아래 방향으로 연결된 라인을 따라가면 노드 C0

이 존재하며, 출발 노드인 C2와 C0에 부착된 모든 객체들은 {g3} 이다. 또한 내포를 찾기 위해서는 C2와 위 방향으로 연결된 라인을 따라가면 노드 C3, C5, C6, C7을 발견할 수 있으며, 출발 노드인 C2와 해당 노드들에 부착된 모든 속성들은 {m1, m2, m3}이다. 따라서 정형적 개념 C2는 ({g3}, {m1, m2, m3})이며, {g3}과 {m1, m2, m3}은 각각 내포와 외연에 해당된다.

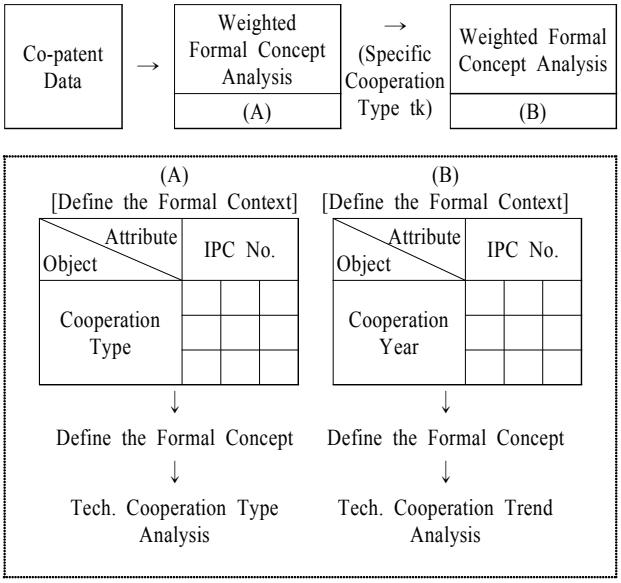


<Figure 1> Example of Concept Lattice

한편 정형적 개념 C2 = ({g3}, {m1, m2, m3})가 주어질 때, C2의 상위 개념은 C2의 위 방향 라인으로 연결된 노드에 해당되는 개념이고, C2의 하위 개념은 C2의 아래 방향 라인으로 연결된 노드에 해당되는 개념이다. 예를 들어 C5 = ({g2, g3}, {m2, m3})는 C2 의 상위 개념이고, 마찬가지로 C2는 C5의 하위 개념이다. 즉, {g3} ⊂ {g2, g3} 또는 {m2, m3} ⊂ {m1, m2, m3}이다. 상위 및 하위 개념의 성질에 따라 개념 격자는 객체와 속성을 정형적 개념들로 분류할 뿐 아니라, 정형적 개념들 간의 상하위 순서관계 표현을 통해 일반화-특수화의 관계를 도식적으로 정의할 수 있다. 즉, 개념 격자의 상단에 있는 개념은 아래 방향 라인으로 연결되어 있는 하위 개념들의 객체를 모두 포함한 일반적인 개념이며, 개념 격자의 하단에 있는 개념은 위 방향 라인으로 연결되어 있는 상위 개념들의 속성들을 모두 포함하는(또는 상속받는) 특수한 개념이다.

3. 기술협력 성과분석 방법론

일반적으로 정형적 개념분석은 객체와 속성간 관계가 이항관계인 경우를 고려하지만, 객체와 속성간 관계가 실수로 확장된 가중치가 고려된 정형적 개념분석도 정의할 수 있다[27]. 이때, 가중치가 고려된 정형적 개념분석의 용어 및 정의는 기본적인 정형적 개념에 가중치를 확장한 방식으로 재정의한다. 본 연구에서는 기술 협력의 성과를 정량적으로 측정하기 위하여 공동 출원 특허 데이터를 활용하기로 하며, 이를 다루기 위해 가중치가 적용된 정형적 개념분석을 적용한다. 방법론의 전체 구성은 <Figure 2>와 같다. 먼저, 공동 출원 특허 데이터를 통해 기술협력 유형과 공동 출원 특허 기술 분야간 정형적 문맥과 정형적 개념을 정의한 다음, 기술협력이 빈번하게 이루어지고 있는 특정 기술협력 유형에 대해 연도별/기술별 기술협력 추이에 대한 정형적 문맥과 정형적 개념을 정의한 후, 각각을 분석하고 시사점을 도출한다.



<Figure 2> Overview of Technology Cooperation Analysis

3.1 기술협력 정형적 문맥 정의

먼저 공동 출원 특허 데이터를 통한 기술협력 성과분석을 위해 다음과 같이 정형적 문맥을 정의한다.

(정의 4: 기술협력 정형적 문맥) 기술협력 정형적 문맥은 순서쌍 (G, M, P, R)이다. 단, G = {T, Y}는 기술협력 유형(T: Type) 또는 수행년도(Y: Year)의 집합 중 하나이며, M 은 기술협력 대상 기술분야인 IPC코드 집합, P는 공동 출원 특허 건수의 집합, R은 G, M, P 의 관계이다.

즉, R ⊆ T × M × P이다.

기술협력 정형적 문맥에서 G는 기술협력 유형 또는 수행년도가 될 수 있는데, 먼저 기술협력 유형(T: Type)인 경우에는 T = {산(industry)・산(industry), 산(industry)・학(academia), 산(industry)・연(research), 학(academia)・연(research)} 등이 될 수 있으며, 해당 정형적 문맥은 <Table 2>와 같다. 예를 들어 IPC1 기술분야에서는 "산・산(산업체-산업체), 산・학(산업체-학계), 학・연(학계-연구소)"에서 각각 공동 출원 특허가 5, 1, 2건 발생했음을 보여준다.

<Table 2> Formal Context of Technology Cooperation Type

협력 유형	IPC1	IPC2	IPC3	IPC4	IPC5
산・산(ind-ind)	5	3	2	1	3
산・학(ind-aca)	1		2		2
산・연(ind-res)		2			
학・연(aca-res)	2			5	

유사하게 G가 수행년도(Y: Year)인 경우에는 Y = {2017, 2018, 2019, 2020} 등이 될 수 있으며, 해당 정형적 문맥은 <Table 3>과 같다. 두 번째 정형적 문맥은 특정 기술협력 유형별로 작성이 가능하며, <Table 3>의 경우는 "산・산" 에 대해서만 정의한 것이다. 즉, IPC1 기술분야에 대한 "산・산" 기술협력은 2017년도 2건, 2019년도 2건, 2020년도 1건이 발생했음을 알 수 있다.

<Table 3> Formal Context of Technology Cooperation Trend

산산(ind-ind)	IPC1	IPC2	IPC3	IPC4	IPC5
2017	2		1		
2018		1	1		2
2019	2	2			
2020	1			1	1

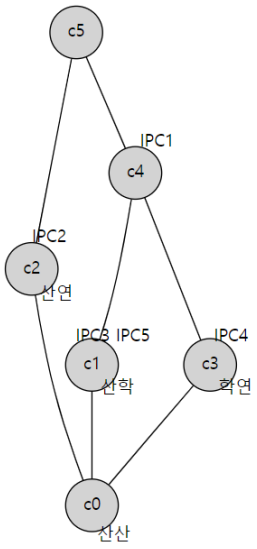
3.2 기술협력 정형적 개념분석

이번 장에서는 기술협력 유형(T) 및 수행년도(Y)에 대한 정형적 문맥이 각각 주어졌을 때, 가중치가 적용된 정형적 개념분석을 수행하는 내용을 설명한다. 먼저 기술협력 유형에 대한 정형적 문맥이 주어질 때, 임의의 기술협력 유형 집합 A ⊆ T, 임의의 IPC 코드 집합 B ⊆ M, 공동출원 특허건수 집합 W ⊆ P에 대해, A' = B 이고 B' = A를 만족하면, (정의 2)를 확장하여 기술협력 유형 정형적 개념을 순서쌍 (A, B, W)로 정의할 수 있다[27]. 이때 A는 외연(extent), B는 내포(intent), W는 공동 출원 특허 건수의 가중치 집합이다. 한편, t∈A인 기술협력 유형으로부터 ipc∈B인 기술 분야에 대한 공동특허가 w∈W건의 출원 성과로 존재할 때, t(ipc) = w 표현하도록 한다.

즉, 정형적 개념 (A, B, W)는 서로 공통적인 기술 분야(=내포)에 대해 공동연구를 수행하는 기술협력 유형들의 집합(=외연)이며, 해당 집합에서 발생하는 성과가 공동 출원 특허건 가중치로 표현되고 있다. 여기서 공통적인 기술분야는 공동 출원 특허 데이터로부터 얻어지는 IPC 정보를 의미하고, 기술협력 유형은 공동 출원인 간의 관계를 의미한다.

예를 들어 <Table 2> 로부터 정형적 개념분석을 수행하면 다음과 같은 총 6개의 기술협력 유형 정형적 개념을 얻을 수 있다.

C0 = ({산・산}, {IPC1, IPC2, IPC3, IPC4, IPC5},
{산・산(IPC1)=5, 산・산(IPC2)=3,
산・산(IPC3)=2, 산・산(IPC4)=1,
산・산(IPC5)=3})
C1 = ({산・산, 산・학}, {IPC1, IPC3, IPC5},
{산・산(IPC1)=5, 산・산(IPC3)=2,
산・산(IPC5)=3, 산・학(IPC1)=1,
산・학(IPC3)=2, 산・학(IPC5)=2})
C2 = ({산・산, 산・연}, {IPC2}, {산・산(IPC2)=3,
산・연(IPC2)=2})
C3 = ({산・산, 학・연}), {IPC1, IPC4},
{산・산(IPC1)=5, 산・산(IPC4)=1,
학・연(IPC1)=2, 학・연(IPC4)=5})
C4 = ({산・산, 산・학, 학・연}, {IPC1},
{산・산(IPC1)=5, 산・학(IPC1)=1,
학・연(IPC1)=2})
C5 = ({산・산, 산・학, 산・연, 학・연}, {}, {})



<Figure 3> Concept Lattice of Technology Cooperation Type

또한 일반적인 정형적 개념분석과 마찬가지로 기술협력 유형 개념격자를 <Figure 3>과 같이 도출할 수 있다. 각 노드는 정형적 개념 (A, B, W) = {C0, C1, ... C5} 에 대응되며, 노드에 가중치 표기는 생략하였다.

개념격자를 살펴보면, 격자 라인을 따라 기술협력 유형과 기술 분야들을 정형적 개념으로 분류할 뿐 아니라 정형적 개념들에 대하여 상하위 관계를 정의하고 유용한 해석을 할 수 있다. 예를 들어 개념격자의 상단에 위치한 개념들은 해당 기술분야들(=내포)에 대해 보다 다양한 기술협력 유형들(=외연)이 존재할 것이다. 즉, 정형적 개념 “C4 = ({산・산, 산・학, 학・연}, {IPC1}, {산・산(IPC1)=5, 산・학(IPC1)=1, 학・연(IPC1)=2})” 는 “IPC1” 기술분야에 대해 “산・산, 산・학, 학・연”의 기술협력 유형이 존재하며, 기술협력 성과인 공동출원 특허 건수는 각각 “5, 1, 및 2” 건이라는 것을 의미한다. 반면, 개념격자의 하단에 위치한 개념들은 역으로 해당 기술협력 유형들(=외연)이 보다 다양한 기술분야들(=내포)에 관여했다는 것을 보여준다. 즉, 정형적 개념 “C0 = ({산・산}, {IPC1, IPC2, IPC3, IPC4, IPC5}, {산・산(IPC1)=5, 산・산(IPC2)=3, 산・산(IPC3)=2, 산・산(IPC4)=1, 산・산(IPC5)=3})” 으로부터 “산・산” 기술협력 유형은 “IPC1, IPC2, IPC3, PIC4, IPC5” 의 모든 기술분야들에 대해 기술협력이 이루어졌고, 기술협력 성과인 공동특허 출원 건수는 각각 “5, 3, 2, 1 및 3”건이라는 것을 의미한다.

지금까지 살펴본 내용으로부터 본 연구에서는 다음의 세 가지 가정을 기술하고 “기술협력 유형 지표”를 정의하고자 한다.

(가정 1) 기술 분야 IPCk를 내포로 갖는 정형적 개념의 수가 많고, 해당 정형적 개념의 외연 크기가 커질수록, 해당 기술 분야 IPCk는 다양한 유형의 기술협력이 수행되는 기술 분야일 가능성이 높다. 왜냐하면, 특정 기술 분야 IPCk를 내포로 갖는 개념들의 수가 많다는 것은 해당 기술 분야 IPCk가 다양한 개념들에 포함된다는 것을 의미하므로, 기술 협력의 다양성이 올라간다. 또한 특정 기술 분야 IPCk를 내포로 갖는 개별 개념에 대해서도, 많은 기술협력 유형이 기술 분야 IPCk를 공동연구 한다면(즉, 외연 크기가 커진다면) 해당 기술 분야의 기술협력 유형의 다양성은 증가한다.

(가정 2) 기술협력 유형 정형적 개념에서 공동 출원 특허 건수가 많으면, 해당 기술 분야에 대한 기술협력 성과는 높다.

(가정 3) 특정 기술협력 유형 정형적 개념에서 내포의 크기가 작을수록, 내포를 구성하는 기술 분야 IPCk는 중점 협력기술 대상일 가능성이 높다. 왜냐하면, 공동연구 대상 기술의 수가 적을수록(즉, 내포 크기가 작아진다면), 해당 기술 분야에 선택과 집중을 수행한다고 가정할 수 있다.

정리하면, 특정 기술 분야 IPCk 에 대한 기술협력 유형 지표 CT(IPCk)는 식 (1)과 같다.

$$CT(IPC_k) = \sum_{C_i} \sum_{t_j \in C_i \text{외연}} \left(\frac{t_j(IPC_k)}{| C_i \text{내포} |} \right), \text{ for } IPC_k \in C_i \text{내포} \quad (1)$$

식 (1)의 의미를 자세히 살펴보면, 기술협력 유형 지표 CT(IPCk)는 다음과 같은 세 가지 가정을 만족한다. ① 기술 분야 IPCk를 내포로 갖는 개념들(Ci)의 개수가 많을수록 해당 기술 분야는 다양한 기술협력 개념들을 설명할 수 있기 때문에 여러 개념과 관련성이 높아지므로 지표값이 증가하고($\sum_{C_i}$), IPCk를 내포로 갖는 개념들의 각 외연(Ci외연)의 크기가 클수록 다양한 기술협력 유형(tj)들의 공통적인 기술협력 대상이기 때문에 보다 포괄적인 기술 분야가 될 수 있으므로 지표값이 증가한다 ($\sum_{t_j \in C_i \text{외연}}$). ② 또한, 해당 기술 분야 IPCk에서 기술협력 유형별 공동출원 특허 건수 실적이 높아질수록 지표값이 역시 증가한다 ($t_j(IPC_k)$). ③ 한편, 지표값은 IPCk를 내포로 갖는 개념들의 내포 크기(|Ci내포|)에는 반비례하는 것을 알 수 있는데 ($\frac{1}{| C_i \text{내포} |}$), 해당 개념에서 공동으로 연구하는 기술 분야의 수가 적을수록 기술 분야 IPCk에 대한 연구 기여가 커지기 때문이다.

예를 들어 <Table 2>로부터 기술 분야 IPC1의 CT(IPC1)의 값을 계산하면 다음과 같다. IPC1를 내포로 갖는 정형적 개념은 C2를 제외한 총 5개이므로, 식(1)에 의해 Co-op1(IPC1) = 5/5 + (5+1)/3 +(5+2)/2 + (5+1+2)/1 = 14.5 이다. 같은 방법으로 IPC2의 지표값을 계산하면, CT(IPC2) = 3/5 +5/1 = 5.6 이다. 즉, 기술 분야 IPC1과 IPC2의 기술협력 유형 지표값을 비교한 결과, 공동 출원 특허건수를 가중치로 고려했을 때 기술 분야 IPC1이 기술 분야 IPC2보다 포괄적인 협력 대상 기술 분야이며 좀 더 다양한 기술협력 유형이 존재한다고 판단할 수 있다.

한편, 수행년도(Y)에 대한 정형적 문맥이 주어질 때, 임의의 기술협력 유형 집합 A ⊆ Y, 임의의 수행년도 집합 B ⊆ M, 공동 출원 특허건수 집합 W ⊆ P에 대해, A’ = B 이고 B’ = A를 만족하면, (정의 2)를 확장하여 기술협력 추이 정형적 개념을 순서쌍 (A, B, W)로 정의할 수 있으며, y∈A 년도에 ipc∈B인 기술 분야에 대한 공동특허가 w∈W건의 출원 성과로 존재할 때, t(ipc) = w 표현 가능하다. 마찬가지로 기술협력 유형 지표 CY(IPCk)를 정의한

것과 유사하게 식 (2)와 같이 t_j부분을 y_j로 대체한 기술협력 추이 지표 CY(IPCk)를 정의할 수 있다.

$$CY(IPC_k) = \sum_{C_i} \sum_{y_j \in C_i \text{외연}} \left(\frac{y_j(IPC_k)}{| C_i \text{내포} |} \right), \text{ for } IPC_k \in C_i \text{내포} \quad (2)$$

식 (2)의 의미를 살펴보면, 기술협력 유형 지표의 세 가지 가정과 마찬가지로 객체에 해당하는 기술협력 유형 t_j를 기술협력이 수행된 년도 y_j로 대체하여 해석 가능하다. 즉, ① 기술 분야 IPCk를 내포로 갖는 정형적 개념의 수가 많고, 해당 정형적 개념에서 각 개념들의 외연의 크기가 클수록, 해당 기술 분야 IPCk는 기술협력이 일정기간 지속적으로 수행되는 기술분야이고, ② 기술협력 추이 정형적 개념에서 공동 출원 특허건수가 많으면, 해당 기술 분야에 대한 기술협력 성과가 높으며, ③ 기술협력 추이 정형적 개념에서 기술 분야집합(내포) 크기가 작을수록, 내포를 구성하는 기술 분야는 일정기간 동안 중점 협력 대상 기술일 가능성이 높다.

특히, 기술협력 추이 지표는 추가분석 도구에 해당하므로, 기술협력이 빈번하게 이루어지고 있는 특정 기술협력 유형에 대해 적용할 때 유용하다.

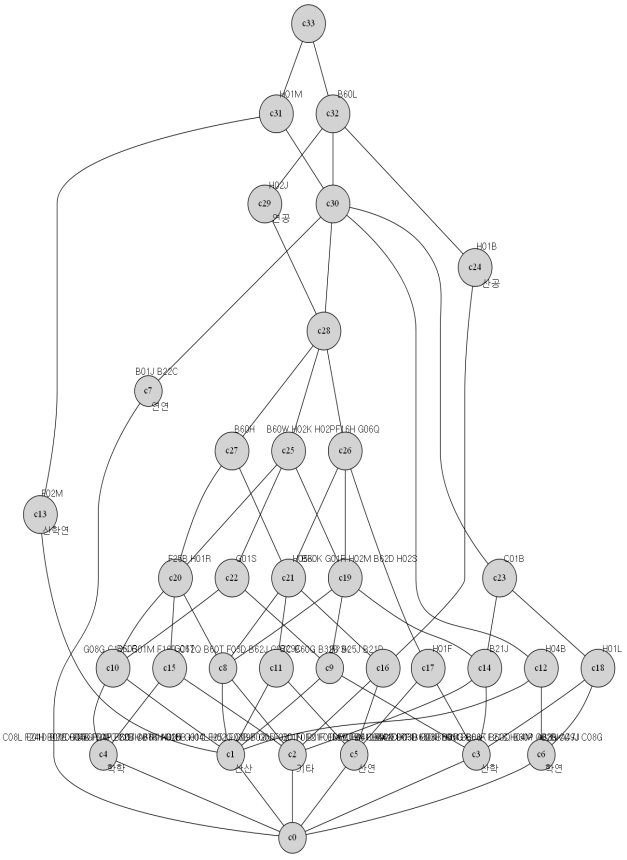
4. 사례 연구

본 장에서는 앞 장에서 제시한 기술협력 성과분석 방법론을 “전기 자동차” 분야에 적용한 사례연구를 진행한다. 최근 기후 변화 대응 및 ICT 기술 발달에 따라 관심이 증가하는 전기 자동차 분야는 모터・배터리 등을 생산하는 다양한 기업 간 기술협력이 요구되는 산업이다. 즉, 파리 기후협정에서 약속한 대로 2050년까지 지구 온도 상승폭을 1.5℃까지 낮추려면 에너지 사용의 전기화가 필수적이며, 내연기관 자동차의 전기 자동차화 기술이 효과적인 방안으로 사용될 수 있기 때문이다. 또한, 전기 자동차를 포함한 친환경 자동차 시장은 내연기관차 판매 금지 정책으로 인해 더 확대될 전망이다. 유럽, 미국, 중국 등 주요국에서는 내연기관차 판매 금지 및 전동화 차량으로의 전환 계획을 발표하고 있으며, 국내에서도 산업통상자원부가 내연기관 부품업체의 미래차 전환 지원과 전기 자동차 대중화를 위한 기술개발의 구체적인 계획을 발표하는 등 전기 자동차 분야 기술협력의 필요성을 강조하고 있다.

본 연구에서는 다양한 기술협력 유형을 객체 집합으로 정의하기 위해 산・학・연 및 공공기관의 기술협력 조합을 “산・산, 산・학, 산・연, 산・공, 학・학, 학・연, 연・연, 연・공, 산・학・연, 기타”의 10가지 유형으로 구분하고, 기술협력 기간은 2006년부터 2020년까지 15년을 고려하였다. 공동 출원 특허를 기술협력의 성과물로 활용하기 위해 IPC 정보가 포함된 공동 출원 특허 데이터를 수집하였고, 중복 출원을 제외한 15년간의 국내 공동 출원 특허 성과인 1,009건을 분석 대상으로 선정하였다. 기초통계분석을 통해 산・산이 537개로 전체의 53%를 차지하고, IPC의 총 갯수는 109개이며, 분포별로 정렬해보면, 가장 많은 IPC인 B60L에서부터 12번째 IPC까지의 합이 전체의 80%를 차지함을 알 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로, 기술협력 유형과 기술 분야에 대한 추이를 분석한 후 시사점을 도출하였다.

4.1 전기 자동차 기술협력 정형적 문맥

공동 출원 특허 데이터를 수집하기 위하여 윕스에서 제공하는 윈텔립스 특허 검색 서비스를 활용하였다. “전기자동차/전기차/ev/electric-vehicle”를 검색 키워드로 지정하였다. 기술 분야인 속성 집합은 공동 출원 특허 실적이 있는 IPC를 기준으로 기술협력 유형의 경우 총 109개 기술분야, 기술협력 추이의 경우 총 32개의 기술 분야로 정의하였다. 기술협력 유형 및 수행년도에 대한 정형적 문맥은 <Appendix 1>과 <Appendix 2>에 기술하였다.



<Figure 4> Concept Lattice of Technology Cooperation Type

4.2 전기자동차 기술협력 유형 분석

기술협력 유형의 정형적 문맥으로부터 가중치가 적용된 정형적 개념분석을 실시하면 <Appendix 3>과 같이 총 34개의 정형적 개념을 도출할 수 있으며, 개념격자는 <Figure 4>이다.

최상단에 위치한 정형적 개념 C33의 경우 외연과 내포는 ({산・산, 기타, 산・학, 학・학, 산・연, 학・연, 연・연, 산・공, 산・학・연, 연・공}, {})이고, 최하단에 위치한 정형적 개념 C0의 경우 외연은 공집합이고 내포는 전체 109개의 IPC 집합이다. 한편 최상단 정형적 개념 C33과 직접 연결된 하위개념 C31의 외연과 내포는 ({산・산, 기타, 산・학, 학・학, 산・연, 학・연, 연・연, 산・학・연}, {H01M})이고, C32의 외연과 내포는 ({산・산, 기타, 산・학, 학・학, 산・연, 학・연, 연・연, 산・공, 연・공}, {B60L})이다. 즉, H01M(화학 에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법) 및 B60L(전기 추진차량의 추진장치의 설치 또는 배치) 기술분야는 개념 격자에서 아래에 위치한 다른 기술 분야보다 다양한 기술협력 유형이 존재하며, 이는 해당 기술이 상대적으로 근본적이고 포괄적인 기술임을 유추하게 해준다. 또한, 정형적 개념 C31과 C32의 공통적인 하위개념인 C30의 외연과 내포는 ({산・산, 기타, 산・학, 학・학, 산・연, 학・연, 연・연}, {B60L, H01M})이다. 개념격자에서 상위-하위관계 정의에 따라, 하위개념 C30의 내포는 상위개념 C31과 C32의 내포들의 합집합에 해당하고, C30의 외연은 C31과 C32의 외연들의 교집합에 해당된다. 즉, 두 기술 B60L과 H01M 을 모두 동시에 수행하는 기술협력 유형은 {산・산, 기타, 산・학, 학・학, 산・연, 학・연, 연・연}이며, 상위개념에 존재했던 {산・학・연, 산・공, 연・공} 유형이 제외되는 것을 알 수 있다. 이러한 원리에 따라 상위에서 하위개념으로 이동하면, 하위개념의 외연의 크기는 작아지고 내포의 크기는 커진다. 즉, 외연에 해당하는 기술협력 유형의 종류는 감소하고, 해당 기술협력에서 수행하는 기술분야의 다양성은 증가할 것이다. 예를 들어, 최하위 정형적 개념 C0과 직접 연결된 상위개념 C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7의 외연은 각각 {산・산}, {기타}, {산・학}, {학・학}, {산・연}, {학・연}, {연・연}으로 기술협력 유형이 하나로 이루어져 있으며, 대응되는 내포는 해당 기술협력 유형에서 공동연구를 수행한 대상 기술분야에 해당하며 내의 크기는 상대적으로 크다. 기술협력유형이 “기타” 인 경우를 제외하고 내포의 크기가 가장 큰 정형적 개념은 C1이며, “산・산” 협력 유형이 가장 다양한 기술 분야 활용을 통해 공동 특허를 출원한 것으로 파악할 수 있다. 그 뒤를 이어 “산・학, 학・학, 산・연” 유형도 일반적인 기술협력 형태임을 알 수 있다.

한편, 109개의 IPC 기술 분야에 대한 개념 격자의 계층적 특징들을 바탕으로 식 (1)을 적용하면 각 기술 분야에 대해 중요도를 얻을 수 있으며, 해당 중요도를 기술협력 유형 지표로 표현하면 <Table 4>와 같이 상위 10개의 기술 분야를 확인할 수 있다.

<Table 4> Top 10 IPCs for Technology Cooperation Type (Z = CT/Total_sum)

No.	IPC	CT	Z	Description
1	B60L	1601.9420	0.7188	Electric Vehicles
2	H01M	407.3381	0.1828	Batteries and Fuel Cells
3	B60W	57.8720	0.0260	Vehicle Control Systems
4	H02J	42.3252	0.0190	Power Supplies for Electronic Devices
5	F16H	25.2382	0.0113	Gearboxes and Transmission Systems
6	B60H	19.5779	0.0088	Heating, Cooling, and Ventilation in Vehicles
7	G06Q	18.5595	0.0083	Data Processing for Business Purposes
8	H02K	9.5954	0.0043	Electric Machines and Generators
9	B60K	8.7977	0.0039	Vehicle Propulsion Systems
10	G01R	4.6729	0.0021	Electrical Testing and Measurement

<Table 4>를 살펴보면, B60L 지표값이 압도적으로 높고, H01M 지표값이 두 번째로 높다. B60L은 전기자동차와 관련된 다양한 요소 기술에 활용된 기술 분야이며, H01M은 특정 기술에 활용된 기술 분야이다. B60L과 H01M은 매우 다양한 기술협력 유형으로 공동연구가 수행되었고, 공동 출원 특허 건수도 많이 나온 중점기술 분야라고 가정할 수 있다. 실제로 공동출원 특허 데이터 전체 1,009건 중 B60L 분야에 395건, H01M 분야에 110건이 출원되었다. 세부 기술별로 살펴보면, B60L의 경우 모터토크 및 구동 제어 방법, 충방전 또는 교환 장치, 변속 및 파킹 제어 방법, 전력변환 컨버터 제어 및 고장 진단 등과 관련되고, H01M의 경우 주로 배터리 열교환 및 안전 장치 등 배터리와 관련된 공동출원 특허임을 살펴볼 수 있다. B60L의 세부기술에 대해 조금 더 자세히 살펴보면, 전기 추진차량의 보조장치에 전력을 공급하는 기술, 배터리 또는 연료전지의 모니터링, 제어용 방법 및 회로장치, 전기적 추진차량의 동력공급선용 집전장치, 차량 외부로부터 동력을 공급하는 전기적 추진장치 등 전기 자동차의 상용화 기술 중심으로 협력이 이루어지는 것으로 파악된다. 그 외 전기모터와 내연기관을 포함하는 하이브리드 추진 및 제어 시스템에 대한 기술 분야에 대해 공동으로 특허를 출원하고 있다. 이러한 결과를 통해 자동차 산업의 패러다

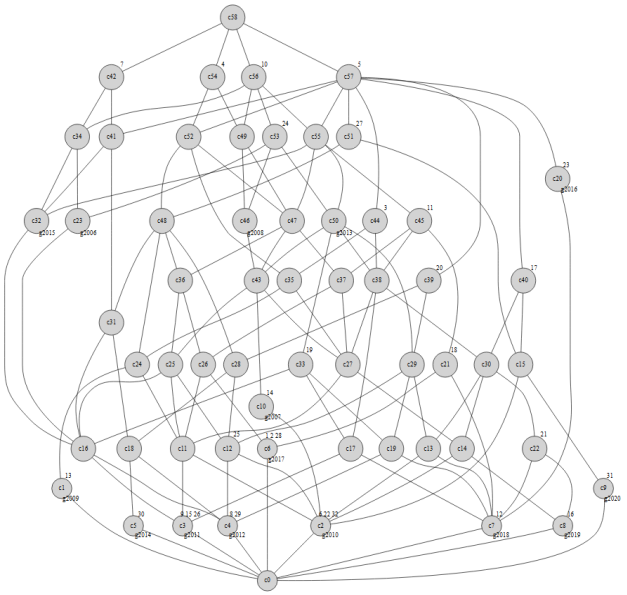
임이 기존 내연 기관에서 전동화로 전환되는 과정을 엿볼 수 있다. 특히, 전기 자동차 구동 시스템의 핵심적인 요소 기술인 모터와 배터리 간의 제어 영역과 기타 주변 장치들의 고장을 진단할 수 있는 제어 영역에 대한 기술협력이 다양하게 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

4.3 전기자동차 기술협력 추이 분석

앞서 정형적 개념분석 결과를 통해 기술협력이 빈번하게 이루어지고 있는 기술협력 유형은 “산・산”임을 확인하였다. 따라서, “산・산” 형태로 이루어진 공동 출원 특허 데이터를 바탕으로 기술협력 추이 분석을 진행하도록 한다. 기술협력 추이의 정형적 문맥으로부터 가중치가 적용된 정형적 개념분석을 실시하면 <Appendix 4>와 같이 총 59개의 정형적 개념이 도출되며, 개념격자는 <Figure 5>이다.

기술협력 유형 분석과 마찬가지로 최상단에 위치한 정형적 개념 C58의 외연은 모든 수행년도의 집합이고 내포는 공집합이며, 최하단에 위치한 정형적 개념 C0의 내포는 모든 기술분류 집합이고 외연은 공집합이다. 먼저 최상위 정형적 개념 C58과 직접 연결된 하위개념 C42, C54, C56, C57의 내포는 각각 {B60R}, {B60K}, {B60W}, {B60L} 이며, 외연은 해당 기술분야에 대해 공동연구가 수행되어 공동특허 출원성과가 존재하는 년도를 의미한다. 즉, 개념 격자의 상단에 위치한 기술 분야인 B60R, B60K, B60W, B60L은 수년간 지속적으로 “산・산” 형태의 기술협력이 이루어진 기술분야라는 것을 알 수 있다. 특히, C57의 외연을 살펴보면, B60L은 2007년부터 2020년도까지, 2008년을 제외하고는 지속적으로 “산・산” 기술협력이 이루어진 기술분야라는 것을 알 수 있다. 또한 최하위 정형적개념인 C0과 직접 연결된 상위개념은 C1부터 C9까지 9개가 존재한다. 해당 개념의 외연은 각각 {g2009}, {g2010}, {g2011}, {g2012}, {g2014}, {g2017}, {g2018}, {g2019}, {g2020} 이며, 나열한 해당 기간은 각각 다양한 기술분야에 대해서 “산・산” 기술협력이 이루어진 연도 라는 것을 알 수 있다. 특히, 2010(=g2010)년에는 총 14개 IPC 기술분야에 대해서 “산・산” 공동출원 특허 성과가 창출될 만큼 다양한 공동연구가 수행되었다. 유사한 방식으로 정형적 개념의 상하위 관계를 활용하여, 특정 기술분야가 언제 공동연구가 많이 이루어졌는지, 그리고 특정 연도에는 어떠한 기술분야에 공동연구가 많이 이루어졌는지를 파악할 수 있다.

또한 개념 격자로부터 관심 있는 객체(년도) 또는 속성(기술 분야)의 부분집합을 포함하는 정형적 개념을 찾고 추가적인 정보를 얻을 수 있다. 예를 들어 최근 3년간 기술협력이 일어난 기술 분야를 찾기 위해, 객체집합 = {g2018, g2019, g2020}을 포함하는 최소 크기의 정형적 개념을 찾으면 C40 = ({g2010, g2018, g2019, g2020}, {B60L, F16H}) 를 얻을 수 있다. 즉, 2019년부터 2020년 까지 최근 3년간 B60L 및 F16H 에 대해 “산・산” 기술협력을 통해 공동특허를 출원하였으며, 위와 같은 협력은 최근 3년 외 2010(=g2010)년에도 한번 수행된 것을 알 수 있다. 또한 배터리(H01M) 및 하이브리드 시스템(B60W) 에 대해 기술협력이 이루어진 년도를 찾아보면 정형적 개념 C53 = ({g2006, g2007, g2008, g2010, g2011, g2012, g2013, g2018, g2019}, {B60W, H01M})을 얻을 수 있다. 즉, 두 개의 기술은 2014부터 2017년까지 4년간 공백기가 존재하지만, 2006년부터 2018년까지 지속적으로 이루어지고 있다는 것을 발견할 수 있다.



<Figure 5> Concept Lattice of Trend of Electric Vehicle Technology Cooperation

한편, 32개의 IPC 기술 분야에 대해 개념 격자의 계층적 특징들을 바탕으로 식 (2)를 적용하면 각 기술 분야에 대해 중요도를 얻을 수 있으며, 앞서 수행한 기술협력 유형의 중요도와 마찬가지로 기술협력 추이를 고려한 측면에서도 역시 B60L이 최상위 기술 분야로 나타났다. 기술협력 추이 지표로 표현하면 <Table 5>와 같이 상위 10개의 기술 분야를 확인할 수 있다. 지표의 의미로부터 살펴보면 기술협력 추이 지표도 기술협력 유형 지표와 마찬가지로 B60L에 대한 특허 출원 수에서도 압도적으로 높다는 것을 알 수 있으며, IPC의 8개 섹션 가운데 B(처리조작, 운수) 섹션이 차지하는 비율도 압도적으로 높다.

<Table 5>에서 보는 바와 같이 차량일반(B60)에 관한 기술협력 성과가 상위권에 있으며, 특히 전기 추진차량의

추진 장치의 설치와 관련된 IPC인 B60L에 대한 점수가 하위 9개 기술 분야에 비해 6배에서 50배 이상 높음을 확인할 수 있다. 이를 통해 기술협력 유형 지표와 유사한 결과임을 알 수 있다. 다만, 상위 기술 분야에 대해 기술협력 유형 지표와 차이가 나는 세부 기술을 살펴보면, B60K의 경우 차량의 추진 기관 또는 변속기(트랜스미션, Transmission)의 배치 또는 설치, 복수의 다양한 원동기의 배치 또는 설치, 차량용 보조 구동장치, 차량용 계기 또는 계기판, 차량의 추진 장치의 냉각, 흡기, 배기 또는 연료 공급에 관한 배치와 관련되고, B60W의 경우를 살펴보면 다른 종류 또는 기능의 차량용 부품 관련 제어, 하이브리드 차량에 특별히 적합한 제어 시스템 및 특정 목적을 위한 도로상의 차량 운전 제어 시스템 기술 분야에 대해 공동 특허를 출원하고 있다. 이는 "산・산" 형태의 기술협력 유형으로부터 확인할 수 있는 특성으로 기존 내연기관 자동차의 구동 시스템인 파워트레인과 하이브리드 자동차 제어 장치에 대한 융복합 기술 분야 연구가 타 기술협력 유형보다 상대적으로 활발하게 이루어졌음을 알 수 있다. 이는 중소벤처기업부에서 발간하는 중소기업 기술 로드맵의 최신 로드맵 자료보고서 및 연도별 통합보고서를 통해서 확인할 수 있다. 또한, H02J의 경우 전력급전 또는 전력배전을 위한 회로 장치 또는 시스템, 전기에너지를 저장하기 위한 시스템과 관련되고, 2019년에 "산・학"형태의 공동 특허 출원이 가장 활발하게 이루어졌음을 알 수 있다.

<Table 5> Top 10 IPCs for Technology Cooperation Trend (Z=CY/Total_sum)

No.	IPC	CY	Z	Description	Key Year (Type)
1	B60L	561.0055	0.622962	Electric Vehicles	2018 (산・산)
2	B60K	93.8647	0.104231	Vehicle Propulsion Systems	2019 (산・산)
3	B60W	85.8048	0.095281	Vehicle Control Systems	2018 (산・산)
4	H01M	44.4795	0.049392	Batteries and Fuel Cells	2011 (산・산)
5	B60H	36.1071	0.040095	Heating, Cooling, and Ventilation in Vehicles	2010 (산・산)
6	F16H	17.2183	0.01912	Gearboxes and Transmission Systems	2019 (산・산)
7	H02J	16.5941	0.018427	Power Supplies for Electronic Devices	2019 (산・학)
8	G01R	13.7394	0.015257	Electrical Testing and Measurement	2012 (산・산)
9	B60R	12.7766	0.014188	Vehicle Safety and Protection	2012 (산・산/산・학)
10	B62D	10.1905	0.011316	Motor Vehicle Body Construction	2017~2019 (산・산)

지금까지 전기 자동차 분야 공동 출원 특허정보와 가중치를 적용한 정형적 개념분석을 활용한 기술협력 유형 및 기술협력 추이 분석 결과를 살펴보았고, 정형적 개념분석이 향후 특정 기술 분야의 유형별 연도별 기술협력 분석을 위한 새로운 도구로 활용이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 기술협력 유형 및 추이에 대한 정량적 분석을 통해 그동안 어떠한 기술분야에서 어떠한 유형의 기술협력을 수행하고 있으며, 또한 연도별 기술협력 대상이 되는 기술분야는 어떻게 변화하고 있는가를 분석하는 방법론을 제시하였다. 또한 기존의 기술협력에 대한 연구는 대부분 정성적인 방법으로 고찰해왔는데 이는 객관적인 측정 방법으로 활용하기에는 다소 아쉬움이 있다. 특히, 기업이 유망기술 관련 분야에서 기술협력 유형을 선택하기 위해서는 정량적인 방법에 대한 연구가 더욱 더 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 공동으로 출원한 특허 정보를 바탕으로 기술협력에 대한 객관적인 분석 방법을 새롭게 제안하였다. 가중치를 적용한 정형적 개념분석 기법을 바탕으로 특정 기술 분야에 대한 개념적 군집을 도출하였고, 각 군집의 연관성을 시각적으로 표현한 개념 격자를 구축하였다. 이를 통해, 기술협력 유형과 기술협력 추이를 다양한 방법으로 측정하고 해석하여, 제안한 방법론이 기술협력 활동에 대한 분석 도구로 활용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

본 연구에서 제안한 방법론은 2020년까지의 특허 데이터만을 기술협력의 성과로 활용하였기 때문에 최근 더해지는 급격한 기술 변화에 따른 기술 추이 연구가 지속적으로 필요하다. 향후 특정 기술 분야의 최신 특허를 확보하고, 다양한 데이터를 추가로 고려하여 제안한 방법론이 기술협력의 성과분석 방법론 중 하나로 널리 활용될 수 있기를 기대한다.

References

[1] Barnes, T., Pashby, I., and Gibbons, A., Effective university-industry interaction: A multi-case evaluation of collaborative R&D projects, *European Management Journal*, 2002, Vol. 20, No. 3, pp. 272-285.

[2] Baum, J., Calabrese, T., and Silverman, B., Don't Go It Alone: Alliance Network Composition and Startups Performance in Canadian Biotechnology, *Strategic Management Journal*, 2000, Vol. 21, No. 3, pp. 267-295.

[3] Bonaccorsi, A. and Piccaluga, A., A theoretical framework for the evaluation of university-industry relationships, *R&D Management*, 1994, Vol. 24, No. 3, pp. 229-247.

[4] Cimiano, P., Hotho, A., Stumme, G., and Tane, J., Conceptual Knowledge Processing with Formal Concept Analysis and Ontologies, In *International Conference on Formal Concept Analysis*, 2004, pp. 189-207.

[5] Formica, A., Ontology-based Concept Similarity in Formal Concept Analysis, *Information Sciences*, 2006, Vol. 176, No. 18, pp. 2624-2641.

[6] Hagedoorn, J., Understanding the Rationale of Strategic Technology Partnering : Interorganizational Modes of Cooperation and Sectoral Differences, *Strategic Management Journal*, 1993. Vol. 14, No. 5, pp. 371-385.

[6] Hakanson, L., Managing Cooperative Research and Development: Partner Selection and Contract Design, *R&D Management*, 1993, Vol. 23, No. 4, pp. 273-285.

[7] Hausman, J., Hall, B.H., and Griliches, Z., Econometric Models for Count Data with an Application to the Patents-R&D Relationship, *Econometrica*, 1984, Vol. 52, No. 4, pp. 909-938.

[8] Jang, S.S. and Lee, J.H., Analysis of Patent Cooperation Network by Industry of Artificial Intelligence Technology, *Management Information Systems Review*, 2023, Vol. 42, No. 1, pp. 95-113.

[9] Ju, S.H. and Seo, H.J., Study of the Effects of Co-Patent Network Factors on Technological Innovation: Focus on IT industry in Korea, *Journal of Technology Innovation*, 2017, Vol. 25, No. 4, pp. 211-238.

[10] Kang, S.M. and Seo, M.K., An Empirical Study on Technological Cooperation, Innovation, and Absorptive Capability, *Journal of Industrial Economics and Business*, 2013, Vol. 26, No. 2, pp. 945-959.

[11] Kim, B.K. and Cho, H.J., An Empirical Study on the Relationship between R&D Collaboration Characteristics and Patent Performance in the Biotechnology Research in Korea Using Network Analysis, *Journal of Industrial Property*, 2016, Vol. 51, pp. 299-326.

[12] Kim, G.H. and Kim, B.K., An Analysis of Technological Convergence and Collaborative, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 2021, Vol. 22, No. 7, pp. 518-527.

[13] Kim, H.K., Kang, W.J., Park, J.H., and Yeo., I.K., Comparing Efficiencies of R&D Projects Using DEA: Focused on Core Technology Development Project, *Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2013, Vol. 36, No. 3, pp. 126-132.

[14] Kim, S.H. and Kim, J.H., An Exploratory Study on the Performance of Open Product Innovation: Product Innovation Strategy, Source and Partner Contribution Perspectives, *Korean Journal of Business Administration*, 2011, Vol. 24, No. 2, pp. 685-703.

[15] Kim, Y.J., Technological Collaboration Linkages and the Innovation Output in Small and Medium-sized Firms: A Study on the Moderating Effects of Absorptive Capacity, *Korean Management Review*, 2005, Vol. 34, No. 5, pp. 1365-1390.

[16] Lanjouw, J. and Schankerman, M., Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators, *Economic Journal*, 2004, Vol, 114, No. 495. pp. 441-465.

[17] Lee, C.Y., The Success Factors on Private-Public Technology Collaboration of SMEs, *Korea Technology Innovation Society*, 2019, Vol. 22, No. 3, pp. 416-445.

[18] Lim, H.G., Kim, B.K., and Jeong, E.S., Technological Cooperation Network Analysis through Patent Analysis of Autonomous Driving Technology, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 2020, Vol. 21, No. 12, pp. 688-701.

[19] Mohr, J. and Spekman, R., Characteristics of partnership success: partnership attributes, communication behavior, and conflict resolution techniques, *Strategic Management Journal*, 1994, Vol. 15, No. 2, pp. 135-152.

[20] Mora-Valentin, E., Montoro-Sanchez, A., and Guerras-Martin, L., Determining factors in the success of R&D cooperative agreements between firms and research organizations, *Research Policy*, 2004, Vol. 33, No. 1, pp. 17-40.

[21] Park, W.J., An empirical study on the influence of collaborative performance of large corporations and SMEs on innovative capabilities of SMEs, [Seoul, Korea]: Han-Yang University, 2014.

[22] Poelmans, J., Elzinga, P., Viaene, S., and Dedene, G., Formal Concept Analysis in Knowledge Discovery : A Survey, In: Croitoru M., Ferré S., Lukose D. (eds) Conceptual Structures : From Information to Intelligence, *Lecture Notes in Computer Science*, 2010, Vol. 6208.

[23] Poelmans, J., Ignatov, D. I., Kuznetsov, S. O., and Dedene, G., Formal Concept Analysis in Knowledge Processing: A Survey on Applications, *Expert Systems with Applications*, 2013, Vol. 40, No. 16, pp. 6538-6560.

[24] Poshyvanyk, D. and Marcus, A., Combining Formal

Concept Analysis with Information Retrieval for Concept Location in Source Code, In *15th IEEE International Conference on Program Comprehension*, 2007, pp. 37-48.

[25] Putnam and Jonathan, The Value of International Patent Rights, [United States: Yale University], 1996

[26] Santoro, M.D. and Chakrabarti, A.K., Firm size and technology centrality in industry-university interactions, *Research Policy*, 2002, Vol. 31, No. 7, pp. 1163-1180.

[27] Seo, H.S., Yoon, S.M., and Lee, H.J., Identifying Significances of Attributes, Objects and Concepts based on Weighted Formal Concept Analysis, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 2020, Vol. 46, No. 6, pp. 603-615.

[28] Shin, I.S. and Kim, H.S., An Empirical Analysis of R&D Cooperation Effect on Firm Performance of Biotechnology SMEs, *Korea Society of innovation*, 2020, Vol. 15, No. 2, pp. 25-55.

[29] Small Business Technology Roadmap, http://smroadmap.smtech.go.kr.

[30] Stumme, G., Wille, R., and Wille, U., Conceptual Knowledge Discovery in Databases Using Formal Concept Analysis Methods. In: Żtkow J. M., Quafafou M. (eds) Principles of Data Mining and Knowledge Discovery, PKDD 1998, *Lecture Notes in Computer Science*, 1998, Vol. 1510.

[31] Tilley, T., Cole, R., Becker, P., and Eklund, P., A survey of Formal Concept Analysis Support for Software Engineering Activities, In *Formal Concept Analysis*, 2005, pp. 250-271.

[32] Trajtenberg. and Manuel, A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations, *RAND Journal of Economics*, 1990, Vol. 21, pp. 172-187.

[33] Wille, R., Restructuring lattice theory: An approach based on hierarchies of concepts, *NATO Advanced Studies Institute*, 1982, Vol. 83, pp. 445-470.

<Appendix 1> Formal Context for Technology Cooperation Type

구분	B60L	H01M	B60W	B60K	F16H	G06Q	B60H	H02J	G01R	H02K	H02M	B62D	H05K	F25B	H02P	H02S	G08G	C12N	H01R	H01B	G01S	G01M	F16D	E01D	C12Q	B60T	B21J
산산	212	62	77	32	27	7	19	1	16	3	3	8	2	4	2	1	4	3	1		1	1	2		3	2	
기타	92	18	4	12	8	10	2	7	3	9	1	1	5	1	1	2	1	2	1	2		3	2	4	1	2	2
산학	51	20	1	1	2	1		8	4	3	9	1			3	2					2						2
학학	27	1	1				2	5		1				3	1				2		1						
산연	8	2			1	8	3	1					1							1							
학연	2	5																									
연연	1	1																									
산공	1																			1							
산학연		1																									
연공	1							1																			

구분	H01F	F03D	F02M	C08L	C01B	B62J	B60R	B29C	B22D	H04W	H04B	H03H	H03F	H01L	H01G	G07C	G06T	G06F	F24H	F21S	F17C	F04B	F03G	F01P	E01C	C07H	B63H
산산		1	2	3		1	2	2			1					1			2		2	2		2			
기타		2			1	2			3							1	1						2		2	2	2
산학	2				1					2		2	2	1	2			2		2							
학학							1										1										
산연	1							1																			
학연					1						1			1													
연연																											
산공																											
산학연			1																								
연공																											

구분	B60G	B60B	B32B	B25J	B23K	B21D	B01J	B01F	A61K	H05B	H04M	H04L	H02H	H02G	G09B	G05F	G05D	G02B	G01N	G01C	F25J	F25D	F24F	F22B	F03B	F02N	F02D
산산	1	2	1	1	1	1			2				1							1	1				1	1	1
기타	1		1	1		1				1		1		1	1	1			1								
산학					1						1							1									
학학								2									1						1	1			
산연																						1					
학연																											
연연							2																				
산공																											
산학연																											
연공																											

구분	F01N	F01M	E21F	E05B	E04H	E02D	D03D	C09K	C09J	C08K	C08J	C08G	C07K	C07F	B65G	B65D	B62K	B61L	B60Q	B60P	B60M	B60J	B29K	B22C	A63B	A62D	A47J	A01D
산산	1	1						1		1				1		1					1	1						
기타			1	1	1	1	1				1				1		1		1	1					1		1	
산학									1			1																
학학													1															1
산연																		1								1		
학연																							1					
연연																								1				
산공																												
산학연																												
연공																												

<Appendix 2> Formal Context for Technology Cooperation Trend

구분	A01M	B60G	B60H	B60K	B60L	B60N	B60R	B60S	B60T	B60W	B62D	C08K	F01M	F01P	F04B	F16D	F16H	F24H	G01C	G01R	G06Q	G08G	H01F	H01M	H01R	H02H	H02J	H02M	H02P	H04B	H04L	H04N
g2006							1			1														1								
g2007				1	1					2				1										2								
g2008				1						3														1								
g2009			1	1	4								1														1					
g2010			5	3	7	1				1	1			1			1			4		1		1	1		1					1
g2011			8	7	11		1		1	3	2				1				1					6		1	2					
g2012				1	9		1	1		2									1	3				4	1		1		1			
g2013					3					1														1								
g2014				1	4		1													2							1			1		
g2015					7		1			1																						
g2016					7																		1									
g2017	1	1		2	15					2	2							2									2	1				
g2018			3		23					1	1	1					4	1	1	1	5		1	1								
g2019			3	4	10					2	1					1	10				2			1								
g2020					3												1										1				2	

<Appendix 3> Formal Concept for Technology Cooperation Type

Concept	Extent	Intent
C0	()	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60K', 'F16H', 'G06Q', 'B60H', 'H02J', 'G01R', 'H02K', 'H02M', 'B62D', 'H05K', 'F25B', 'H02P', 'H02S', 'G08G', 'C12N', 'H01R', 'H01B', 'G01S', 'G01M', 'F16D', 'E01D', 'C12Q', 'B60T', 'B21J', 'H01F', 'F03D', 'F02M', 'C08L', 'C01B', 'B62J', 'B60R', 'B29C', 'B22D', 'H04W', 'H04B', 'H03H', 'H03F', 'H01L', 'H01G', 'G07C', 'G06T', 'G06F', 'F24H', 'F21S', 'F17C', 'F04B', 'F03G', 'F01P', 'E01C', 'C07H', 'B63H', 'B60G', 'B60B', 'B32B', 'B25J', 'B23K', 'B21D', 'B01J', 'B01F', 'A61K', 'H05B', 'H04M', 'H04L', 'H02H', 'H02G', 'G09B', 'G05F', 'G05D', 'G02B', 'G01N', 'G01C', 'F25J', 'F25D', 'F24F', 'F22B', 'F03B', 'F02N', 'F02D', 'F01N', 'F01M', 'E21F', 'E05B', 'E04H', 'E02D', 'D03D', 'C09K', 'C09J', 'C08K', 'C08J', 'C08G', 'C07K', 'C07F', 'B65G', 'B65D', 'B62K', 'B61L', 'B60Q', 'B60P', 'B60M', 'B60J', 'B29K', 'B22C', 'A63B', 'A62D', 'A47J', 'A01D')
C1	('산산',)	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60K', 'F16H', 'G06Q', 'B60H', 'H02J', 'G01R', 'H02K', 'H02M', 'B62D', 'H05K', 'F25B', 'H02P', 'H02S', 'G08G', 'C12N', 'H01R', 'G01S', 'G01M', 'F16D', 'C12Q', 'B60T', 'F03D', 'F02M', 'C08L', 'B62J', 'B60R', 'B29C', 'H04B', 'G07C', 'F24H', 'F17C', 'F04B', 'F01P', 'B60G', 'B60B', 'B32B', 'B25J', 'B23K', 'B21D', 'A61K', 'H02H', 'G01C', 'F25J', 'F03B', 'F02N', 'F02D', 'F01N', 'F01M', 'C09K', 'C08K', 'C07F', 'B65D', 'B60M', 'B60J')
C2	('기타',)	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60K', 'F16H', 'G06Q', 'B60H', 'H02J', 'G01R', 'H02K', 'H02M', 'B62D', 'H05K', 'F25B', 'H02P', 'H02S', 'G08G', 'C12N', 'H01R', 'H01B', 'G01M', 'F16D', 'E01D', 'C12Q', 'B60T', 'B21J', 'F03D', 'C01B', 'B62J', 'B22D', 'G07C', 'G06T', 'F03G', 'E01C', 'C07H', 'B63H', 'B60G', 'B32B', 'B25J', 'B21D', 'H05B', 'H04L', 'H02G', 'G09B', 'G05F', 'G01N', 'E21F', 'E05B', 'E04H', 'E02D', 'D03D', 'C08J', 'B65G', 'B62K', 'B60Q', 'B60P', 'A63B', 'A47J')
C3	('산학',)	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60K', 'F16H', 'G06Q', 'H02J', 'G01R', 'H02K', 'H02M', 'B62D', 'H02P', 'H02S', 'G01S', 'B21J', 'H01F', 'C01B', 'H04W', 'H03H', 'H03F', 'H01L', 'H01G', 'G06F', 'F21S', 'B23K', 'H04M', 'G02B', 'C09J', 'C08G')
C4	('학학',)	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60H', 'H02J', 'H02K', 'F25B', 'H02P', 'H01R', 'G01S', 'B60R', 'G06T', 'B01F', 'G05D', 'F24F', 'F22B', 'C07K', 'A01D')
C5	('산연',)	('B60L', 'H01M', 'F16H', 'G06Q', 'B60H', 'H02J', 'H05K', 'H01B', 'H01F', 'B29C', 'F25D', 'B61L', 'A62D')
C6	('학연',)	('B60L', 'H01M', 'C01B', 'H04B', 'H01L', 'B29K')
C7	('연연',)	('B60L', 'H01M', 'B01J', 'B22C')
C8	('산산', '기타')	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60K', 'F16H', 'G06Q', 'B60H', 'H02J', 'G01R', 'H02K', 'H02M', 'B62D', 'H05K', 'F25B', 'H02P', 'H02S', 'G08G', 'C12N', 'H01R', 'G01M', 'F16D', 'C12Q', 'B60T', 'F03D', 'B62J', 'G07C', 'B60G', 'B32B', 'B25J', 'B21D')
C9	('산산', '산학')	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60K', 'F16H', 'G06Q', 'H02J', 'G01R', 'H02K', 'H02M', 'B62D', 'H02P', 'H02S', 'G01S', 'B23K')
C10	('산산', '학학')	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60H', 'H02J', 'H02K', 'F25B', 'H02P', 'H01R', 'G01S', 'B60R')
C11	('산산', '산연')	('B60L', 'H01M', 'F16H', 'G06Q', 'B60H', 'H02J', 'H05K', 'B29C')
C12	('산산', '학연')	('B60L', 'H01M', 'H04B')
C13	('산산', '산학연')	('H01M', 'F02M')
C14	('기타', '산학')	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60K', 'F16H', 'G06Q', 'H02J', 'G01R', 'H02K', 'H02M', 'B62D', 'H02P', 'H02S', 'B21J', 'C01B')
C15	('기타', '학학')	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60H', 'H02J', 'H02K', 'F25B', 'H02P', 'H01R', 'G06T')
C16	('기타', '산연')	('B60L', 'H01M', 'F16H', 'G06Q', 'B60H', 'H02J', 'H05K', 'H01B')
C17	('산학', '산연')	('B60L', 'H01M', 'F16H', 'G06Q', 'H02J', 'H01F')
C18	('산학', '학연')	('B60L', 'H01M', 'C01B', 'H01L')
C19	('산산', '기타', '산학')	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60K', 'F16H', 'G06Q', 'H02J', 'G01R', 'H02K', 'H02M', 'B62D', 'H02P', 'H02S')
C20	('산산', '기타', '학학')	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'B60H', 'H02J', 'H02K', 'F25B', 'H02P', 'H01R')
C21	('산산', '기타', '산연')	('B60L', 'H01M', 'F16H', 'G06Q', 'B60H', 'H02J', 'H05K')
C22	('산산', '산학', '학학')	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'H02J', 'H02K', 'H02P', 'G01S')
C23	('기타', '산학', '학연')	('B60L', 'H01M', 'C01B')
C24	('기타', '산연', '산공')	('B60L', 'H01B')
C25	('산산', '기타', '산학', '학학')	('B60L', 'H01M', 'B60W', 'H02J', 'H02K', 'H02P')
C26	('산산', '기타', '산학', '산연')	('B60L', 'H01M', 'F16H', 'G06Q', 'H02J')
C27	('산산', '기타', '학학', '산연')	('B60L', 'H01M', 'B60H', 'H02J')
C28	('산산', '기타', '산학', '학학', '산연')	('B60L', 'H01M', 'H02J')
C29	('산산', '기타', '산학', '학학', '산연', '연공')	('B60L', 'H02J')
C30	('산산', '기타', '산학', '학학', '산연', '학연', '연연')	('B60L', 'H01M')
C31	('산산', '기타', '산학', '학학', '산연', '학연', '연연', '산학연')	('H01M',)
C32	('산산', '기타', '산학', '학학', '산연', '학연', '연연', '산공', '연공')	('B60L',)
C33	('산산', '기타', '산학', '학학', '산연', '학연', '연연', '산공', '산학연', '연공')	()

<Appendix 4> Formal Concept for Technology Cooperation Trend

Concept	Extent	Intent
C0	()	('A01M', 'B60G', 'B60H', 'B60K', 'B60L', 'B60N', 'B60R', 'B60S', 'B60T', 'B60W', 'B62D', 'C08K', 'F01M', 'F01P', 'F04B', 'F16D', 'F16H', 'F24H', 'G01C', 'G01R', 'G06Q', 'G08G', 'H01F', 'H01M', 'H01R', 'H02H', 'H02J', 'H02M', 'H02P', 'H04B', 'H04L', 'H04N')
C1	('g2009',)	('B60H', 'B60K', 'B60L', 'F01M', 'H02J')
C2	('g2010',)	('B60H', 'B60K', 'B60L', 'B60N', 'B60W', 'B62D', 'F01P', 'F16H', 'G01R', 'G08G', 'H01M', 'H01R', 'H02J', 'H04N')
C3	('g2011',)	('B60H', 'B60K', 'B60L', 'B60R', 'B60T', 'B60W', 'B62D', 'F04B', 'G01C', 'H01M', 'H02H', 'H02J')
C4	('g2012',)	('B60K', 'B60L', 'B60R', 'B60S', 'B60W', 'G01C', 'G01R', 'H01M', 'H01R', 'H02J', 'H02P')
C5	('g2014',)	('B60K', 'B60L', 'B60R', 'G01R', 'H02J', 'H04B')
C6	('g2017',)	('A01M', 'B60G', 'B60K', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'F24H', 'H02J', 'H02M')
C7	('g2018',)	('B60H', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'C08K', 'F16H', 'F24H', 'G01C', 'G01R', 'G06Q', 'H01F', 'H01M')
C8	('g2019',)	('B60H', 'B60K', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'F16D', 'F16H', 'G06Q', 'H01M')
C9	('g2020',)	('B60L', 'F16H', 'H02J', 'H04L')
C10	('g2007', 'g2010')	('B60K', 'B60L', 'B60W', 'F01P', 'H01M')
C11	('g2010', 'g2011')	('B60H', 'B60K', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'H01M', 'H02J')
C12	('g2010', 'g2012')	('B60K', 'B60L', 'B60W', 'G01R', 'H01M', 'H01R', 'H02J')
C13	('g2010', 'g2018')	('B60H', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'F16H', 'G01R', 'H01M')
C14	('g2010', 'g2019')	('B60H', 'B60K', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'F16H', 'H01M')
C15	('g2010', 'g2020')	('B60L', 'F16H', 'H02J')
C16	('g2011', 'g2012')	('B60K', 'B60L', 'B60R', 'B60W', 'G01C', 'H01M', 'H02J')
C17	('g2011', 'g2018')	('B60H', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'G01C', 'H01M')
C18	('g2012', 'g2014')	('B60K', 'B60L', 'B60R', 'G01R', 'H02J')
C19	('g2012', 'g2018')	('B60L', 'B60W', 'G01C', 'G01R', 'H01M')
C20	('g2016', 'g2018')	('B60L', 'H01F')
C21	('g2017', 'g2018')	('B60L', 'B60W', 'B62D', 'F24H')
C22	('g2018', 'g2019')	('B60H', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'F16H', 'G06Q', 'H01M')
C23	('g2006', 'g2011', 'g2012')	('B60R', 'B60W', 'H01M')
C24	('g2009', 'g2010', 'g2011')	('B60H', 'B60K', 'B60L', 'H02J')
C25	('g2010', 'g2011', 'g2012')	('B60K', 'B60L', 'B60W', 'H01M', 'H02J')
C26	('g2010', 'g2011', 'g2017')	('B60K', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'H02J')
C27	('g2010', 'g2011', 'g2019')	('B60H', 'B60K', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'H01M')
C28	('g2010', 'g2012', 'g2014')	('B60K', 'B60L', 'G01R', 'H02J')
C29	('g2010', 'g2012', 'g2018')	('B60L', 'B60W', 'G01R', 'H01M')
C30	('g2010', 'g2018', 'g2019')	('B60H', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'F16H', 'H01M')
C31	('g2011', 'g2012', 'g2014')	('B60K', 'B60L', 'B60R', 'H02J')
C32	('g2011', 'g2012', 'g2015')	('B60L', 'B60R', 'B60W')
C33	('g2011', 'g2012', 'g2018')	('B60L', 'B60W', 'G01C', 'H01M')
C34	('g2006', 'g2011', 'g2012', 'g2015')	('B60R', 'B60W')
C35	('g2009', 'g2010', 'g2011', 'g2019')	('B60H', 'B60K', 'B60L')
C36	('g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2017')	('B60K', 'B60L', 'B60W', 'H02J')
C37	('g2010', 'g2011', 'g2017', 'g2019')	('B60K', 'B60L', 'B60W', 'B62D')
C38	('g2010', 'g2011', 'g2018', 'g2019')	('B60H', 'B60L', 'B60W', 'B62D', 'H01M')
C39	('g2010', 'g2012', 'g2014', 'g2018')	('B60L', 'G01R')
C40	('g2010', 'g2018', 'g2019', 'g2020')	('B60L', 'F16H')
C41	('g2011', 'g2012', 'g2014', 'g2015')	('B60L', 'B60R')
C42	('g2006', 'g2011', 'g2012', 'g2014', 'g2015')	('B60R',)
C43	('g2007', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2019')	('B60K', 'B60L', 'B60W', 'H01M')
C44	('g2009', 'g2010', 'g2011', 'g2018', 'g2019')	('B60H', 'B60L')
C45	('g2010', 'g2011', 'g2017', 'g2018', 'g2019')	('B60L', 'B60W', 'B62D')
C46	('g2007', 'g2008', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2019')	('B60K', 'B60W', 'H01M')
C47	('g2007', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2017', 'g2019')	('B60K', 'B60L', 'B60W')
C48	('g2009', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2014', 'g2017')	('B60K', 'B60L', 'H02J')
C49	('g2007', 'g2008', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2017', 'g2019')	('B60K', 'B60W')
C50	('g2007', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2013', 'g2018', 'g2019')	('B60L', 'B60W', 'H01M')
C51	('g2009', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2014', 'g2017', 'g2020')	('B60L', 'H02J')
C52	('g2007', 'g2009', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2014', 'g2017', 'g2019')	('B60K', 'B60L')
C53	('g2006', 'g2007', 'g2008', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2013', 'g2018', 'g2019')	('B60W', 'H01M')
C54	('g2007', 'g2008', 'g2009', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2014', 'g2017', 'g2019')	('B60K',)
C55	('g2007', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2013', 'g2015', 'g2017', 'g2018', 'g2019')	('B60L', 'B60W')
C56	('g2006', 'g2007', 'g2008', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2013', 'g2015', 'g2017', 'g2018', 'g2019')	('B60W',)
C57	('g2007', 'g2009', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2013', 'g2014', 'g2015', 'g2016', 'g2017', 'g2018', 'g2019', 'g2020')	('B60L',)
C58	('g2006', 'g2007', 'g2008', 'g2009', 'g2010', 'g2011', 'g2012', 'g2013', 'g2014', 'g2015', 'g2016', 'g2017', 'g2018', 'g2019', 'g2020')	·()

ORCID

Chanho Park | http://orcid.org/0009-0002-5383-9136

Heejung Lee | http://orcid.org/0000-0001-7548-9291