

기술적 파급효과 도출을 통한 기술융합 분석 연구: 나노바이오 융합기술 사례를 중심으로*

정 으 뜸** · 고 시 근*** · 서 원 철****

목 차

I. 서론

II. 이론적 배경

1. ARM

2. DEMATEL

III. 분석 방법론

1. 단계1: 특허데이터 수집 및 정제

2. 단계2: 직접적 기술지식흐름 생성

3. 단계3: 기술융합 관점 기술지식흐름 확장

4. 단계4: 기술융합 관점 종합적 기술 파급효과 도출

IV. 사례연구

1. 단계1: 나노바이오 융합기술 관련 특허데이터 수집 및 정제

2. 단계2: ARM을 활용한 기술클래스 간 직접적 기술지식흐름 생성

3. 단계3: 복합 기술클래스 단위의 기술지식흐름으로 확장

4. 단계4: DEMATEL을 활용한 종합적 기술 파급효과 산출

V. 논의 사항

VI. 결론

* 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2014년)에 의하여 연구되었음.

** 부경대학교 기술경영협동과정 대학원생, 제1저자.

*** 부경대학교 시스템경영공학부 교수.

**** 부경대학교 시스템경영공학부 조교수(wcseo@pknu.ac.kr), 교신저자.

초록

기술지식의 결합을 통해 발견되는 기술융합은 분야 간 경계를 벗어나 혁신적 기술개발을 위한 방향을 제시하는 수단으로 인식되고 있다. 이에 많은 국가들은 미래 경쟁력을 확보하기 위한 목적으로 융복합 R&D 지원을 강화하고 있다. 따라서 융합기술 R&D 전략을 수립하고 방향을 설계할 수 있도록 해당 연구분야에 대한 기술융합 특성과 동향을 분석하는 노력이 필요하게 되었다. 본 연구에서는 대표적 융복합 분야인 나노바이오 융합기술을 대상으로 특허데이터를 활용하여 기술적 파급효과를 도출하고 이를 통해 기술융합을 분석하고자 한다. ARM을 활용하여 직접적 기술지식흐름을 도출하고 DEMATEL을 적용하여 종합적 파급효과를 산출한다. 또한 기술지식흐름 수준에 따라 기술융합의 특징을 규명할 수 있도록 중요도-인과도 맵을 작성하고, 맵의 각 영역에 대한 의미부여를 통해 기술융합 관점에서 R&D 기획 시 고려할 수 있는 전략적 방향을 도출한다. 본 연구는 기술융합의 특성을 정량적으로 분석하며, 국가적 관점에서 융합기술 창출을 위한 R&D의 방향을 체계적으로 설계할 수 있도록 지원한다. 또한 본 연구는 정량적 분석을 기반으로 하기 때문에 추후 기술융합 분석 시스템의 구현을 위한 밑바탕이 될 것이며, 나아가 국가 R&D 기획 및 운영의 효율성을 높이기 위한 수단으로서 활용될 수 있을 것이다.

주제어

기술융합, 특허 공동분류 분석, ARM, DEMATEL, 나노바이오 융합기술

I. 서론

오늘날 특정 기술분야 내에서의 단선적 기술개발의 한계로 인하여 새로운 차원의 기술을 창출하기 위한 기술융합에 대한 수요가 증대되고 있다.¹⁾ 기술클래스 단위에서의 기술지식 간 결합을 통해 발현되는 기술융합은 기술분야 간 경계를 허물어 새로운 문제해결 수단을 제시함으로써 산업 발전을 위한 원동력으로서의 역할을 수행하고 있다.²⁾³⁾⁴⁾ 이러한 중요성에 기인하여 선진국들은 융복합 R&D 지원 및 관련 산업 육성에 적극적인 투자를 실시하고 있으며, 우리나라 역시 미래 국가경쟁력 확보 차원에서 융합기술의 개발 환경을 조성하기 위한 노력을 시행하고 있다.⁵⁾

기업은 내부적인 R&D 활동을 통해 새로운 기술지식을 창출할 뿐만 아니라 연구개발 제휴, M&A, 기술 라이선싱 등의 외부적 교류를 통해 기술지식을 끊임 없이 축적해오고 있다. 이러한 무형의 기술지식은 주로 특허를 통해 함축되어 나타나기 때문에 특허데이터는 기술개발을 위한 전략 수립의 기본 정보로서 널리 활용되고 있다.⁶⁾⁷⁾ 기술융합은 이종의 기술분야 사이에서 이루어지는 지속적 기술지식의 교류 및 교환을 통해 발현되기 때문에 기술융합에 대한 분석을 위해서는 기술분야 간 기술지식흐름의 수준을 파악하기 위한 방법론이 요구된다.⁸⁾⁹⁾

1) 서원철 외 2인, "단어동시출현분석을 통한 한국의 국가 R&D 연구동향에 관한 탐색적 연구", *Journal of Information Technology Applications and Management*, 제19권 제4호(2012), 1-18면.

2) 조용래 · 김의석, "특허 네트워크와 전략지표 분석을 통한 기업 기술융합 전략 연구", *지식재산연구*, 제9권 제4호(2014), 191-221면.

3) Kodama, Fumio, "Japanese innovation in mechatronics technology", *Science and Public Policy*, Vol.13 No.1(1986), pp.44-51.

4) Hacklin, Fredrik, et al., "Coevolutionary cycles of convergence: An extrapolation from the ICT industry", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.76 No.6(2009), pp.723-736.

5) 이인식, 기술의 대응할, 고조원, 2010, 15-35면.

6) Ernst, Holger, "Patenting strategies in the German mechanical engineering industry and their relationship to company performance", *Technovation*, Vol.15 No.4(1995), pp.225-240.

7) Zha, Xianjin & Chen, Minghong, "Study on early warning of competitive technical intelligence based on the patent map", *Journal of Computers*, Vol.5 No.2(2010), pp.274-281.

8) Ko, Namuk, et al., "Analyzing interdisciplinarity of technology fusion using knowledge flows of patents", *Expert Systems with Applications*, Vol.41 No.4(2014), pp.1955-1963.

9) Park, Hyunseok, et al., "Identification of promising patents for technology transfers using TRIZ evolution trends", *Expert Systems with Applications*, Vol.40 No.2(2013), pp.736-743.

따라서 특허데이터를 기반으로 기술분야 사이의 직접적 기술지식흐름을 측정하고 이를 통해 간접적 효과를 포괄하는 종합적 기술 파급효과를 파악하는 것은 기술융합의 체계적 분석을 위한 출발점이 된다.

특허데이터를 활용하여 기술지식흐름을 측정하기 위한 대표적 방안은 특허 간 인용정보를 이용하는 것이다. 특허 간 인용정보는 인용·피인용 관계를 기반으로 기술지식흐름의 인과관계를 명확하게 나타냄으로써 기술지식흐름의 수준을 계량화할 수 있기 때문이다.¹⁰⁾¹¹⁾ 이러한 장점에 의해 특허 인용정보를 기반으로 기술지식흐름 및 기술적 파급효과를 분석하기 위한 다양한 연구들이 선행되었다. 대표적으로 기술지식 확산의 패턴을 규명하기 위한 연구,¹²⁾ 기술적 파급효과 측면에서 새롭게 각광받는 기술 요소를 도출하기 위한 연구,¹³⁾ 연구협력 네트워크를 구축하기 위한 연구,¹⁴⁾ 다양한 특허 평가 지표를 활용하여 기술지식의 융합 및 확산 수준을 파악함으로써 기술융합의 동향을 분석하는 연구,¹⁵⁾ 개별 기업 관점에서의 기술기회발굴을 위한 특허추천방법 연구¹⁶⁾ 등이 있다. 하지만 인용이 이루어지기 위해서는 기본적으로 긴 시간이 요구되기 때문에 인용 및 피인용 특허 간 시간적 차이가 존재할 수밖에 없다.¹⁷⁾ 따라서 특허 인용정보를 활용하는 연구들은 최근 기술 동향을 반영하기 어려운 한계를 지니고 있으며 이

10) Trajtenberg, Manuel, et al., "University versus corporate patents: A window on the basicness of invention", *Economics of Innovation and new technology*, Vol.5 No.1(1997), pp.19-50.

11) Liu, Chen, et al., "Shaping the interdisciplinary knowledge network of China: a network analysis based on citation data from 1981 to 2010", *Scientometrics*, Vol.89 No.1(2011), pp.89-106.

12) Bassecouard, Elise, et al., "Mapping nanosciences by citation flows: A preliminary analysis", *Scientometrics*, Vol.70 No.3(2007), pp.859-880.

13) Lee, Hakyoon, et al., "An ANP-based technology network for identification of core technologies: A case of telecommunication technologies", *Expert Systems with Applications*, Vol.36 No.1(2009), pp.894-908.

14) Tomassini, Marco & Luthi, Leslie, "Empirical analysis of the evolution of a scientific collaboration network", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol.385 No.2(2007), pp.750-764.

15) 노현정·임효정, "특허정보를 활용한 나노바이오 융합기술의 특성 분석", 지식재산연구, 제4권 제3호 (2009), 109-129면.

16) 박영진 외 2인, "보유특허 기반의 기술기회탐색을 위한 특허추천방법: 3D 프린팅 산업을 중심으로", 지식재산연구, 제10권 제1호(2015), 169-199면.

17) Ko, Sung-Seok, et al., "Analyzing technology impact networks for R&D planning using patents : combined application of network approaches", *Scientometrics*, Vol.101 No.1(2014), pp.917-936.

는 최근 동향에 대한 분석이 중요한 융합형 기술분야에서의 활용성을 떨어뜨리는 요인이 된다.

기술지식흐름의 측정을 위하여 널리 활용되고 있는 또 다른 방법으로는 특허 공동분류 분석이 있다. 이는 하나의 특허에 다양한 특허분류코드가 부여될 수 있다는 점을 이용하여 기술클래스 단위에서의 기술지식흐름 수준을 계량화하는 방안으로서 앞서 언급한 특허 인용정보 분석 방안의 한계를 극복할 수 있는 장점이 있다.¹⁸⁾ 이를 활용하는 연구로는 네트워크 분석 방법론과의 결합을 통한 R&D 동향 파악 방법론 연구,¹⁹⁾ 기술분야들의 학제적 특성을 파악하는 연구²⁰⁾ 등이 있다. 특허 공동분류 분석에서는 개별 특허에 부여된 특허분류코드를 주(main) 분류코드와 보조(supplementary) 분류코드로 구분하고 주 분류코드에 해당하는 기술클래스로부터 보조 분류코드에 해당하는 기술클래스로의 기술지식흐름이 발생했다는 가정을 기반으로 한다.²¹⁾ 하지만 특허에 부여된 분류코드는 해당 특허에 함축되어 있는 기술지식이 응용될 수 있는 분야로서 이해되는 것이 일반적이기 때문에 주 분류코드와 보조 분류코드 사이에 방향성있는 관계가 존재한다고 판단하기보다는 동시 출현정보를 기반으로 이들 간 의미있는 관계를 생성해내는 것이 바람직하다. 따라서 특허 공동분류 분석을 활용하여 기술적 파급효과를 도출해내기 위해서는 개별 특허 내 공동으로 출현하는 특허분류코드 정보를 바탕으로 기술클래스 간 방향성있는 연관관계를 생성하기 위한 과정이 선행되어야 한다.

본 연구에서는 기술적 파급효과에 대한 도출을 바탕으로 기술융합을 분석하기 위하여 특허 공동분류 분석을 기반으로 하되 연관규칙마이닝(Association Rule Mining: ARM)을 활용하여 기술클래스 간 방향성있는 연관관계를 생성한다. 하지만 이러한 연관관계는 기술클래스 간 직접적 영향관계만을 나타내기 때

18) 박현석 외 2인, "한국 국가 R&D의 학제적 특성 분석 : 특허 공동의 IPC 연결망 분석의 활용", 한국문헌정보학회, 제46권 제4호(2012), 99-117면.

19) Park, Hyunseok & Yoon, Janghyeok, "Assessing coreness and intermediarity of technology sectors using patent co-classification analysis: the case of Korean national R&D", *Scientometrics*, Vol.98 No.2(2014), pp.853-890.

20) 박현석 외 2인, 앞의 글(주 18), 99-117면.

21) Park, Hyunseok & Yoon, Janghyeok, op. cit. pp.853-890.

문에 본 연구에서는 그래프 이론 기반의 인과관계 측정 도구인 DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)을 추가적으로 활용하여 직접적 관계로부터 간접적 관계를 추출하고 이들을 포괄하여 종합적 파급효과를 산출할 수 있도록 한다. 데이터마이닝 기법 중 하나인 ARM은 방대한 규모의 데이터베이스로부터 객체들 간 의미있는 관계를 도출해낼 수 있도록 한다.²²⁾²³⁾ 따라서 본 연구에서는 특히 내 특허분류코드의 공동 출현정보를 추출하고 이들 간 직접적 연관관계를 도출하기 위한 도구로서 ARM을 활용한다. DEMATEL은 복잡하게 연결된 객체들 간 직·간접적인 인과관계를 계량화하여 도출해낼 수 있도록 한다.²⁴⁾²⁵⁾ 또한 이러한 인과관계를 종합하여 객체들 간 중요도 수준을 산출함으로써 의사결정에 있어 객체들의 우선순위를 산정할 수 있도록 한다.²⁶⁾ 따라서 본 연구에서는 앞서 추출된 직접적 연관관계를 바탕으로 간접적 관계를 추출하고 이를 포괄하여 종합적 기술 파급효과를 측정하기 위한 도구로서 DEMATEL을 활용한다. 본 연구와 유사한 목적으로 ARM과 평가요소 간 피드백을 고려한 네트워크 기반의 의사결정 도구인 ANP(Analytic Network Process)를 결합하여 활용하는 연구가 존재한다.²⁷⁾ 이는 단일 기술클래스 관점에서의 파급효과를 측정하는 데 초점을 맞춘다. 하지만 기술융합에 대한 분석을 위해서는 복합적 기술클래스들 간의 파급효과를 도출하는 과정이 요구되기 때문에 본 연구에서는 단일 기술클래스가 아닌 복합적 기술클래스들 관점에 초점을 맞춘다.

본 연구의 방법론은 1) 특정 기술분야 관련 특허데이터 수집 및 정제, 2) 기술

22) Shih, Meng-Jung, et al., "Discovering competitive intelligence by mining changes in patent trends", *Expert Systems with Applications*, Vol.37 No.4(2010), pp.2882-2890.

23) Kim, Chulhyun, et al., "Identifying core technologies based on technological cross-impacts: An association rule mining (ARM) and analytic network process (ANP) approach", *Expert Systems with Applications*, Vol.38 No.10(2011), pp.12559-12564.

24) Chen, Jui-Kuei & Chen, I-Shuo, "An Inno-Qual performance system for higher education", *Scientometrics*, Vol.93 No.3(2012), pp.1119-1149.

25) 조현기·김우제, "DEMATEL과 ANP를 이용한 해외구매 무기체계의 평가지표 개발", *한국경영과학회지*, 제37권 제2호(2012), 73-88면.

26) Shieh, Jiunn-I, et al., "A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality", *Knowledge-Based Systems*, Vol.23 No.3(2010), pp.277-282.

27) Kim, Chulhyun, et al., op. cit. pp.12559-12564.

클래스 간 융합지식의 직접적 흐름을 나타내는 연관규칙 생성, 3) 기술클래스 간 지식흐름을 복합적 기술클래스 간 융합지식 흐름으로 확장, 4) 직·간접적 영향관계를 포괄하여 종합적 기술 파급효과 도출의 4단계로 구성된다. 본 연구에서 제시하는 방법론의 실제적 활용성을 탐색하기 위하여 나노기술과 바이오기술 간 융합이 활발하게 이루어지고 있는 나노바이오 융합기술 분야를 대상으로 사례분석을 시행한다. 바이오기술은 생체 기능 및 정보를 활용하는 생명공학 기술을 바탕으로 질병진단, 치료, 예방 등을 위한 유용한 방안을 제공하는 기술로서 정의되며, 다양한 분야의 새로운 기술과의 융합을 통해 신산업을 창출하는 역할을 수행하고 있다.²⁸⁾ 특히 나노 크기의 재료를 기반으로 하는 나노기술과의 융합을 통해 바이오칩, u-Health, 영상의료기기 등 새로운 세부 기술 및 산업 분야를 창출하고 기술혁신주기를 급격하게 단축시키고 있다.²⁹⁾ 생물체의 정보를 탐색하기 위한 소형 탐색도구인 바이오칩 관련 세계시장은 연평균 36.5%의 성장을 나타내고 있으며 바이오인포메틱스를 기반으로 하는 영상의료기기 시장 역시 국가단위의 정책적 지원을 통해 급격한 성장세를 나타내고 있다.³⁰⁾ 따라서 나노바이오 융합기술은 고부가가치 창출을 기반으로 타 산업으로의 큰 파급효과를 유발할 수 있다는 점에서 미래 선도형 융합기술 분야로서 인식되고 있다.³¹⁾

이러한 사례분석을 위하여 나노바이오 융합기술 분야와 관련성이 높은 미국 특허분류코드(US Patent Classification: USPC)를 기존 문헌³²⁾을 바탕으로 선정하고 2009년부터 2013년까지 미국특허청(US Patent and Trademark Office: USPTO)에 등록된 특허들 중 해당 USPC가 부여되어 나노바이오 융합기술과 연관성이 높다고 판단되는 특허들을 추출한다. 본 연구의 방법론은 급변하는 기술융합 환경 및 특성을 정량적으로 분석할 수 있도록 하며, 국가적 관점에서 융합기술 창출을 위한 R&D의 방향을 체계적으로 설계할 수 있도록 지원

28) 김경호 외 3인, 나노-바이오 융합기술, 한국과학기술정보연구원, 2007, 42-47면.

29) 생명공학정책연구센터, 생명공학백서, 교육과학기술부, 2011, 384-405면.

30) 생명공학정책연구센터, 앞의 글(주 29), 395-400면.

31) 김경호 외 3인, 앞의 글(주 28), 42-47면.

32) 노현정 · 임효정, 앞의 글(주 15), 109-129면.

하는 역할을 수행할 것이다. 또한 본 연구의 방법론은 정량적 분석을 기반으로 하기 때문에 추후 기술융합 분석 시스템의 구현을 위한 밑바탕이 될 것이며, 나아가 국가 R&D 기획 및 운영의 효율성을 높이기 위한 수단으로 활용될 수 있을 것이다.

II. 이론적 배경

1. ARM

ARM은 대규모 데이터베이스에 존재하는 항목들(items) 간 유용한 연관관계 및 상관관계를 도출해내는 데이터마이닝 기법이다.³³⁾ 이는 다양한 항목들을 포함하는 항목집합(itemset)인 트랜잭션(transaction) 내에 존재하는 항목들 간에는 다양한 형태의 연관성이 내재되어 있을 것이라는 가정에서 출발한다.³⁴⁾ 따라서 내재된 연관규칙을 도출해낼 수 있으면 트랜잭션을 발생시키는 패턴 및 동향 등을 규명해낼 수 있다. 이러한 특징에 의해 데이터에 대한 정량적 분석을 시행하는 다양한 연구들에서 ARM이 활용되고 있다. 특히 기술적 파급효과 및 기술 동향 분석을 위한 목적으로 ARM을 활용하는 연구들에는 기술적 파급효과 관점에서의 핵심기술 발굴³⁵⁾ 및 융합제품 컨셉 설계를 위한 방법론³⁶⁾ 등이 있다.

연관규칙은 $A \Rightarrow B$ 형태로 정의되며, 이는 조건항목 A 를 포함하는 트랜잭션은 결과항목 B 를 만족시킬 가능성이 있다는 것을 의미한다. 의미있는 연관규칙의 도출을 위해서는 지지도(support), 신뢰도(confidence), 향상도(lift)로 구성된 3가지 평가기준에 대한 판단이 필요하다.³⁷⁾ 지지도는 규칙에 포함된 조건항목

33) Shih, Meng-Jung, et al., op. cit. pp.2882-2890.

34) Kuo, Ren Jie, et al., "Application of particle swarm optimization to association rule mining", *Applied Soft Computing*, Vol.11 No.1(2011), pp.326-336.

35) Kim, Chulhyun, et al., op. cit. pp.12559-12564.

36) Lee, Changyong, et al., "Design of convergent product concepts based on functionality: An association rule mining and decision tree approach", *Expert Systems with Applications*, Vol.39 No.10(2012), pp.9534-9542.

37) Tan, Pang-Ning, et al., *Introduction to Data Mining*, Pearson, 2005, pp.329-330.

과 결과항목이 다른 트랜잭션에서도 빈번하게 동시 출현하는지를 나타내는 것으로서 해당 규칙에 대한 유용성(usefulness)을 의미한다.³⁸⁾ 전체 트랜잭션 건수 대비 조건항목과 결과항목이 동시에 포함된 트랜잭션 건수의 비중으로 산출되며, 이는 모든 트랜잭션에 있어 조건항목과 결과항목이 동시에 출현할 확률로서 정의된다. 신뢰도는 조건항목이 결과항목과 함께 포함되는 트랜잭션의 비중을 나타내는 것으로서 해당 규칙에 대한 확신성(certainty)을 의미한다.³⁹⁾ 조건항목이 포함된 트랜잭션 건수 대비 조건항목과 결과항목이 모두 포함된 트랜잭션 건수의 비중으로 산출되며, 이는 조건항목이 이미 출현했을 때 결과항목이 출현할 조건부 확률로서 정의된다. 향상도는 조건항목과 결과항목의 출현 간 연관관계를 나타내는 것으로서 해당 규칙에 대한 연관성(correlation)을 의미한다. 조건항목과 결과항목이 개별적으로 출현할 확률의 곱 대비 이들이 동시에 출현할 확률의 비중으로 산출된다. 향상도 값이 1보다 크면 양의 연관성, 1보다 작으면 음의 연관성이 있다고 판단하고 1일 경우 조건항목과 결과항목의 출현은 연관성이 없는 독립적인 사건으로 판단한다. 의미있는 연관규칙만을 추출하기 위해서는 지지도 및 신뢰도 값이 충분히 존재해야 하고, 향상도는 1보다 큰 값을 나타내야만 한다.⁴⁰⁾ ARM의 구현을 위한 대표적 알고리즘은 apriori 알고리즘으로 이는 확률 계산을 통해 연관규칙들을 도출한 후, 미리 지정된 최소 지지도 및 최소 신뢰도 이상을 나타내는 규칙만으로 정제한다.⁴¹⁾⁴²⁾

본 연구에서는 특허 공동분류 정보로부터 기술클래스 간 유의한 연관규칙을 도출하기 위한 목적으로 ARM을 활용한다. 트랜잭션은 특허 문서로, 트랜잭션 내 항목은 특허에 부여된 특허분류코드로 가정하여 기술클래스들 사이에서 발

38) Kim, Chulhyun, et al., op. cit. pp.12559-12564.

39) Kim, Chulhyun, et al., op. cit. pp.12559-12564.

40) 텍스트마이닝을 활용한 연관규칙 생성 시, 상반된 신뢰도 및 향상도 결과가 도출되는 경우가 많다. 이러한 경우, 신뢰도를 기반한 연관규칙의 선택이 보다 적합하다고 판단한다. 예를 들어, 두 개의 키워드 세트인 $\{a, b\}$ 와 $\{c, d\}$ 의 신뢰도는 앞의 것이 크나, 향상도는 뒤의 것이 크다고 한다면 $\{a, b\}$ 에 의한 연관규칙의 확신성이 높기 때문에 이를 선택하는 것이 일반적이다(Tan, Pang-Ning, et al., op. cit. pp.373-374).

41) Agrawal, Rakesh, et al., "Mining association rules between sets of items in large databases", *ACM SIGMOD Record*, Vol.22 No.2(1993), pp.207-216.

42) Tan, Pang-Ning, et al., op. cit. pp.349-353.

생하는 직접적 기술지식흐름을 추정하고, 연관규칙이 지니고 있는 신뢰도 값을 활용하여 기술지식흐름의 정량적 수준을 산출한다.

2. DEMATEL

DEMATEL은 다양한 형태로 연결된 객체들 간 영향도 수준을 측정하고 이를 바탕으로 객체들 사이의 인과관계를 계량화하는 그래프 이론 기반의 의사결정 기법이다.⁴³⁾ 객체가 다른 객체에게 미치는 직접적 영향도 수준을 기반으로 간접적 수준을 추출하고 이들을 포괄하여 종합적 영향력을 산출한다. 이러한 특징에 기인하여 DEMATEL은 IPC 단위에서의 기술적 파급효과 분석,⁴⁴⁾ 기업의 혁신 역량 평가 요인분석,⁴⁵⁾ 바이오테크놀로지 기술에 의해 파급되는 산업 영향도 분석 연구⁴⁶⁾ 등에서 활용되고 있다.

DEMATEL은 다음의 3단계를 통해 수행된다.⁴⁷⁾ 1) 객체들 간 직접적 영향도 수준을 바탕으로 직접 영향관계 행렬(Direct Relation Matrix: DRM) 작성, 2) DRM의 행합과 열합 중 최대값으로 DRM의 모든 원소들을 나누어줌으로써 정규화된 DRM 생성, 3) 직접적 영향관계를 나타내는 DRM으로부터 직 · 간접적 영향관계를 포괄하는 종합 영향관계 행렬(Total Relation Matrix: TRM)을 도출하고, TRM의 행합과 열합을 통해 각 객체들의 종합적 인과관계 파악. TRM의 행합은 각 객체가 다른 모든 객체들에게 직 · 간접적으로 미치는 영향도를 나

43) Yang, Jiann Liang & Tzeng, Gwo-Hshiung, "An integrated MCDM technique combined with DEMATEL for a novel cluster-weighted with ANP method", *Expert Systems with Applications*, Vol.38 No.3(2011), pp.1417-1424.

44) 정선구 외 2인, "특허인용 데이터베이스를 활용한 기술파급분석: DEMATEL의 활용", *Entrue Journal of Information Technology*, 제11권 제1호(2012), 111-124면.

45) Sumrit, Detcharat & Anuntavoranich, Pongpun, "Using DEMATEL method to analyze the causal relations on technological innovation capability evaluation factors in thai technology-based firms", *International Transaction Journal of Engineering, Management & Applied Sciences & Technologies*, Vol.4 No.2(2013), pp.81-103.

46) Yoon, Byungun & Jeong Seonkoo, "Impact analysis of biological technology: Application of network analysis and decision making trial and evaluation laboratory", *Advanced Science Letters*, Vol.19 No.12(2013), pp.3610-3614.

47) Chen, Jui-Kuei & Chen, I-Shuo, op. cit. pp.1119-1149.

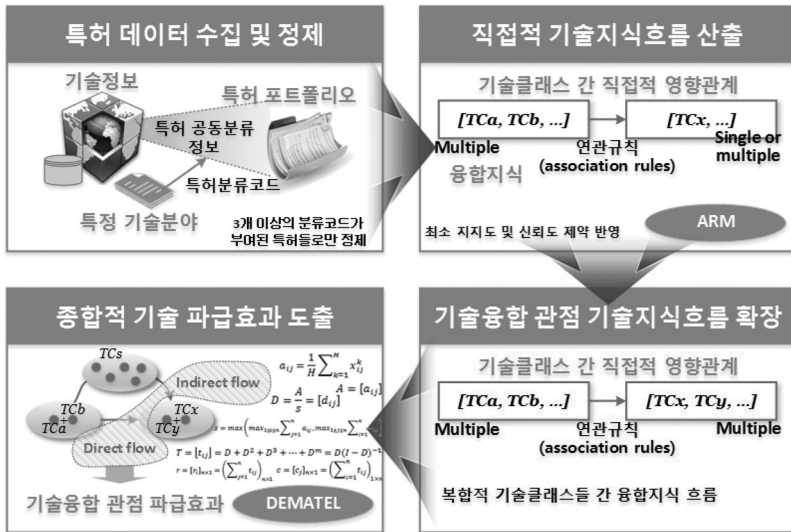
타내고, 열합은 각 객체가 다른 모든 객체들로부터 직·간접적으로 받게되는 영향도를 나타낸다. 따라서 이들의 합은 전체 시스템 내에서 해당 객체가 차지하는 중요도(impact)를 의미하게 되고, 이들의 차이는 인과도(causality)를 나타내게 된다. 인과도가 양수의 큰 값을 가지면 해당 객체는 주로 다른 객체들에게 영향을 미치는 역할을 수행하고 있는 것이고, 음수의 큰 값을 가지면 주로 다른 객체들로부터 영향을 받고 있는 것으로 해석한다. 즉, 객체들 간의 직·간접 영향도 수준에 대한 분석을 통해 인과관계를 규명할 수 있는 것이다.

본 연구에서는 ARM을 통해 추출한 항목들 간 직접적 기술지식흐름의 수준으로부터 간접적 흐름을 측정하고 이를 포괄하여 종합적 파급효과를 파악하기 위한 목적으로 DEMATEL을 활용한다. ARM 적용을 통해 산출된 기술클래스 간 연관규칙과 각 규칙의 신뢰도 값을 활용하여 기본적인 DRM을 구성한다. 이를 바탕으로 TRM을 산출하여 기술클래스 간 종합적 파급효과의 정량적 수준을 측정한다.

Ⅲ. 분석 방법론

기술융합 관점에서의 기술적 파급효과 분석을 위한 본 연구는 <그림 1>과 같이 1) 특정 기술분야와 관련된 특허데이터 수집 및 정제, 2) 기술클래스 간 융합 지식의 직접적 흐름을 나타내는 연관규칙 생성, 3) 기술클래스 간 지식흐름을 복합적 기술클래스 간 융합지식 흐름으로 확장, 4) 직접적 영향관계로부터 간접적 영향관계를 추출하고 이들을 포괄하여 종합적 기술 파급효과 도출의 4단계로 이루어진다. 그리고 추가적으로 DEMATEL 결과를 활용하여 산출할 수 있는 중요도-인과도 맵(impact-causality map)을 통해 복합적 기술클래스들이 기술적 파급효과를 유발하는 데 있어 어떠한 역할을 수행하고 있는지에 대한 논의를 수행한다.

〈그림 1〉 연구 프레임워크



1. 단계1: 특허데이터 수집 및 정제

본 연구는 특허분석을 기반으로 기술적 파급효과를 도출하는 것이 목적이기 때문에 첫 번째 단계에서는 특정 기술분야와 관련된 특허데이터에 대한 수집이 이루어진다. 특허데이터의 수집은 일반적으로 관련 기술분야를 포괄할 수 있는 검색식의 작성을 통해 이루어지나, 본 연구는 특허 공동분류 분석을 기반으로 특허분류코드로 대변되는 기술클래스 단위에서의 기술지식흐름을 도출하기 때문에 해당 분야에 밀접하게 연관되는 특허분류코드를 정의하고 이들이 부여된 특허들을 추출하는 형태로 특허데이터 수집을 시행한다.

기술적 파급효과는 기술클래스에 내재된 기술지식이 복합적 기술클래스들 내에서 융합적으로 활용되어 다른 기술클래스에 파급되는 수준으로 나타나기 때문에 다양한 기술클래스들을 포괄하고 있는 특허데이터만이 분석에 활용되어야 한다. 본 연구의 기반이 되는 특허 공동분류 분석은 하나의 특허에 내재되어 있는 기술지식이 해당 특허에 부여된 기술클래스들에서 융합적으로 응용될 수 있다는 가정을 바탕으로 한다. 그러므로 하나의 특허로부터 기술클래스 간 융합적 기술지식의 수준을 측정하기 위해서는 최소한 서로 다른 2개 이상의 특허분

류코드가 부여된 특허들만이 분석에 포함되어야 한다. 하지만 기술적 파급효과는 융합적 기술지식이 다른 클래스들에게 영향을 미치는 수준까지 파악을 해야 하기 때문에 기술지식흐름의 측정을 위해서는 1개 이상의 기술클래스가 추가적으로 존재해야만 한다. 따라서 수집된 특허들 중 서로 다른 3개 이상의 특허분류코드가 부여된 특허들만을 정제하여 본 연구의 분석에 활용한다.

2. 단계2: 직접적 기술지식흐름 생성

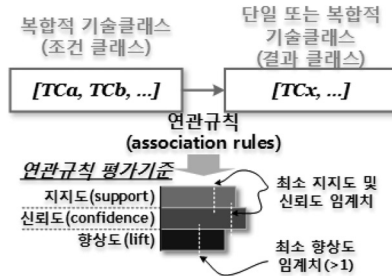
두 번째 단계에서는 ARM을 활용하여 기술클래스 간 연관규칙을 생성한다. $A \Rightarrow B$ 형태로 정의되는 연관규칙은 조건항목 A 를 포함하는 트랜잭션이 결과항목 B 를 만족시킬 가능성이 있음을 의미한다. 따라서 조건 및 결과항목이 모두 기술클래스로 이루어져있는 연관규칙을 생성하게 되면 기술클래스들 사이에서의 직접적 영향관계로 인해 나타나는 기술지식흐름을 도출해낼 수 있게 된다. 연관규칙은 크게 조건 기술클래스와 결과 기술클래스로 구성되는데, 전자는 기술지식의 제공을 통해 직접적 파급을 유발하는 역할을 수행하고 후자는 외부의 기술지식을 도입하여 내부적으로 응용하는 역할을 수행한다. 본 연구는 융합적 기술지식에 초점을 맞추기 때문에 다양한 기술클래스들의 복합적 접근을 통해 창출되는 기술지식흐름을 생성할 수 있도록 2개 이상의 기술클래스 집합으로 표현되는 복합적 기술클래스만을 조건 클래스로서 가정한다.

ARM을 통해 생성된 모든 연관규칙이 의미있는 직접적 영향관계를 유발한다고 판단하기에는 무리가 있기 때문에 이들을 정제하기 위하여 ARM의 3가지 평가기준인 지지도, 신뢰도 및 향상도를 활용한다(그림 2). 우선 연관규칙의 유용성 및 확신성을 나타내는 지지도 및 신뢰도를 산출하고 이들이 미리 지정된 최소 임계치보다 큰 경우에만 의미있는 연관규칙으로 판단한다. 따라서 본 분석방법론을 실제적으로 활용하기 위해서는 연관규칙의 정제를 위한 최소 지지도 및 신뢰도 임계치 기준을 사전에 수립하여야 한다. 또한 연관규칙의 연관성을 나타내는 향상도를 산출하고 양의 연관성이 존재한다고 평가할 수 있는 1 값을 기준으로 정제를 수행한다. 이들 간 직접적 영향관계가 있다고 판단하기 위해서는 양의 연관성이 존재한다는 조건이 요구되기 때문이다. 향상도가 1이면 연관

규칙을 구성하는 조건 클래스와 결과 클래스 간 연관성이 존재하지 않음을 의미하고 1보다 작으면 음의 연관성이 존재함을 의미한다.

연관규칙은 조건 및 결과 클래스 사이에 직접적 기술지식흐름이 존재한다는 사실만을 나타낸다. 하지만 이를 바탕으로 기술적 파급효과를 정량적으로 도출하기 위해서는 기술지식흐름의 수준을 계량화하는 것이 필요하다. 연관규칙의 신뢰도는 조건 클래스가 이미 출현했을 때 결과 클래스가 출현할 조건부 확률로서 정의되기 때문에 해당 규칙에 따른 사건이 실제로 발생할 것이라는 믿음의 확실한 정도를 의미하게 된다. 따라서 이들 간 직접적 영향관계가 존재할 확실성의 수준을 나타내는 연관규칙의 신뢰도 값을 기술지식흐름의 정량적 수준으로 활용한다.

〈그림 2〉 기술클래스 간 직접적 기술지식흐름을 나타내는 연관규칙



3. 단계3: 기술융합 관점 기술지식흐름 확장

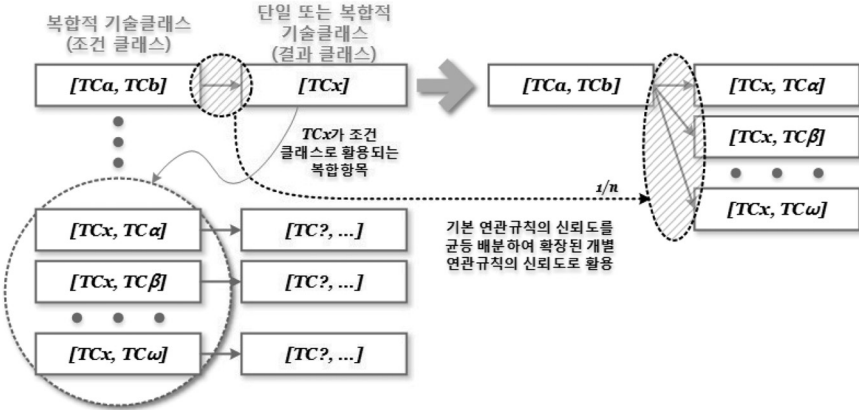
세 번째 단계에서는 기술클래스 간 직접적 영향관계를 나타내는 연관규칙으로부터 간접적 관계를 도출해낼 수 있도록 연관규칙을 복합적 기술클래스 단위로 확장한다. 직접적 관계로부터 간접적 관계를 도출하고 이들을 포괄하여 종합적 영향관계를 생성하기 위해서는 기술지식흐름이 동일한 단위의 기술클래스들 사이에서 정의되어야 하는데, 앞 단계에서 생성한 연관규칙의 조건 기술클래스는 2개 이상의 클래스가 복합된 형태인 반면, 결과 기술클래스는 단일 또는 복합 클래스 형태로 구성되어 있다. 따라서 단일 기술클래스들이 포함된 기술지식흐름으로부터 복합 기술클래스들만으로 구성된 기술지식흐름을 도출해내기 위한 과정이 요구된다. 본 단계에서는 이들의 형태를 동일하게 설정할 수 있도록

조건 클래스를 중심으로 결과 클래스를 확장하는 작업을 진행한다. 조건 클래스가 2개의 복합 기술클래스로 구성된 경우, 결과 클래스가 단일 클래스이면 2개의 클래스로, 3개 이상의 복합 클래스이면 이들을 세분화하여 2개의 복합 클래스로 변형한다. 조건 클래스가 3개 이상의 기술클래스 복합으로 구성된 경우에도 이와 유사하게 결과 클래스를 3개 이상으로 확장 또는 세분화하여 형태를 동일하게 설정한다.

기술융합 관점으로 기술지식흐름을 확장하는 본 단계의 작업은 하나의 기술 클래스가 다른 클래스와의 융합적 활용을 통해 창출되는 기술지식이 다른 클래스로 흘러들어간다고 할 때, 기술지식을 흡수하는 기술클래스 또한 다른 클래스와의 융합적 활용에 있어 해당 기술지식을 활용할 것이라는 가정을 바탕으로 한다. 특정 기술클래스에서 생성된 기술지식은 다른 기술클래스들과의 융합에 활용됨으로써 또 다른 기술지식을 파생하고 파생된 기술지식은 고립되어 있지 않고 또 다시 다른 기술클래스들 간 융합에 활용되는 것이 일반적이기 때문에 본 연구에서의 기술지식흐름에 대한 가정은 타당성을 지닌다고 판단된다. 따라서 기술융합 관점으로 기술지식흐름을 확장하게 될 때, 기존의 연관규칙이 지니고 있는 신뢰도 수준을 확장된 연관규칙들로 균등하게 배분하는 것은 복합 기술클래스들 간 기술지식흐름을 나타내는 방안으로 활용될 수 있다.

예를 들어, 〈그림 3〉과 같이 2개의 기술클래스 $[TCa, TCb]$ 가 복합적으로 활용되는 기술지식이 기술클래스 $[TCx]$ 에 직접적으로 영향을 미친다고 하면, 기술클래스 $[TCx]$ 가 다른 클래스와 융합되어 기술지식흐름을 발생시키는 형태를 우선적으로 도출한다. 〈그림 3〉의 예에서는 $[TCx]$ 가 $[TCa]$, $[TC\beta]$, ..., $[TC\omega]$ 와 복합적으로 융합지식을 파생하고 있으며, 본 단계에서는 이러한 융합지식의 파생이 앞서 발생했던 $[TCa, TCb]$ 로부터 $[TCx]$ 로 흘러들어간 기술지식을 활용하여 이루어졌다고 판단한다. 따라서 $[TCa, TCb]$ 로부터 $[TCx]$ 로의 기술지식흐름을 나타내는 기본 연관규칙을 $[TCa, TCb]$ 로부터 $[TCx, TCa]$, $[TCx, TC\beta]$, ..., $[TCx, TC\omega]$ 각각으로의 연관규칙으로 확장한다. 기술지식의 활용은 균등한 수준으로 이루어졌다고 판단하여 기술지식흐름의 양을 의미하는 각 규칙의 신뢰도 값은 총합이 기본 연관규칙의 신뢰도 값과 동일하게 유지될 수 있도록 한다.

〈그림 3〉 복합적 기술클래스 단위로 기술지식흐름 확장



4. 단계4: 기술융합 관점 종합적 기술 파급효과 도출

마지막 단계에서는 DEMATEL을 활용하여 직접적 영향관계만을 나타내는 복합 기술클래스 간 연관규칙으로부터 간접적 관계를 추출하고 이들을 포괄하여 종합적 기술 파급효과를 산출한다. DEMATEL 적용을 위해서는 우선적으로 각 객체들 간 직접적 영향관계를 정성적으로 측정하고 이를 바탕으로 DRM을 작성하는 과정이 요구된다. 본 연구에서는 앞 단계에서 도출된 복합적 기술클래스 단위에서의 연관규칙이 직접적 기술지식흐름을 의미하기 때문에 이를 DRM으로 활용한다. 구축된 DRM을 정규화한 후 직·간접적 영향관계를 포괄하는 종합적 파급효과를 나타내는 TRM을 생성한다.〈그림 4〉 TRM의 각 셀값이 나타내는 의미는 행에 해당하는 복합 클래스가 열에 해당하는 복합 클래스에 직·간접적으로 영향을 미치는 수준이기 때문에 행합(r_i)은 각 클래스가 다른 모든 클래스들에게 영향을 미치는 영향도를 나타내고, 열합(c_j)은 각 클래스가 다른 모든 클래스들로부터 받게되는 영향도 수준인 피영향도를 나타낸다. 따라서 하나의 복합 클래스에 대해 행합과 열합의 합은 해당 클래스가 기술지식흐름 관점에서 얼마나 큰 영향력을 행사하는지를 보여주는 중요도를 의미하게 되고, 행합과 열합의 차는 해당 클래스가 주로 영향을 미치는 역할을 하는지, 또는 받는 역할을 하는지를 보여주는 인과도를 의미하게 된다. 본 연구에서는 복합 클래스

관점에서 종합적 기술 파급효과 수준을 파악하는 것이 목적이기 때문에 각 클래스들의 행합의 크기를 바탕으로 주요한 클래스들을 도출하고 이들의 특징을 분석한다. 또한 중요도와 인과도를 양 축으로 하는 2차원 평면 맵인 중요도-인과도 맵을 작성하여 각 복합 클래스들이 다양한 클래스들과의 기술지식흐름을 구성하는 데 있어 어떠한 역할을 수행하고 있는지를 추가로 논의한다.

〈그림 4〉 복합적 기술클래스 간 종합적 영향관계를 포괄하는 TRM

Target technology classes

Source technology classes	<i>[TCa, TCb]</i>	<i>[TCa, TCc]</i>	<i>[TCa, TCd]</i>	...	<i>[TCn, TCn]</i>	<i>SUM(r_i)</i>
	<i>t_{[a,b],[a,b]}</i>	<i>t_{[a,b],[a,c]}</i>	<i>t_{[a,b],[a,d]}</i>	...	<i>t_{[a,b],[n,n]}</i>	<i>r_[a,b]</i>
	<i>t_{[a,c],[a,b]}</i>	<i>t_{[a,c],[a,c]}</i>	<i>t_{[a,c],[a,d]}</i>	...	<i>t_{[a,c],[n,n]}</i>	<i>r_[a,c]</i>
	<i>t_{[a,d],[a,b]}</i>	<i>t_{[a,d],[a,c]}</i>	<i>t_{[a,d],[a,d]}</i>	...	<i>t_{[a,d],[n,n]}</i>	<i>r_[a,d]</i>
	...	...	...	-	...	...
	<i>t_{[n,n],[a,b]}</i>	<i>t_{[n,n],[a,c]}</i>	<i>t_{[n,n],[a,d]}</i>	...	<i>t_{[n,n],[n,n]}</i>	<i>r_[n,n]</i>
<i>SUM(c_j)</i>	<i>c_[a,b]</i>	<i>c_[a,c]</i>	<i>c_[a,d]</i>	...	<i>c_[n,n]</i>	-

$$[c_j]_{1 \times n} = \left(\sum_{i=1}^n t_{ij} \right)_{1 \times n}$$

$$[r_i]_{n \times 1} = \left(\sum_{j=1}^n t_{ij} \right)_{n \times 1}$$

IV. 사례연구

정보전자, 의약, 바이오, 에너지, 환경 등 다양한 응용분야를 지니고 있는 나노기술은 융합기술의 대표적 사례로 볼 수 있다.⁴⁸⁾ 나노기술은 새로운 영역의 기술분야를 창출하고 기존 산업 제품의 성능을 높이는 역할을 할 것으로 기대되고 있어, 전 세계 주요 국가들은 경쟁적으로 정부 주도의 나노기술 개발전략을 수립하고 있다.⁴⁹⁾ 나노기술 관련 특허출원 건수 또한 매 10년마다 두 배 이상의 증가를 나타내는 등 빠르게 성장하고 있으며, 광범위한 기술분야를 포괄하여 특허 청구 범위가 기재되는 모습을 나타낸다.⁵⁰⁾ 이는 나노기술이 다양한 산업분야에 걸쳐 융합적으로 활용되고 있음을 시사한다. 나노기술의 다양한 응용분야 중 바이오기술은 나노기술과의 융합을 바탕으로 유전자 지도, 바이오센서, 마이크

48) 김사혁, “나노기술의 이해와 정책적 시사점”, 정보통신정책, 제14권 제17호(2002), 17-36면.

49) 노현정 · 임효정, 앞의 글(주 15), 109-129면.

50) 한국특허정보원, NT특허분석보고서, 특허청, 2004.

로 전자기계시스템, 바이오칩 등 의료 관련 기술개발이 활발하게 이루어지고 있는 분야이다.⁵¹⁾ 따라서 본 장에서는 이와 같은 나노바이오 융합기술 분야를 대상으로 사례분석을 시행하여 본 연구에서 제시한 기술지식흐름 관점의 기술융합 분석 방법론에 대한 실제적 활용성을 탐색하고자 한다.

1. 단계1: 나노바이오 융합기술 관련 특허데이터 수집 및 정제

나노바이오 융합기술 관련 사례분석을 위하여 본 단계에서는 나노바이오 관련 특허데이터를 수집한다. 본 연구의 기반이 되는 특허 공동분류 분석은 특허 분류코드로 대변되는 기술클래스 단위에서의 기술지식흐름을 도출하기 때문에 수집된 특허데이터 중 공동으로 분류되는 특허분류코드 정보가 중요하게 활용된다. 따라서 나노바이오 기술분야와 관련된 특허분류코드를 정의하고 이들이 부여된 특허 문헌을 추출하는 형태로 특허데이터 수집을 진행한다. 특허 출원 건수를 기준으로 하는 IP5(미국, 일본, EU, 중국, 한국) 중, 해외 출원인의 비중이 가장 높은 곳은 미국으로 알려져 있다.⁵²⁾ 이는 다른 국가에 비해 전 세계적 특허활동이 가장 활발하게 이루어지고 있는 곳이 미국이며, 기술융합에 대한 다학제적 분석을 위하여 가장 적합한 특허데이터베이스 역시 USPTO의 데이터베이스임을 의미한다.⁵³⁾ 노현정·임효정(2009)은 USPTO에 등록된 나노바이오 융합기술 관련 특허데이터를 수집하기 위하여 OECD(2005)⁵⁴⁾ 및 한국특허정보원(2004)⁵⁵⁾에서 제시한 생명공학 및 나노바이오·보건 관련 기술분류 기준을 바탕으로 나노바이오 융합기술을 포괄할 수 있는 USPC를 정의하고 있다.⁵⁶⁾ 따

51) 김경호 외 3인, 앞의 글(주 28), 1-3면.

52) 2011년 기준, IP5 특허청의 자국민 특허 출원 비율은 다음과 같다: 일본(JPO, 83.9%), 중국(SIPO, 79.0%), 한국(KIPO, 77.1%), 유럽(EPO, 50.4%), 미국(USPTO, 49.2%) [한국지식재산연구원, IP Insight, 제1권 제3호(2013), 특허청, 55면].

53) 노현정·임효정, 앞의 글(주 15), 109-129면.

54) Organization for Economic Cooperation and Development(OECD), *A Framework for Biotechnology Statistics, Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators*, OECD, Paris, 2005.

55) 한국특허정보원, 앞의 글(주 50).

56) 나노바이오 융합기술과 관련된 기술분류로 세 자리수 기준 27개의 USPC를 정의하였다 [노현정·임효정, 앞의 글(주 15), 109-129면].

라서 본 연구에서도 이 기준을 활용하여 USPTO에 등록된 특허들 중 나노바이오 융합기술 관련 USPC가 부여된 특허데이터를 수집한다. USPC는 기본적으로 세 자리수 코드에 의해 분류되고 이들은 다시 하위분류로 구분되는데,⁵⁷⁾ 일반적으로 거시적 분석에서는 세 자리수 코드가 이용되고 있어⁵⁸⁾ 본 연구에서도 세 자리수 USPC를 기준으로 활용한다.

이와 같은 기준을 활용하여 2009년부터 2013년까지 USPTO에 등록된 특허들 중, 나노바이오 융합기술 관련 USPC가 부여된 특허 64,044건을 수집하였다. 여기에 특허 공동분류 분석을 적용하여 기술클래스 간 기술지식흐름을 도출하기 위해서는 개별 특허에 내재되어 있는 기술지식이 다양한 기술클래스들에서 융합적으로 응용되어 다른 클래스에 영향을 미치는 파급효과까지 고려할 수 있어야 한다. 따라서 세 자리수 USPC 기준으로 서로 다른 USPC가 3개 이상 부여된 특허들만이 기술융합 분석에서 활용 가능하다. 이러한 정제 과정을 거쳐 최종적으로 62,379건의 특허데이터를 수집하고 이후 분석에서 활용한다.

2. 단계2: ARM을 활용한 기술클래스 간 직접적 기술지식흐름 생성

본 단계에서는 수집 및 정제된 특허데이터로부터 기술클래스들에 대한 동시 출현빈도를 추출하고 ARM을 적용하여 기술클래스 간 직접적 영향관계를 의미하는 연관규칙을 생성한다. ARM 실행을 위한 가장 기본적인 알고리즘은 apriori 알고리즘으로 이는 사전지식(prior knowledge)을 활용하여 항목집합들의 출현 정보를 분석하고 빈발항목집합을 도출하는 형태로 연관규칙을 생성한다.⁵⁹⁾ 이를 적용하기 위해서는 최소 지지도 값과 최소 신뢰도 값을 사전에 지정하는 과정이 요구된다. 지정된 최소 지지도 값 이상을 나타내는 항목집합들만을 후보항목집합들로 설정하고 빈발항목집합을 구성하게 되며, 최소 신뢰도 값 이상을 나타내는 빈발항목집합들의 부분집합들만을 이용하여 연관규칙을 생성하

57) Falasco, Louis, "United States patent classification: system organization", *World Patent Information*, Vol.24 No.2(2002), pp.111-117.

58) 노현정 · 임효정, 앞의 글(주 15), 109-129면.

59) 강형창 외 4인, "아이템 사용시간을 고려한 Apriori 알고리즘", *전기학회논문지*, 제59권 제7호(2010), 1327-1331면.

기 때문이다. 최소 신뢰도의 경우에는 연관규칙을 구성하는 조건항목과 결과항목 간 영향관계 수준의 최소 임계치를 의미하며, 이 값에 대한 변화는 미미한 영향관계를 그대로 활용할 지 아니면 관계가 없는 것으로 가정할 지에 대한 선택의 문제가 된다. 본 연구에서는 본 단계에서 생성된 기술클래스 간 연관규칙의 신뢰도 값을 해당 기술클래스들 사이에 존재하는 직접적 기술지식흐름의 정량적 수준으로 판단하고 이후 단계에서 직·간접적 효과를 포괄하는 기술적 파급효과를 산출하고자 한다. 따라서 미미한 직접적 영향관계 수준을 가지는 연관규칙의 존재 유무는 분석결과에 큰 영향을 미치지 않게 된다. 반면, 최소 지지도의 경우에는 연관규칙을 구성하는 조건항목 및 결과항목들이 전체 연관규칙 세트에 포함될 수 있는지의 여부에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 최소 지지도 값 기준에 따라 높은 신뢰도 값을 가질 수 있는 연관규칙들을 제거시켜 버릴 수도 있다. 따라서 최소 지지도 값의 설정은 의미있는 연관규칙의 생성을 위하여 매우 중요한 요소가 된다. 최소 지지도 값 설정을 위하여 우선 수집된 특허데이터로부터 기술클래스들의 동시 출현빈도를 추출하고 이들로부터 직접 생성 가능한 연관규칙을 도출한다. 그리고 이들의 평균 지지도 수준을 산출하여 이를 최종적인 연관규칙들의 생성을 위한 최소 지지도 값 기준으로 활용한다. 평균 지지도 값은 0.164% 수준이었고, 출현빈도가 낮은 항목집합들이 연관규칙에 포함되지 않도록 하면서도, 이후 분석을 위해 충분한 수의 연관규칙을 확보할 수 있도록 평균 지지도를 약간 상회하는 수준인 0.2%로 최소 지지도 값을 설정하였다. 최소 신뢰도 값은 이와 동일한 수준으로 하여 결과적으로 총 7,413개의 연관규칙이 생성되었으며, 그 중 일부는 <표 1>과 같다. 본 연구의 목적은 융합적 기술지식흐름에 의한 기술적 파급효과 도출이기 때문에 다양한 기술클래스들의 복합적 활용을 통해 창출되는 기술지식흐름만을 생성할 수 있도록 조건항목 부분에는 복합적 기술클래스만이 포함될 수 있도록 제약을 가한다. 따라서 연관규칙의 조건항목 부분에는 2개 이상의 기술클래스들이 복합된 형태가 존재하게 되고, 결과항목 부분에는 모든 형태의 기술클래스들이 포함될 수 있다. 하지만 최소 지지도 및 신뢰도 값 이상의 연관규칙들만을 도출한 결과 모든 연관규칙들은 <표 1>과 같은 형태로만 존재하는 것으로 나타났다.

〈표 1〉 기술클래스 간 연관규칙 생성 결과(신뢰도 기준 상위 15개)

조건 기술클래스	출현 빈도	결과 기술클래스	출현 빈도	지지도*	향상도	신뢰도
[TC345, TC358]	734	[TC382]	6,845	1.18%	8.99	98.6%
[TC349, TC353]	141	[TC359]	3,456	0.23%	17.28	95.7%
[TC348, TC358]	662	[TC382]	6,845	1.06%	8.71	95.6%
[TC348, TC375]	315	[TC382]	6,845	0.50%	8.65	94.9%
[TC252, TC349]	372	[TC428]	9,582	0.60%	5.60	86.0%
[TC348, TC353]	234	[TC359]	3,456	0.38%	15.50	85.9%
[TC216, TC257]	290	[TC438]	2,351	0.46%	22.78	85.9%
[TC340, TC700]	215	[TC702]	5,658	0.34%	8.97	81.4%
[TC345, TC348]	1,038	[TC382]	6,845	1.66%	7.39	81.1%
[TC257, TC313]	901	[TC428]	9,582	1.44%	5.27	80.9%
[TC340, TC348]	197	[TC382]	6,845	0.32%	7.26	79.7%
[TC324, TC340]	129	[TC702]	5,658	0.21%	8.55	77.5%
[TC347, TC358]	168	[TC382]	6,845	0.27%	6.78	74.4%
[TC348, TC356]	196	[TC382]	6,845	0.31%	6.74	74.0%
[TC257, TC427]	380	[TC438]	2,351	0.61%	19.62	73.9%

* 조건 기술클래스 기준

3. 단계3: 복합 기술클래스 단위의 기술지식흐름으로 확장

본 단계에서는 기술클래스 간 직접적 영향관계로부터 간접적 관계를 도출해 낼 수 있도록 기술지식흐름을 복합적 기술클래스 단위로 확장한다. 직접적 관계로부터 간접적 관계를 파생시키기 위해서는 직접적 관계에 따른 흐름이 지속적으로 연결될 수 있는 체계를 구성하여야 한다. 이러한 연계를 통해 기술지식흐름을 네트워크 형태로 구축할 수 있게 되고, 연관규칙을 구성하는 조건 기술클래스가 다른 기술클래스들을 통해 간접적으로 결과 기술클래스에 미치는 영향의 수준을 도출해낼 수 있기 때문이다. 앞 단계에서 구축한 직접적 기술지식흐름을 나타내는 연관규칙은 조건항목이 2개의 기술클래스들이 복합되어 있는 형태로 구성되어 있는 반면, 결과항목은 단일 클래스로 구성되어 있다. 따라서 현재 기준으로는 직접적 기술지식흐름을 네트워크 형태로 구축할 수 없기 때문에 조건항목과 결과항목의 형태를 맞추어주는 작업이 요구된다. 기술융합 분석을 위하여 연관규칙의 생성 시, 의도적으로 복합 기술클래스 만이 조건항목에 포함될 수 있도록 제약을 가했기 때문에 결과항목의 단일 클래스를 복합 클래스로 변환하는 방향으로 접근한다.

이를 위하여 우선, 각 연관규칙의 결과 기술클래스들에 대해 이들이 다른 기술클래스들과의 융합을 통해 기술지식흐름을 파생하고 있는지를 파악하고 이에 해당하는 기술클래스들을 도출한다. 그리고 조건 기술클래스는 유지한 채 결과 기술클래스를 융합적으로 활용되는 각 클래스와 2개씩 조합을 구성하여 기본 연관규칙을 확장한다. 이 때 기본 연관규칙이 나타내는 기술지식흐름의 정량적 수준은 모든 다른 조합들에 균등하게 분배되도록 한다. <표 2>는 [TC349, TC353]으로부터 [TC359]로 발생하는 직접적 기술지식흐름을 나타내는 연관규칙을 복합 기술클래스 단위로 확장한 결과를 보여준다. 해당 연관규칙의 결과 기술클래스인 [TC359]는 [TC250], [TC252]부터 [TC430]에 이르기까지 총 16개의 다른 기술클래스들과 융합되어 다른 연관규칙의 조건 기술클래스 항목으로 활용되고 있다. 따라서 <표 2>의 왼쪽과 같은 하나의 기본 연관규칙을 오른쪽과 같이 총 16개의 연관규칙으로 확장한다. 기술클래스 간 직접적 기술지식흐름의 수준을 나타내는 기본 연관규칙의 신뢰도 값은 0.957이며, 이를 총 16개의 확장된 연관규칙에 균등하게 배분하여 각각의 신뢰도 값으로 활용한다. 모든 연관규칙에 대해 이러한 확장 과정을 거침으로써 최종적으로 복합적 기술클래스 단위에서의 직접적 기술지식흐름을 계량화할 수 있게 된다.

<표 2> 복합 기술클래스 단위로 기술지식흐름 확장([TC349, TC353]⇒[TC359]의 예)

조건 기술클래스	결과 기술클래스	신뢰도	조건 기술클래스	결과 기술클래스	신뢰도
[TC349, TC353]	[TC359]	95.7%	[TC349, TC353]	[TC250, TC359]	5.98%
				[TC252, TC359]	
				[TC257, TC359]	
				[TC345, TC359]	
				[TC348, TC359]	
				[TC349, TC359]	
				[TC353, TC359]	
				[TC356, TC359]	
				[TC359, TC362]	
				[TC359, TC372]	
				[TC359, TC382]	
				[TC359, TC385]	
				[TC359, TC396]	
				[TC359, TC398]	
				[TC359, TC428]	
				[TC359, TC430]	

4. 단계4: DEMATEL을 활용한 종합적 기술 파급효과 산출

마지막 단계에서는 확장된 복합 기술클래스 간 연관규칙에 DEMATEL을 적용하여 간접적 영향관계를 추출하고 이들을 포괄하여 종합적 기술 파급효과를 산출한다. 연관규칙은 해당 기술클래스 간 직접적 기술지식흐름이 존재함을 의미하고, 연관규칙의 신뢰도 값은 기술지식흐름의 수준을 나타낸다. 따라서 앞 단계에서 구축한 복합 기술클래스 간 연관규칙을 직접적 영향관계에 대한 DRM으로 활용하여 이를 정규화하고 직·간접 영향관계를 포괄하는 종합적 파급효과를 나타내는 TRM을 생성한다. 그리고 TRM의 행합과 열합을 산출하여 각 복합 기술클래스에 대한 영향도 및 피영향도 수준을 산출한다<표 3>.

<표 3> 복합 기술클래스의 종합적 기술파급효과(영향도 기준 상위 30개)

복합 기술클래스	영향도 (r)	피영향도 (c)	복합 기술클래스	영향도 (r)	피영향도 (c)
[TC422, TC424]	0.8567	0.0378	[TC252, TC422]	0.6515	0.0192
[TC252, TC257]	0.8547	0.0109	[TC252, TC359]	0.6419	0.1195
[TC514, TC540]	0.8128	0.1565	[TC156, TC264]	0.6385	0.0065
[TC106, TC347]	0.7918	0.0340	[TC347, TC358]	0.6319	0.0776
[TC345, TC348]	0.7670	0.0222	[TC345, TC349]	0.6196	0.0383
[TC252, TC349]	0.7554	0.0311	[TC250, TC313]	0.6190	0.0451
[TC118, TC156]	0.7384	0.0000	[TC340, TC700]	0.6175	0.1972
[TC252, TC424]	0.7129	0.0141	[TC422, TC427]	0.6105	0.0730
[TC340, TC348]	0.7005	0.0195	[TC106, TC252]	0.6047	0.0018
[TC106, TC424]	0.6973	0.0128	[TC313, TC427]	0.6043	0.0972
[TC514, TC544]	0.6940	0.2253	[TC348, TC353]	0.5978	0.0535
[TC136, TC252]	0.6897	0.0018	[TC424, TC427]	0.5951	0.0666
[TC422, TC428]	0.6632	0.1341	[TC349, TC353]	0.5911	0.0480
[TC257, TC313]	0.6595	0.0590	[TC356, TC422]	0.5885	0.0653
[TC252, TC264]	0.6554	0.0047	[TC424, TC426]	0.5866	0.0419

가장 높은 기술적 파급효과 수준을 나타내는 복합 기술클래스는 [TC422, TC424]로 나타났다. [TC422](Chemical apparatus and process disinfecting, deodorizing, preserving or sterilizing)는 소독, 탈취, 멸균, 보존 등 화학반응 관련 기술클래스이고 [TC424](Drug, bio-affecting and body treating compositions)는 제약 및 임상실험조직 관련 기술클래스로서, 이들 간 융합을 통해 분자수준에서의 화학반응에 대한 조절을 기반으로 하는 진단 및

치료 분야 기술지식이 파생됨을 알 수 있다. 이는 생체 분자들에 대한 효율적 결합 및 상호작용을 가능하게 하는 나노바이오칩 기술과 밀접한 관련성을 지닌다. 실제로 최근 나노 크기에 대한 제작기술의 급격한 발전에 따라 반도체 및 의학 산업에서 나노바이오칩에 대한 활용성이 증대되고 있으며, 생체물질에 대한 검출, 분석 및 진단을 통한 질병의 원인 규명 등의 분야에서 활발한 연구가 진행 중에 있다.⁶⁰⁾ 따라서 [TC₄₂₂, TC₄₂₄]의 복합 기술클래스는 다양한 타 기술분야로의 확산력이 뛰어난 나노바이오칩 분야 관련 기초 기반기술임을 확인할 수 있다. 그 다음으로 복합 기술클래스 [TC₂₅₂, TC₂₅₇]이 높은 파급효과 수준을 나타내었는데, [TC₂₅₂](Compositions)는 물질구성 관련 기술클래스이고 [TC₂₅₇](Active solid-state devices)은 능동고체소자 관련 기술클래스로서, 이들 간 융합을 통해 생체소재의 물질분석과 관련한 기술지식이 파생됨을 알 수 있다. 이는 약물전달, 재생의료를 위한 나노 소재 및 소자 관련 나노메디슨 기술과 밀접한 관련성을 지닌다. 나노메디슨은 생체소재, 나노디바이스 등을 이용하여 치료약물 및 이미징용 조영제를 선택적으로 전달함으로써 질병에 대한 모니터링 및 치료를 시행하는 기술이며 2000년대 초반 이후 시장규모가 급격히 증가하고 있다.⁶¹⁾ 복합 기술클래스 [TC₅₁₄, TC₅₄₀] 역시 높은 파급효과 수준을 보이는데, [TC₅₁₄](Drug, bio-affecting and body treating compositions)는 [TC₄₂₄]에 통합된 기술분야로 제약 및 임상실험조직 관련 기술클래스이고, [TC₅₄₀](Organic compounds)은 유기화합물 관련 기술클래스로서, 이들 간 융합을 통해 치료 및 예방을 목적으로 하는 유기화합물 기반의 합성신약 및 바이오신약 관련 기술지식이 파생됨을 알 수 있다. 저분자화합물을 기반으로 하는 의약품 분야는 전체 의약품 시장의 70% 수준을 차지할 정도로 규모가 커 연구 개발 주체 간 협동연구가 매우 활발하게 일어나고 있는 분야이다.⁶²⁾ 이와 같이 본 연구에서 제안한 기술융합 분석을 위한 복합적 기술클래스 단위의 파급효과 도출 방법론의 적용을 통해 산출된 결과를 살펴보면, 실제 산업에서 높은 응용성 및 활용성을 지니고 있는 융합기술들을 도출하고 각각의 특성을 규명해낼 수

60) 생명공학정책연구센터, 앞의 글(주 29), 384-390면.

61) 생명공학정책연구센터, 앞의 글(주 29), 390-393면.

62) 생명공학정책연구센터, 앞의 글(주 29), 251-277면.

있음을 알 수 있다. 이는 기술지식흐름 관점의 기술적 파급효과를 도출하는 본 연구의 방법론을 통해 기술융합의 동향 및 기술적 특성을 정량적으로 계량화하여 파악하는 것이 가능하다는 것을 의미한다.

V. 논의 사항

본 연구에서는 복합적 기술클래스 단위에서의 기술적 파급효과 도출을 위하여 DEMATEL 적용을 통해 산출되는 결과 중 TRM의 행합인 영향도 수준만을 고려하였다. 하지만 TRM의 열합을 통해 각 기술클래스들이 다른 클래스에 의해 영향을 받는 정도인 피영향도 수준을 파악할 수 있을 뿐만 아니라 영향도 수준과 피영향도 수준을 결합하여 분석 대상들이 전체 시스템 내에서 차지하는 중요도 및 인과도 수준까지 산출할 수 있다. 따라서 본 장에서는 DEMATEL의 다양한 특징을 추가적으로 활용하여 기술클래스들의 중요도 및 인과도 수준을 도출한다. 중요도는 TRM의 행합인 영향도와 열합인 피영향도의 합을 통해 산출할 수 있고 인과도는 영향도와 피영향도의 차를 통해 산출할 수 있다. 복합 기술클래스별 중요도 및 인과도 수준과 해당 클래스들이 동시에 부여된 특허 출원수 간 상관관계를 살펴보면 <표 4>와 같이 유의한 선형 상관관계가 없는 것으로 나타난다. 이는 본 연구에서 활용하는 중요도 및 인과도가 기존의 특허 출원수만을 활용하는 단편적 분석 방안으로는 도출할 수 없는 의미있는 정보를 발굴해 줄 수 있음을 의미한다. <표 5>는 복합 기술클래스들의 중요도 및 인과도 수준을 나타내고 이를 기반으로 작성된 중요도-인과도 맵은 <그림 5>와 같다. 맵의 각 영역에 대한 의미부여를 통해 주요한 복합 기술클래스들에 대한 정성적 분석을 시행한다.

〈표 4〉 복합 기술클래스들의 중요도 및 인과도와 특허 출원 수 간 선형 상관관계

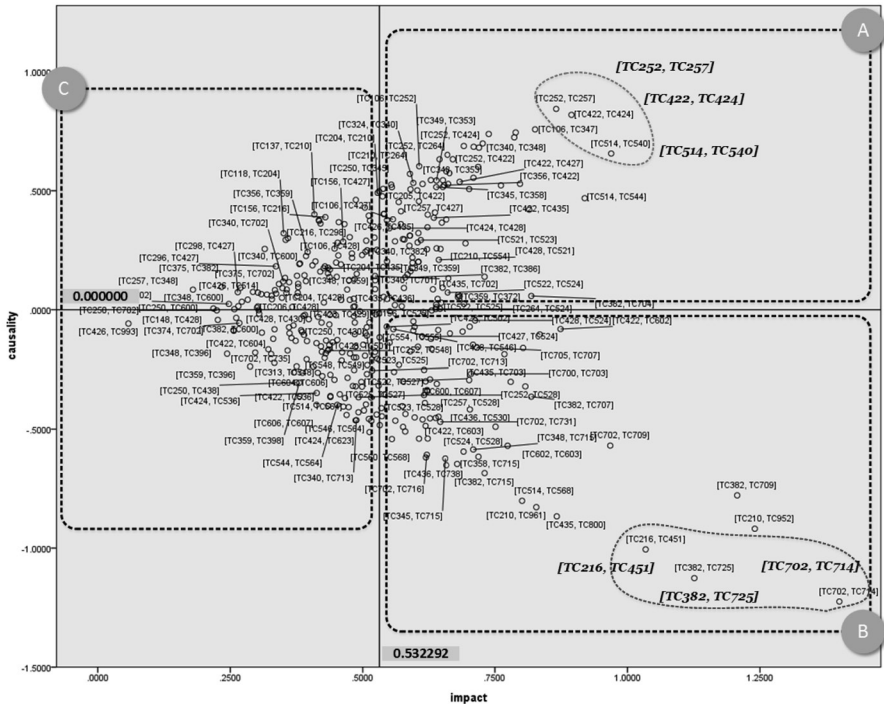
		특허수	중요도	인과도
특허수	Pearson Correlation	1	.034	.003
	Sig. (2-tailed)		.500	.958
	N	390	390	390
중요도	Pearson Correlation	.034	1	-.061
	Sig. (2-tailed)	.500		.233
	N	390	390	390
인과도	Pearson Correlation	.003	-.061	1
	Sig. (2-tailed)	.958	.233	
	N	390	390	390

〈표 5〉 복합 기술클래스의 종합적 기술파급효과(중요도 기준 상위 30개)

복합 기술클래스	중요도 (r_i+c_j)	인과도 (r_i-c_j)	복합 기술클래스	중요도 (r_i+c_j)	인과도 (r_i-c_j)
[TC702, TC714]	1.3995	-1.2246	[TC106, TC347]	0.8258	0.7578
[TC210, TC952]	1.2401	-0.9186	[TC382, TC707]	0.8186	-0.3640
[TC382, TC709]	1.2069	-0.7785	[TC382, TC704]	0.8186	0.0579
[TC382, TC725]	1.1261	-1.1261	[TC340, TC700]	0.8147	0.4203
[TC216, TC451]	1.0343	-1.0056	[TC428, TC442]	0.8074	-0.3207
[TC514, TC540]	0.9693	0.6563	[TC514, TC558]	0.8032	-0.1604
[TC702, TC709]	0.9675	-0.5695	[TC514, TC568]	0.8013	-0.8013
[TC514, TC544]	0.9193	0.4688	[TC422, TC428]	0.7973	0.5291
[TC422, TC424]	0.8944	0.8189	[TC345, TC348]	0.7892	0.7448
[TC216, TC296]	0.8931	0.8375	[TC252, TC349]	0.7865	0.7243
[TC422, TC602]	0.8738	-0.0811	[TC382, TC706]	0.7798	-0.3015
[TC435, TC800]	0.8667	-0.8667	[TC602, TC603]	0.7740	-0.5700
[TC252, TC257]	0.8656	0.8438	[TC435, TC530]	0.7680	-0.1867
[TC435, TC506]	0.8347	-0.1035	[TC252, TC359]	0.7614	0.5224
[TC210, TC961]	0.8281	-0.8281	[TC528, TC560]	0.7512	-0.4901

중요도-인과도 맵은 중요도 및 인과도 값의 평균 수준을 기준으로 3개의 영역으로 구분할 수 있다. A영역은 높은 중요도와 강한 영향도를 인과도로 가지는 영역으로 이에 해당하는 기술클래스들은 서로 간 융합을 통해 파생되는 기술지식을 다양한 외부의 기술클래스들에게 파급함으로써 융합적 기술개발을 주도하는 성격을 지닌다. 유기화합물 기반의 합성신약 및 바이오신약 기술 관련 [TC514, TC540], 나노바이오칩 관련 [TC422, TC424], 선택적 치료약물 전달 및 이미징 기반 나노메디슨 기술 관련 [TC252, TC257] 등이 높은 영향도 수준

〈그림 5〉 중요도-인과도 맵



에 의해 중요도도 높게 산출되어 A영역을 대표하는 것으로 나타났다. 따라서 A 영역에 포함된 복합 기술클래스들은 다양한 형태의 융합적 R&D 활동을 위한 기반으로서의 성격을 강하게 지니기 때문에 추후 기술융합 R&D 방향을 설계하는 데 있어 해당 복합 클래스의 융합 기술지식을 기초 도메인으로 활용하는 전략을 수립할 필요가 있다.

B영역은 높은 중요도와 강한 피영향도를 인과도로 가지는 영역으로 이에 해당하는 기술클래스들은 외부 융합 기술지식을 도입함으로써 융합적 기술개발을 수행하는 응용분야의 역할을 수행한다. [TC702, TC714]는 데이터 측정 및 처리 관련 [TC702](Data processing)와 전자기적 데이터 에러 처리 및 복구 관련 [TC714](Error detection/correction and fault detection/recovery)가 복합된 클래스로서, 외부의 기술지식을 흡수하여 나노바이오 관련 [TC702]와 전자·전기·정보통신 관련 [TC714]가 융합된 기술개발이 이루어지는 분야이다.

이는 다양한 기술을 활용하여 측정된 전자기적 데이터의 정밀성 보장을 위하여 에러를 처리하고 복구하기 위한 기술과 관련된 것으로서 물리화학적 검출기를 이용하여 생체물질을 검출하고 측정하는 나노바이오센서 관련 기술지식을 바탕으로 이를 응용하는 융합분야로 판단할 수 있다. 나노바이오센서는 고가의 형광 분석 장비를 대체하기 위한 목적으로 나노캡, 나노채널, 나노포어 등 다양한 타입에 따라 활발한 연구가 이루어지고 있다.⁶³⁾ [TC382, TC725]는 이미지 분석 관련 [TC382](Image analysis)와 영상정보 전송 및 처리 관련 [TC725](Interactive video distribution systems)가 복합된 클래스로서, 외부의 기술 지식을 활용하여 나노바이오 관련 [TC382]와 전자·전기·정보통신 관련 [TC725]가 융합된 형태로 기술개발이 이루어지는 분야이다. 이는 이미지 및 영상정보에 대한 유효성 평가 등과 관련된 기술로서 단백질, 대사물질 등을 이용해 신체 내부의 기능을 검사하는 데 사용되는 추적가능한 물질인 나노바이오마커 관련 기술지식을 바탕으로 이를 응용하는 도메인으로서 판단할 수 있다. 젤 이미지 데이터 등에 대한 정보를 수신하고 이를 처리·가공하기 위한 기술을 접목함으로써 유전적 변화의 영향으로 유발되는 신체의 변화를 감지하는 지표로서의 기능을 강화할 수 있기 때문이다.⁶⁴⁾ 나노바이오마커는 맞춤형 의료의 실현을 가능하게 하는 수단으로 인식됨에 따라 2005년 이후로 연 평균 20% 이상의 초고속 성장세를 보이고 있다.⁶⁵⁾ [TC216, TC451]은 기질 에칭기술 관련 [TC216](Etching a substrate)과 연마관련 [TC451](Abrading)이 복합된 클래스로서, 나노바이오 관련 [TC216]과 기계·금속 관련 [TC451]이 융합된 형태이다. 이는 인체의 치료 및 진단을 목적으로 하는 기계·전자 장비 등의 개발을 위한 나노바이오메카트로닉스 관련 기술지식이 활용되는 융합분야로 판단할 수 있다. 나노레벨에서의 인체치료 및 기능 강화를 위한 다양한 기술적 요소를 바탕으로 하는 기계·전자 장비 및 제어 시스템은 국방, 의료, 사회 안전 등 다양한 분야에서의 활용성을 지니고 있다. 강한 피영향도의 인과도 수준을 나타내

63) 생명공학정책연구센터, 앞의 글(주 29), 387-390면.

64) 장민기 외 8인, "난소암 조기진단을 위한 다중 바이오마커 선택 알고리즘 성능 비교", 한국정보기술학회 논문지, 제10권 제6호(2012), 107-113면.

65) 손종구 외 3인, "바이오마커의 최근 시장동향 분석", Biomaterials Research, 제14권 제2호(2010), 78-85면.

는 B영역에 포함된 복합 기술클래스들에 대해서는 기술융합 R&D의 활성화를 위하여 외부의 새로운 융합 기술지식을 발굴하고 이를 해당 도메인에서 활용하기 위한 노력을 증진시키는 R&D 전략을 수립하는 것이 필요하다.

C영역은 낮은 중요도를 지니는 영역으로서 중요도가 낮다는 것은 다른 기술 클래스들과의 기술지식교류에 대한 참여도가 낮다는 것을 의미하기 때문에, 인과도에 있어 특별한 성격을 보이지 않는다. 따라서 이러한 클래스들은 외부의 기술지식에 대한 탐색보다는 내부의 융합 기술지식에 대한 활용성을 증진시킬 수 있도록 R&D 방향을 설계할 필요가 있다. [TC204, TC210]은 여타의 복합 기술클래스들에 비해 약간이나마 강한 수준의 영향 인과도를 보이는데, 모두 나노 바이오 관련 기술클래스들로서 화학 관련 [TC204](Chemistry: electrical and wave energy)와 유체정제 관련 [TC210](Liquid purification or separation)이 복합되어 있다. 이는 액체성 물질의 화학적·생물학적 처리를 위한 기술적 요소를 포함하는 것으로서 수송용 목적으로 활용되는 액체 형태의 바이오에너지인 바이오연료 관련 분야에 기술지식을 파생하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 C영역의 복합 기술클래스들 중, 이와 같이 영향도 또는 피영향도 측면에서 상대적으로 강한 인과도를 나타내는 클래스들에 대해서는 인과도 수준을 강화하기 위한 방향으로 R&D 전략을 수립하는 것이 필요하다.

VI. 결론

다양한 분야의 기술지식을 복합적으로 활용하여 새로운 문제해결 수단을 제시할 수 있을 것으로 기대되는 기술융합에 대한 수요가 증대됨에 따라 기술융합의 특성 및 동향을 분석하기 위한 체계적 방법론이 필요로 하게 되었다. 이에 본 연구는 특허데이터로부터 공동분류 정보를 추출하고 ARM 및 DEMATEL을 적용하여 기술융합 관점에서 기술클래스 간 기술적 파급효과를 도출하기 위한 방법론을 제시하였다. 또한 기술지식흐름 수준에 따라 기술융합의 특징을 규명할 수 있도록 중요도-인과도 맵을 작성하고, 맵의 각 영역에 대한 의미부여를 통해 기술융합 관점에서 각 복합적 기술클래스들의 역할과 추후 R&D 기획 시 고려

할 수 있는 전략적 방향을 도출하였다. 본 방법론의 실제적 활용성을 탐색하기 위하여 대표적 융합기술 분야인 나노바이오 분야를 대상으로 사례분석도 시행하였다. 본 연구의 방법론은 기술융합의 특성 및 동향을 정량적으로 분석할 수 있도록 하며, 국가적 관점에서 융합기술 창출을 위한 R&D의 방향을 체계적으로 설계할 수 있도록 지원할 수 있다. 또한 본 방법론은 정량적 분석을 기반으로 하기 때문에 추후 기술융합 분석 시스템의 구현을 위한 밑바탕이 될 것이며, 나아가 국가 R&D 기획 및 운영의 효율성을 높이기 위한 수단으로서 활용될 수 있을 것이다.

하지만 이러한 궁극적 목적을 달성하기 위해서는 여전히 해결되어야 하는 문제점들이 존재하기 때문에 다양한 추후 연구들이 수행될 필요가 있다. 우선, 본 방법론은 특허데이터로부터 기술지식흐름을 도출하기 위하여 특허 공동분류 분석을 기반으로 한다. 하지만 이는 특허의 서지정보만을 활용할 뿐, 특허에 내재되어 있는 기술적 내용을 고려하지 못하는 한계를 지니고 있다. 기술클래스 단위에서의 깊이있는 기술지식흐름을 파악하기 위해서는 개별 특허가 주장하고자 하는 기술적 함의를 반영하는 것이 필요하기 때문에, 기술요소에 대한 콘텐츠를 추출하고 분석할 수 있도록 텍스트마이닝 기법들과의 접목이 요구된다. 두 번째로, 기술클래스 간 방향성 있는 영향관계를 생성하기 위해 가장 일반적으로 활용되는 방안은 특허 간 인용정보를 활용하는 것이다. 하지만 개별 특허가 피인용 되기까지에는 많은 시간적 소요가 발생하기 때문에 최근 기술 동향을 반영하기 어려운 한계가 있어 본 연구에서는 특허 공동분류 분석을 활용하였다. 따라서 특허의 인용정보와 공동분류 정보를 융합적으로 활용하게 되면, 개별 방안이 지니는 한계를 극복할 수 있고, 보다 직관적으로 기술클래스 간 직접적 영향관계를 도출해낼 수 있을 것이다. 마지막으로, 본 연구는 정적인 데이터만을 활용하여 기술융합 특성 및 동향을 분석하고자 하였다. 하지만 특정 기술분야에 대한 기술융합 추이를 동적으로 분석하기 위해서는 시간의 흐름에 따른 변화를 파악하고 관측할 수 있는 방안이 요구된다. 따라서 시간대적 분석을 통해 기술지식흐름의 수준이 어떻게 변화하는지를 살펴보고 그 추세를 예견해보기 위한 연구가 수행되어야 한다.

참고문헌

〈국내 단행본〉

김경호 외 3인, 나노-바이오 융합기술, 한국과학기술정보연구원, 2007.

생명공학정책연구센터, 생명공학백서, 교육과학기술부, 2011.

이인식, 기술의 대융합, 고즈원, 2010.

한국지식재산연구원, IP Insight, 제1권 제3호, 특허청, 2013.

한국특허정보원, NT특허분석보고서, 특허청, 2004.

〈해외 단행본〉

Organization for Economic Cooperation and Development(OECD), *A Framework for Biotechnology Statistics, Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators*, OECD, Paris, 2005.

Tan, Pang-Ning, et al., *Introduction to Data Mining*, Pearson, 2005.

〈국내 학술지〉

강형창 외 4인, “아이템 사용시간을 고려한 Apriori 알고리즘”, 전기학회논문지, 제59권 제7호(2010).

김사혁, “나노기술의 이해와 정책적 시사점”, 정보통신정책, 제14권 제17호 (2002).

노현정 · 임효정, “특허정보를 활용한 나노바이오 융합기술의 특성 분석”, 지식재산연구, 제4권 제3호(2009).

박영진 외 2인, “보유특허 기반의 기술기회탐색을 위한 특허추천방법: 3D 프린팅 산업을 중심으로”, 지식재산연구, 제10권 제1호(2015).

박현석 외 2인, “한국 국가 R&D의 학제적 특성 분석: 특허 공동의 IPC 연결망 분석의 활용”, 한국문헌정보학회, 제46권 제4호(2012).

서원철 외 2인, “단어동시출현분석을 통한 한국의 국가 R&D 연구동향에 관한 탐색적 연구”, Journal of Information Technology Applications and Management, 제19권 제4호(2012).

손종구 외 3인, “바이오마커의 최근 시장동향 분석”, Biomaterials Research, 제14권 제2호(2010).

장민기 외 8인, “난소암 조기진단을 위한 다중 바이오마커 선택 알고리즘 성능 비교”, 한국정보기술학회논문지, 제10권 제6호(2012).

정선구 외 2인, “특허인용 데이터베이스를 활용한 기술과급분석: DEMATEL의 활용”, Entrue Journal of Information Technology, 제11권 제1호 (2012).

조용래 · 김의석, “특허 네트워크와 전략지표 분석을 통한 기업 기술융합 전략 연구”, 지식재산연구, 제9권 제4호(2014).

조현기 · 김우제, “DEMATEL과 ANP를 이용한 해외구매 무기체계의 평가지표 개발”, 한국경영과학회지, 제37권 제2호(2012).

〈해외 학술지〉

Agrawal, Rakesh, et al., “Mining association rules between sets of items in large databases”, *ACM SIGMOD Record*, Vol.22 No.2(1993).

Bassecoulard, Elise, et al., “Mapping nanosciences by citation flows: A preliminary analysis”, *Scientometrics*, Vol.70 No.3(2007).

Chen, Jui-Kuei & Chen, I-Shuo, “An Inno-Qual performance system for higher education”, *Scientometrics*, Vol.93 No.3(2012).

Ernst, Holger, “Patenting strategies in the German mechanical engineering industry and their relationship to company performance”, *Technovation*, Vol.15 No.4(1995).

Falasco, Louis, “United States patent classification: system organization”, *World Patent Information*, Vol.24 No.2(2002).

Hacklin, Fredrik, et al., “Coevolutionary cycles of convergence: An extrapolation from the ICT industry”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.76 No.6(2009).

Kim, Chulhyun, et al., “Identifying core technologies based on technological cross-impacts: An association rule mining (ARM) and analytic network process (ANP) approach”, *Expert Systems with Applications*, Vol.38 No.10(2011).

Ko, Namuk, et al., “Analyzing interdisciplinarity of technology fusion using knowledge flows of patents”, *Expert Systems with Applications*, Vol.41 No.4(2014).

Ko, Sung-Seok, et al., “Analyzing technology impact networks for R&D

- planning using patents: combined application of network approaches”, *Scientometrics*, Vol.101 No.1(2014).
- Kodama, Fumio, “Japanese innovation in mechatronics technology”, *Science and Public Policy*, Vol.13 No.1(1986).
- Kuo, Ren Jie, et al., “Application of particle swarm optimization to association rule mining”, *Applied Soft Computing*, Vol.11 No.1(2011).
- Lee, Changyong, et al., “Design of convergent product concepts based on functionality: An association rule mining and decision tree approach”, *Expert Systems with Applications*, Vol.39 No.10(2012).
- Lee, Hakyeon, et al., “An ANP-based technology network for identification of core technologies: A case of telecommunication technologies”, *Expert Systems with Applications*, Vol.36 No.1(2009).
- Liu, Chen, et al., “Shaping the interdisciplinary knowledge network of China: a network analysis based on citation data from 1981 to 2010”, *Scientometrics*, Vol.89 No.1(2011).
- Park, Hyunseok, et al., “Identification of promising patents for technology transfers using TRIZ evolution trends”, *Expert Systems with Applications*, Vol.40 No.2(2013).
- Park, Hyunseok & Yoon, Janghyeok, “Assessing coreness and intermediarity of technology sectors using patent co-classification analysis: the case of Korean national R&D”, *Scientometrics*, Vol.98 No.2(2014).
- Shieh, Jiunn-I. et al., “A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality”, *Knowledge-Based Systems*, Vol.23 No.3(2010).
- Shih, Meng-Jung, et al., “Discovering competitive intelligence by mining changes in patent trends”, *Expert Systems with Applications*, Vol.37 No.4(2010).
- Sumrit, Detcharat & Anuntavoranich, Pongpun, “Using DEMATEL method to analyze the causal relations on technological innovation capability evaluation factors in thai technology-based firms”, *International Transaction Journal of Engineering, Management & Applied Sciences & Technologies*, Vol.4 No.2(2013).

- Tomassini, Marco & Luthi, Leslie, "Empirical analysis of the evolution of a scientific collaboration network", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol.385 No.2(2007).
- Trajtenberg, Manuel, et al., "University versus corporate patents: A window on the basicness of invention", *Economics of Innovation and new technology*, Vol.5 No.1(1997).
- Yang, Jiann Liang & Tzeng, Gwo-Hshiung, "An integrated MCDM technique combined with DEMATEL for a novel cluster-weighted with ANP method", *Expert Systems with Applications*, Vol.38 No.3(2011).
- Yoon, Byungun & Jeong Seonkoo, "Impact analysis of biological technology: Application of network analysis and decision making trial and evaluation laboratory", *Advanced Science Letters*, Vol.19 No.12(2013).
- Zha, Xianjin & Chen, Minghong, "Study on early warning of competitive technical intelligence based on the patent map", *Journal of Computers*, Vol.5 No.2(2010).

〈부록 1〉 나노바이오 융합기술 관련 미국 특허분류코드⁶⁶⁾

USPC	제목
127	Sugar, starch, and carbohydrates
204	Chemistry: electrical and wave energy
205	Electrolysis: processes, compositions used therein, and methods of preparing the compositions
210	Liquid purification or separation
216	Etching a substrate: processes
250	Radiant energy
252	Compositions
359	Optical: systems and elements
382	Image analysis
422	Chemical apparatus and process disinfecting, deodorizing, preserving, or sterilizing
424	Drug, bio-affecting and body treating compositions
426	Food or edible material: processes, compositions, and products
427	Coating processes
428	Stock material or miscellaneous articles
435	Chemistry: molecular biology and microbiology
436	Chemistry: analytical and immunological testing
504	Plant protecting and regulating compositions
514	Drug, bio-affecting and body treating compositions
523	Synthetic resins or natural rubbers - part of the class 520 series
528	Synthetic resins or natural rubbers - part of the class 520 series
530	Chemistry: natural resins or derivatives; peptides or proteins; lignins or reaction products thereof
536	Organic compounds - part of the class 532-570 series
548	Organic compounds - part of the class 532-570 series
560	Organic compounds - part of the class 532-570 series
600	Surgery
702	Data processing: measuring, calibrating, or testing
800	Multicellular living organisms and unmodified parts thereof and related processes

66) 노현정 · 임효정, 앞의 글(주 15), 109-129면.

A Study on Analysis of Technology Fusion by Identifying Technological Knowledge Spillovers: The Case of Nanobiotechnology

Eutteum Jung, Shiegheun Koh & Wonchul Seo

Abstract

Technology fusion is usually recognized as providing a definite path to innovative technologies and products. Many countries have strengthened their national R&D initiatives by investing heavily in developing convergent technologies. Therefore, a method for analyzing the features and trends of technology fusion is imperative that facilitates building convergent R&D strategies and directions. This study aims to present a method to analyze technology fusion by identifying technological knowledge spillovers. We extract the extent of direct knowledge flows by applying ARM and then identify knowledge spillovers by exploiting DEMATEL. Moreover, we introduce a concept of impact-causality map and define the technological implications of each area of map. Based on the implications, we draw strategic R&D directions of technology classes in each area of the map. The presented method enables the quantitative analysis of technology fusion and the systematic establishment of convergent R&D directions. This study is expected to become a useful tool in the national R&D planning processes in that it can contribute to providing future R&D directions of technology classes corresponding to the features of technology fusion.

Keywords

technology fusion, patent co-classification analysis, association rule mining, decision making trial and evaluation laboratory, nanobiotechnology