

네트워크 링크 가중치 계산 방법인 중첩 함수를 이용한 과학-기술-산업의 지식흐름에 관한 연구

A Study On the Knowledge Flow of Science, Technology and Industry using Overlap Function of Network Link Weights Calculation Method

권오진*, 노경란**, 서진이***, 김완중****, 정의섭*****, 박현우*****

Kwon Oh-Jin, Noh Kyung-Ran, Seo Jinny, Kim Wan-Jong, Jeong Eui-Seob, Park Hyun-Woo

요약

최근 과학 기술 정책 및 산업 정책을 수립하기 위해 과학, 기술, 산업의 지식 흐름에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 과학, 기술, 산업 간의 관계를 규명하기 위한 연구는 과학과 기술 측면, 기술과 산업 측면에서 주로 연구되었고, 과학-산업측면에 대한 연구는 미진한 상황이다. 본 연구는 특허인용정보를 사용하여 과학-기술-산업에 대한 지식흐름을 측정하는 방법을 제시하고자 한다. 한국의 지식흐름을 정량적으로 측정할 수 있는 방법은 미국특허의 인용정보와 유럽특허의 인용정보를 이용하는 방법이 있으나 본 연구는 한국인이 미국에 출원한 인용정보를 이용하여 한국의 과학-기술-산업에 대한 흐름을 분석하고자 한다. 이를 위해 미국특허에 인용된 학술문헌 정보를 추출하여 특허의 기술 분야와의 매핑을 통해 구해진 과학-기술간 지식흐름 데이터와, OECD가 발표한 특허와 산업간 매핑 소프트웨어인 OTC 프로그램을 수정하여 기술-산업간 지식흐름 데이터를 산출하여 이를 토대로 네트워크 링크 가중치 계산 방법인 overlap function을 적용하여 과학-산업간 지식흐름을 살펴보고자한다.

Abstract

Recently, several studies have been carried on knowledge flow of science, technology, industry to establish STI policy. Still it is in need of studies on relationship of science-industry although there have been studied only in aspect of science-technology relationship or technology-industry relationship. This paper's purpose is to propose method to measure knowledge flow among science, technology, and industry by means of patent citation by USPTO. After gathering knowledge flow data between science and technology through mapping citing patent and cited paper, it gets knowledge flows data between technology-industry by using OTC (OECD Technology Concordance), technology-industry mapping program. Based on these knowledge flow data, it examines knowledge flow from science to industry by applying overlap function that is a network link weight function.

* 권오진, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 02-3299-6097, dbajin@kisti.re.kr
** 노경란, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 02-3299-6135, infor@kisti.re.kr
*** 서진이, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 02-3299-6056, jinny@kisti.re.kr
**** 김완중, 한국과학기술정보연구원 연구원, 02-3299-6291, wjkim@kisti.re.kr
***** 정의섭, 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 02-3299-6132, esjng@kisti.re.kr
***** 박현우, 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 02-3299-6051, hpark@kisti.re.kr

1. 서론

21세기는 지식기반경제의 시대로 경제성장은 과학기술을 포함하는 지식을 얼마나 생산하고 이용하느냐에 달려있다. 또한 지식의 융합화와 혁신주체간 네트워크를 통한 새로운 가치창출현상은 더욱 두드러질 것으로 예견되고, 이러한 패러다임에 있어서 기술혁신과 경제성장에 기여하기 위한 방식으로 학계, 연구계, 산업계까지 포함한 연계시스템이 절실히 요구되고 있다. 과학기반으로 성장하는 산업은 OECD 국가들의 성장을 주도하고 있으며, 이 때문에 모든 국가는 과학과의 연계를 증가시키기 위해 노력하고 있다.

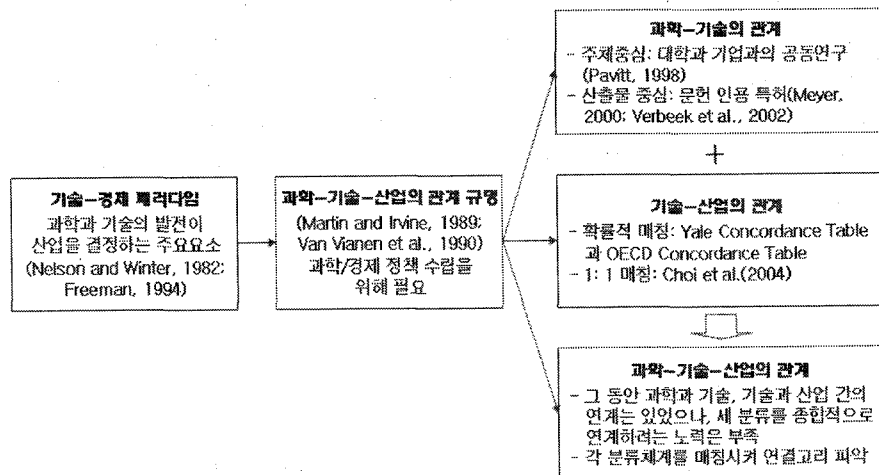
과학기술은 기술혁신이라는 복합적 과정을 통해 경제발전에 기여하고, 궁극적으로 인간의 삶을 풍요롭게 만들어주는 원천이 되고 있다. 선진국은 장기적 경제발전에 있어 과학과 기술의 중요성을 경험적 증거에 의해 지지한다.

활발한 기술혁신은 혁신주체간 활발한 상호작용을 통해서 이루어지며, 이들 상호작용을 명시적으로 고려한 것이 지식흐름(knowledge flow)이다(박규호 2005). 지식흐름은 일반적으로 기술적 진보를 가능케 하며, 그 결과 경제발전을 지원한다고 가정된다.

과학기술이 경제발전에 미치는 영향은 많은 연구에서 제시되고 있고, 이러한 관계는 기술-경제 패러다임(techno-economic paradigm)으로 해석되고 있다. 공공과학(public science)이 기술에 끼친 기여도를 측정하고자 하는 노력에는 과학과 기술간 다양하고 많은 지식흐름에 대한 깊은 통찰력을 필요로 한다.

과학, 기술, 산업의 관계는 매우 복잡하고, 시간에 따라 변하기 때문에 과학적 연구가 지니고 있는 가치와 그 경제적 효과를 분명하게 평가하는 것뿐만 아니라 이들 3 영역을 묶어 하나의 모델로 만드는 것이 거의 불가능하다고 여겨져왔다. 또한 과학, 기술, 경제는 각각의 본연적 목적이 차별화되며, 그 활동 주체 역시 과학자, 기술자, 기업이라는 다른 형태로 구성되어 있어, 이들 간의 관계를 체계적으로 분석하기 위한 연결고리를 찾는 일은 쉽지 않은 것으로 여겨졌기 때문이다. 지식흐름을 따로 떼내어 측정하고 모형화하는 것이 어렵우며, 지식흐름이 갖는 중요성에도 불구하고 이 지식흐름을 측정하거나 추적할 수 있는 수단이 마땅치 않았기 때문이다.

그럼에도 불구하고, 이들 간에 상호의존적 관계를 밝혀냄으로써 향후 과학기술정책을 모색하려는 노력은 지속되었다. 과학-기술-산업 연계의 필요성을 <그림 1>과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 1> 과학-기술-산업 연계의 필요성

기존 지식의 흡수와 활용, 새로운 지식의 창출을 위한 지식의 제공 등 지식흐름의 관계를 분석하기 위해 인용분석을 기본적으로 사용하며, 지식흐름의 복합적 현상을 분석하기 위해 네트워크 분석을 적용하고자 한다. 이러한 분류연계와 분석 방법론을 기초로 과학과 기술, 산업간 지식흐름

의 연계구조 규명을 통한 기술혁신 추세분석의 기본적인 틀을 제시하고자 한다.

2. 기존 연구

2.1 과학과 기술의 연계

오랫동안 과학과 기술간 관계는 기초과학연구, 응용연구 및 기술발전, 그리고 경제성장 및 그에 따른 국가번영이라는 선형흐름으로 받아들여졌다. 2차세계대전 이후 1950~60년대 기초과학연구가 기술발전을 이끄는 추진력이며 결국에는 경제성장을 가져온다는 생각이 지배적이었다. 이는 미국이 모든 주요 분야에서 매우 높은 수준의 연구성과를 달성하는데 성공하였을뿐만 아니라, 그러한 연구성과를 국가의 이익으로 전환하는 자본화에도 성공하였기 때문이다(조황희, 박수동 2000).

Toynbee는 과학기술간 상호작용을 한쌍의 댄서에 비유하고 있으며, Price와 Rosenberg & Birdzell은 과학기술 상호작용에 대한 정성적 이해를 확립시켰다. Schmoch는 'science- technology interaction'이란 용어를 사용하여 과학과 기술간 실질적 관계를 표현하고자 하였다. Meyer는 과학과 기술간 지식흐름이 순차적, 단방향으로만 발생하지 않으며, 훨씬 상호호혜적이고 다면적으로 상호작용이 발생한다고 주장한다.

특허인용정보는 과학과 기술간 다면적 상호작용을 보여줄 수 있다. 과학과 기술간 지식흐름은 항상 과학에서 기술로 순차적으로 발생하지는 않으며, 최소한 양방향을 가지고 있으며, 다양한 방향을 지니고 있으며 지속적으로 발생한다.

2.2 기술과 산업의 연계

최근 연구들이 특허인용관계를 활용한 지식흐름 측정 및 파급효과 분석으로 전개되고 있지만 기술과 산업간 관계를 실질적으로 규명한 연구는 활발히 진행되지 못했다. 기술과 산업의 연관관계를 살펴보기 위해 가장 먼저 진행되어야 할 필요가 있는 것은 특허의 분류와 산업의 분류를 일치시키는 일이다. 1974년 미국 NSF에서 미국특허분류(USPC)를 산업분류(SIC)로 연계하고자 한 시도가 있는 후 기술과 산업간 연계가 구체적으로 분석 제안되었으며, 캐나다 특허청은 1972년부터 1995년까지 30만건에 달하는 등록특허에 IPC뿐만 아니라 제조부문코드(Industry of Manufacture: IOM)과 이용부문코드(Sector of Use: SOU)를 동시에 부여하였다.

Yale 대학에서는 이 30만건의 데이터를 이용하여 특정 IPC를 가진 한 건의 특허가 특정 IOM-SOU 결합을 가질 확률을 결정하는 테이블을 YTC(Yale Technology Concordance)를 발표하였다. 하나의 기술이 반드시 하나의 산업에 매칭이 되지 않기 때문에 이 역시 확률로 계산되는 복잡한 형태를 띠게 되었다. 캐나다 특허청에서 IOM과 SOU 부여시 사용한 분류표가 SIC-E version 이므로, OECD는 국제표준산업분류체계 (ISIC-rev.3)에 맞춘 OTC (OECD Technology Concordance)연계표를 발표하였다(Johnson 2002).

이원영 등(2004)은 미국특허청과 한국특허청의 특허 DB를 활용하여 특허간 인용과 피인용관계를 활용하여 기술과 산업간 연계관계를 규명하고자 하였다. 이를 위해 어떤 기술이 어떤 산업으로 활용되는가를 나타내는 기술-산업 매트릭스를 작성하였다. 즉 미국특허의 기술중 한국과학기술분류 58개 항목과 매칭되는 기술들만 선별하여 27개 항목으로 구성된 한국표준산업분류로 변환하는 방법을 취하였다. 이들의 연구는 OTC에 비해서 상당히 간략화를 하여 현실의 왜곡이 있을 수 있다는 단점이 있지만, 간편하게 이용할 수 있다는 장점이 있다.

2.3 과학·기술·산업 연계

과학의 진보와 발명이 외생적으로 기술혁신을 결정하고 기술혁신은 다시 시장구조와 기업의 산출 및 이윤에 영향을 미쳐 궁극적으로 경제발전에도 기여한다는 슈페터의 가설이 1950년대 솔로우

등의 경제학자들에 의해 실증적으로 검증되었다.

최근에 수행된 연구결과들에 의하면 과학과 기술의 강력한 관계, 그리고 과학과 기술이 경제적 진보에 끼친 영향에 이의를 제기하지 못한다. 그러나 이들 연구들은 과학과 기술간, 학계와 산업계간 지식흐름의 방향에 대해 이의를 제기한다.

상호작용 모형의 출현 이후, 과학, 기술, 산업 간의 관계를 규명하려는 노력은 다각도에서 진행되었다. 몇몇 연구는 과학과 기술의 측면에서, 어떤 연구는 기술과 산업 측면에서, 또 다른 연구는 과학과 산업의 측면에서 관계를 밝히고자 하였다. 그러나 하나의 과학(과학지식 또는 과학연구 결과)이 하나의 기술, 산업에 연계되지 않고, 기술 또한 하나의 산업에 연계되지 않아, 이들 간의 관계를 전체적으로 조명할 수 있는 틀은 적절히 제시되고 있지 못한 상태이다. 더욱이 국가 수준에서 오랫동안 축적되고 분류된 과학, 기술, 산업관련 정보가 존재하지 않아, 거시적 측면의 ‘큰 그림’을 그리려는 노력이 부족할 수밖에 없었다.

2.4 대리척도로써 학술논문과 특허

공공부문의 연구이든지 산업부문의 연구개발이든간에 지식창출과 확산프로세스는 특허, 학술지나 학술회의에서 발표된 학술논문, 기술보고서 등 공개된 문헌을 통한 자유로운 정보흐름에 의해 이루어진다. 이와같이 공개적으로 이용가능한 문헌들은 기술발명과 연구성과물에 대한 구체적인 정보를 담고 있으며 과학과 기술간, 기술과 산업간, 과학과 산업간 지식흐름을 추적하는데 충분한 데이터를 제공한다. 이들 지식흐름을 규명하는데 가장 많이 사용되는 대리척도는 학술논문과 특허이다.

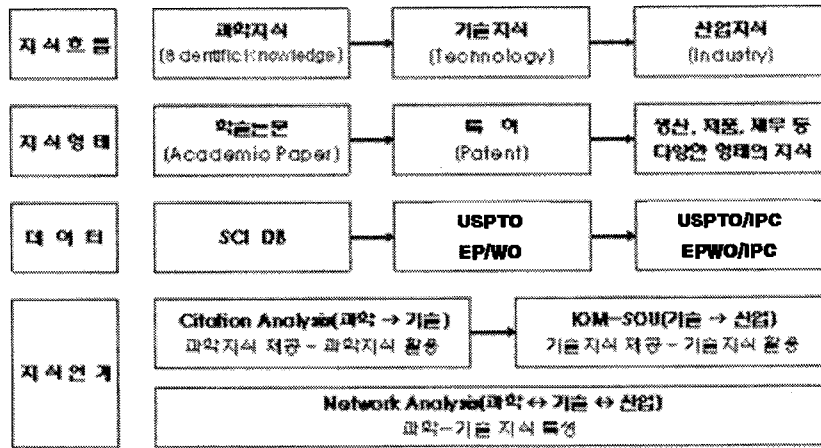
지식흐름을 측정하기 위한 대리척도로써 학술논문과 특허를 사용하는데 주의깊은 해석이 필요하다. 특허는 발명과정의 직접적인 성과물이며, 상업적 영향력을 지니고 있을 것으로 예측되는 발명 이상이다. 특허는 기술변화의 독점적인 경쟁영역을 캡처하는데 특히 적절한 지표이다. 특허보호권을 획득한다는 것은 시간소모적이며 비용이 많은 소요되기 때문에 일반적으로 이와같은 가격을 훨씬 능가하는 혜택을 제공할 것으로 여겨지는 특허를 출원할 것이다. 특허는 기술분야별로 세분되며 따라서 발명활동 비율뿐만 아니라 그 방향에 관한 정보를 제공한다. 장기간에 걸친 다량의 특허통계를 이용할 수 있다. 특허는 공문서에 속하며 출원인명을 포함하여 모든 정보가 공개된다.

이와같은 특징에도 불구하고 특허는 모든 발명이 기술적으로 특허화되지 않으며, 특히 저작권에 의해 법적으로 보호받는 소프트웨어와 관련된 특허가 결여되어 있다는 제한점을 지니고 있다. 때때로 기업은 산업기밀과 같은 다른 방법으로 자사의 혁신을 보호하기도 한다. 기업은 특허보호를 가장 중요한 혁신에 대한 보상으로 간주하지 않는다. 기업들은 발명을 상업적으로 이용하고자 하는 의도에 따라 자국내 시장과 해외에서 상이하게 특허활동을 하는 경향이 있다. 각국의 특허청에서는 외국인보다 자국 발명자의 출원이 훨씬 많다. 대다수 국가간 국제특허협약에도 불구하고 각국의 특허청은 자국의 실정에 따른 제도적 특징을 각기 지니고 있다. 그리고 특허분류가 경제분야와 일치하지 않는다. 기술분야마다 특허성향이 상이하다. 기술기회가 높은 분야에 속한 기업들은 기술기회가 낮은 분야에 속한 기업보다 더 많은 특허활동을 한다. 소규모 기업이 가진 특허 한 건은 대기업이 지닌 특허 한건과 동등하지 않다.

기초지식은 응용지식 발전을 위한 원천이며 따라서 학술연구는 중요하다. 학술연구의 성과물중 하나에 속하는 학술논문을 모두 망라적으로 사용할 수 없기 때문에 대다수의 지식흐름 추적에 관한 연구에서는 Thomson ISI의 인용색인 DB를 사용하고 있지만 Thomson ISI의 인용색인 DB는 영어권 학술지를 대다수 포함하고 있다는 제한점을 지니고 있다. 이 인용색인 DB는 각 학문분야에서 가장 영향력있는 중요 학술지를 거의 모두 포함하고 있다. 논문의 인용패턴은 학문분야의 발전 패턴, 즉 과학적 지식의 발전방향을 보여주고 있어서 지식흐름을 추적하는데 좋은 지표가 되지만 학문분야마다 인용성향이 상이하다는 점에 유의해야 한다. 또한 중요도가 높은 지식은 재빨리 일반 공공지식으로 바뀌기 때문에 참고문헌으로 기재되지 않고 인용되기도 한다.

3. 지식흐름 규명 방법론

과학-기술-산업간 지식흐름을 분석하기 위한 기본적인 방법론은 <그림 2>와 같다. 과학지식으로 부터 기술지식을 거쳐 산업지식으로 이어지는 지식흐름, 학술논문, 특허, 제품으로 대표되는 지식 형태, SCI 수록논문과 미국특허데이터 등과 같이 지식을 구체적으로 측정하기 위한 데이터, 그리고 인용분석과 IOM-SOU 분석을 이용하여 과학과 기술간, 기술과 산업간 지식흐름을 측정하였다.



<그림 2> 과학-기술-산업 지식흐름의 연계구조 파악을 위한 세부 분석 방법

과학-기술-산업간 지식흐름을 분석하기 위해 활용한 특허자료는 미국특허청에 1990년부터 2004년까지 등록된 한국특허이다. 출원인 또는 발명자의 국적이 한국으로 지정된 미국특허중 SCIE 수록논문을 인용하고 있는 2,791건의 특허와 이 특허에 인용된 SCIE 수록논문 9,205건을 이용하였다.

과학-기술간 지식흐름을 규명하기 위해 Thomson ISI의 학문분류체계와 IPC 특허분류체계를 활용하였다. 기술-산업간 지식흐름을 규명하기 위해 OECD의 OTC 체계를 활용하였다. 그리고 과학-산업간 지식흐름을 규명하기 위해 overlap function 알고리즘을 이용하였다.

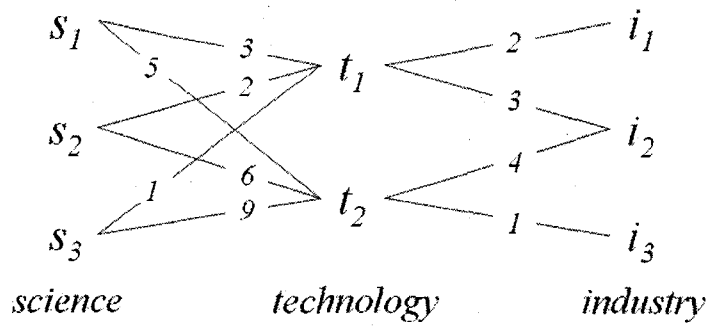
이 논문에서는 과학-기술-산업간 지식흐름을 추적하기 위해 OTC 프로그램을 이용하여 구해진 기술-산업간 지식흐름 데이터를 토대로 네트워크 링크 가중치 계산방법인 Overlap function을 사용하여 과학→산업간 지식흐름을 추적하였다. 노드 s1으로부터 노드 t1을 거쳐 노드 i1으로 가는 경로 가중치는 노드 l로부터 노드 k까지를 나타내는 Oik와 노드 k로부터 노드 l까지를 나타내는 Okl라는 두개의 링크 가중치 함수이다. 한 경로에서 연속적으로 연결된 링크를 생각할 때 그 이후 나타나는 링크 가중치는 이 경로내에서 가장 작은 링크가중치에 의해 제한을 받는다.

$$f_1 = \sum_{k=1}^{nx_2} f_2 (\alpha_k [x_1; x_2], \alpha_k [x_2; x_3])$$

$$\alpha_{ij} [x_1; x_3] = \sum_{k=1}^{nx_2} \min (\alpha_k [x_1; x_2], \alpha_k [x_2; x_3])$$

$$\alpha [x_1; x_3] = OVL (\alpha [x_1; x_2], \alpha [x_2; x_3])$$

<그림 3> Overlap function



<그림 4> 과학-기술-산업간 지식흐름 네트워크
(비이진 링크를 가진 cascade bipartite networks 사례)

행렬 $O[s;t]$ 는 각 특허가 가지고 있는 SCI 학문분류 발생빈도리스트이다.

$$O[s;t] = \begin{bmatrix} 3 & 5 \\ 2 & 6 \\ 1 & 9 \end{bmatrix}$$

행렬 $O[t;i]$ 은 각 특허의 IPC와 산업분류간 연합을 나타낸다.

$$O[t;i] = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 0 \\ 0 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

링크가중치 $O[s;i]$ 를 계산하기 위해 overlap function을 사용하면

$$O[s;i] = O[s;t] \cdot O[t;i]$$

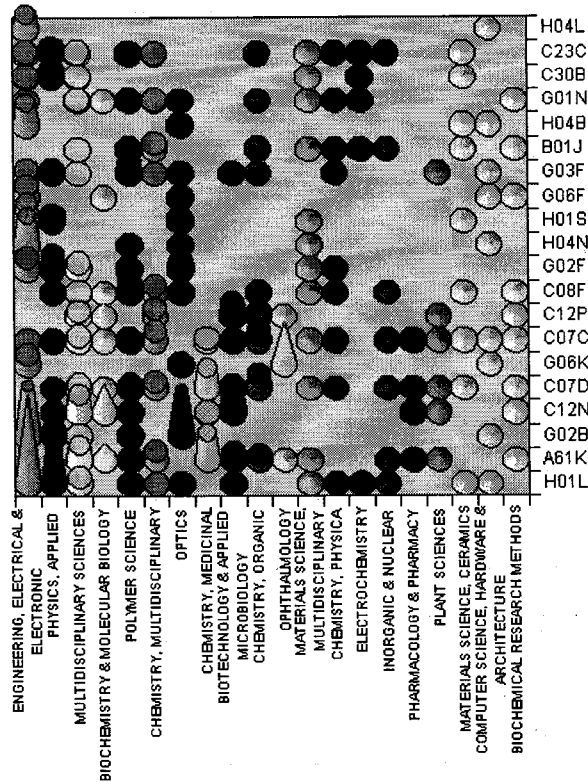
이것을 계산하면 다음과 같다.

$$O[s;i] = OVL \left[\begin{bmatrix} 3 & 5 \\ 2 & 6 \\ 1 & 9 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 2 & 3 & 0 \\ 0 & 4 & 1 \end{bmatrix} \right] = \begin{bmatrix} 2 & 7 & 1 \\ 2 & 6 & 1 \\ 1 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

4. 결과

4.1 과학과 기술간 지식흐름

특허에 인용된 과학논문은 과학활동 영역과 기술활동 영역을 연결짓는 교량역할을 한다. 과학영역을 구분하기 위해 SCI 학문분류표를 사용하였으며, 기술영역을 구분하기 위해 특허에 부여된 국제특허분류표 서브클래스를 사용하였다. SCIE 과학논문을 인용하고 있는 한국인 특허에 부여된 IPC 기술분야코드는 모두 166개였으며, SCIE 과학논문에 부여된 SCI 학문분야코드는 모두 115개였다. 과학과 기술간 지식흐름을 파악하기 위해 115×166 매트릭스를 작성하였다. 한 과학분야는 복수의 기술분야와 연계되어 있으며, 한 기술분야는 복수의 과학분야와 연계되어 있다.



<그림 5> 과학-기술간 지식흐름

특허에 인용된 과학논문이 포함된 115개 SCI 학문분야중 과학논문이 가장 많이 인용된 상위 20개 학문분야와 이들 학문분야에 속한 과학논문을 인용하고 있는 기술분야는 <그림 5> 와 같다. 과학과 기술간 지식흐름이 가장 많이 가장 역동적으로 발생하는 영역은 전기전자공학/물리학, 화학분야이다. 더 구체적으로 말하자면 전기전자공학과 반도체(H01L), 응용물리학과 반도체, 전기전자공학과 광학장치(G02B) 분야에서 활발한 과학-기술간 지식흐름을 보여주었다.

4.2 기술과 산업간 지식흐름

대부분의 국가에서 특허데이터에 쉽게 접근할 수 있지만 특허데이터의 제공형태로 인해 이 특허데이터를 경영/경제분야에서 활용하는 것은 아직 미미한 수준에 불과하다. OECD Technology Concordance (OTC)는 IPC 기반 특허데이터를 경제산업분야별 특허건수로 전환할 수 있도록 가교 역할을 하는 도구이다. OTC의 목표는 하나의 분류체계를 다른 분류체계로 변환, 매핑하는 것이다. 특히 OTC는 특허제품 또는 과정법주를 이것들의 생산 및 활용에 책임지는 경제부문으로 매핑하는 것이다.

OTC 방법론은 IPC를 SIC (Standard Industrial Classification System)기반 영역으로 변환하는 단계, SIC 기반 영역을 ISIC (International Standard Industrial Classification System)기반 영역으로 변환하는 단계로 구성된다. 이 방법론은 30만건의 캐나다 특허에 수록된 IPC, IOM, SOU 를 읽은 후 각 IPC에 대한 확률값을 계산한다. 이 과정은 특허데이터의 벡터 (IPC 부여된 특허)를 상관관계형 특허데이터 매트릭스 (IOM-SOU 매트릭스)로 변환한다. 이 결과로부터 각 발명의 산업분야(IOM)가 전체에서 차지하는 중요도뿐만 아니라 각 활용분야(SOU)의 중요도, 그리고 IOM과 SOU 상호작용의 중요도를 파악할 수 있게 된다.

IPC	A01B	A01C	TOTAL
PATENT	6	6	12

↓

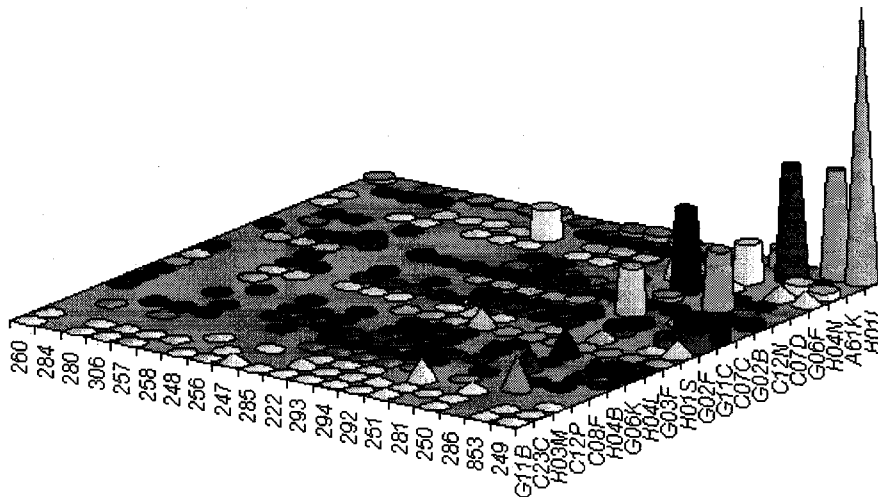
IPC	IOM	SOU	YTC 확률
A01B	⇒ 1	1	0.75
A01B	⇒ 1	2	0.10
A01B	⇒ 2	1	0.15
A01C	⇒ 1	2	0.5
A01C	⇒ 1	3	0.25
A01C	⇒ 3	2	0.25

↓

	SOU1	SOU2	SOU3	TOTAL IOM
IOM1	4.5	3.6	1.5	9.6
IOM2	0.9	0	0	0.9
IOM3	0	1.5	0	1.5
TOTAL SOU	5.4	5.1	1.5	12

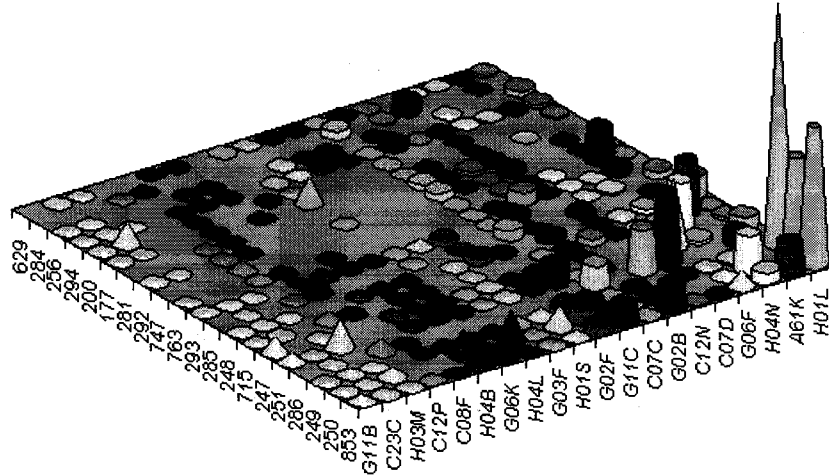
<그림 6> 기술-산업간 지식흐름 확률

본 연구에서는 과학-기술-산업에 대한 지식흐름을 파악하기 위해 OTC 프로그램을 수정하여 IPC×IOM_SIC, IPC×SOU_SIC, IPC×IOM_ISIC, IPC×SOU_ISIC 4개의 행렬을 생성하였다. OTC 프로그램의 프로그램을 수정하지 않고 과학-산업에 대한 지식흐름을 계량적인 방법으로 산출하는 것은 어렵기 때문이다. 과학-기술에 대한 SCI학문분야×기술분야(IPC) 행렬과 기술-산업에 대한 기술분야(IPC)×산업분류(SIC, ISIC)행렬을 overlap function을 적용하여 과학-산업에 대한 SCI학문분야×산업분류 행렬을 구할 수 있다.



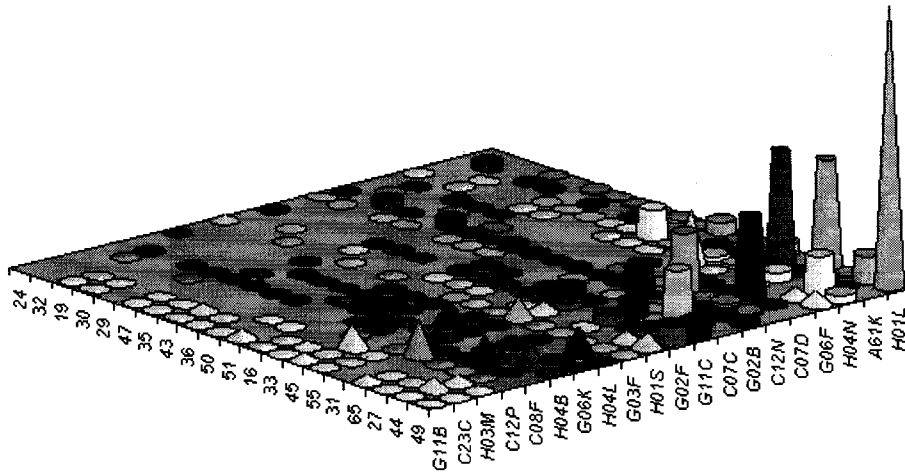
<그림 7> 기술-산업간 지식흐름 (technology → CAN_SIC IOM) 상위 20개만 선택

산업으로 지식흐름이 많이 발생한 기술영역은 H01L, A61K, H04N, G06F, C07D였으며, 기술로부터 지식흐름이 많이 발생한 산업 IOM 영역은 249, 853, 286, 250, 281 이었다. H01L 으로부터 IOM 249, 853, 250 으로, A61K으로부터 IOM 286로, H04N으로부터 IOM 250, 247으로 지식흐름 발생량이 높았다. IOM 286의 경우 IPC A61K, C12N, C12P로부터 지식흐름이 높게 발생했다. IOM 250의 경우 IPC H04N, H04L, H04B 등으로부터 지식흐름이 발생했다(그림 7).



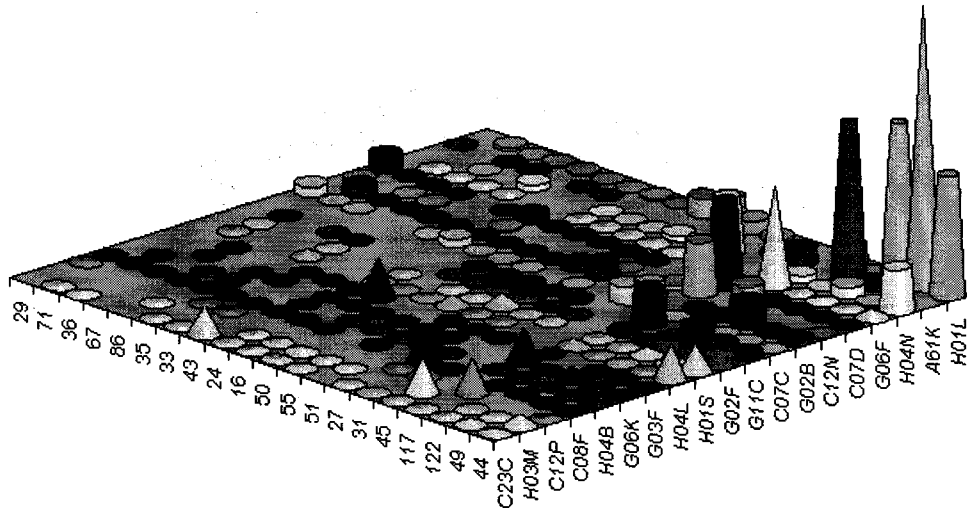
<그림 8> 기술-산업간 지식흐름 (technology → CAN_SIC SOU) 상위 20개만 선택

산업 활용영역으로 지식흐름이 많이 발생한 기술영역은 H01L, A61K, H04N, G06F, C07D였으며, 기술로부터 지식흐름이 많이 발생한 산업 SOU 영역은 853, 250, 249, 286, 251이었다. H01L 으로부터 SOU 249, 853, 250 으로, A61K으로부터 SOU 715, 747, 853으로, H04N으로부터 SOU 250, 247로 지식흐름 발생량이 높았다. SOU 286의 경우 IPC C07D, C12N, C07C로부터 지식흐름이 높게 발생했다. SOU 249의 경우 IPC H01L, C03B 등으로부터 지식흐름이 발생했다(그림 8).



<그림 9> 기술-산업간 지식흐름 (technology → OECD_ISIC IOM) 상위 20개만 선택

산업IOM 으로 지식흐름이 많이 발생한 기술영역은 H01L, A61K, H04N, G06F, C07D였으며, 기술로부터 지식흐름이 많이 발생한 산업 IOM 영역은 49, 44, 27, 65, 31 이었다. H01L 으로부터 IOM 49, 65, 44 으로, A61K으로부터 IOM 31로, H04N으로부터 IOM 44, 51으로 지식흐름 발생량이 높았다. IOM 27의 경우 IPC C07D, C07C, C08F, C08G, C07F로부터 지식흐름이 높게 발생했다. IOM 31의 경우 IPC A61K, C12N, C12P 등으로부터, IOM 45의 경우 IPC G06F, G06K, H03M 등으로부터 지식흐름이 높게 발생했다(그림 9).

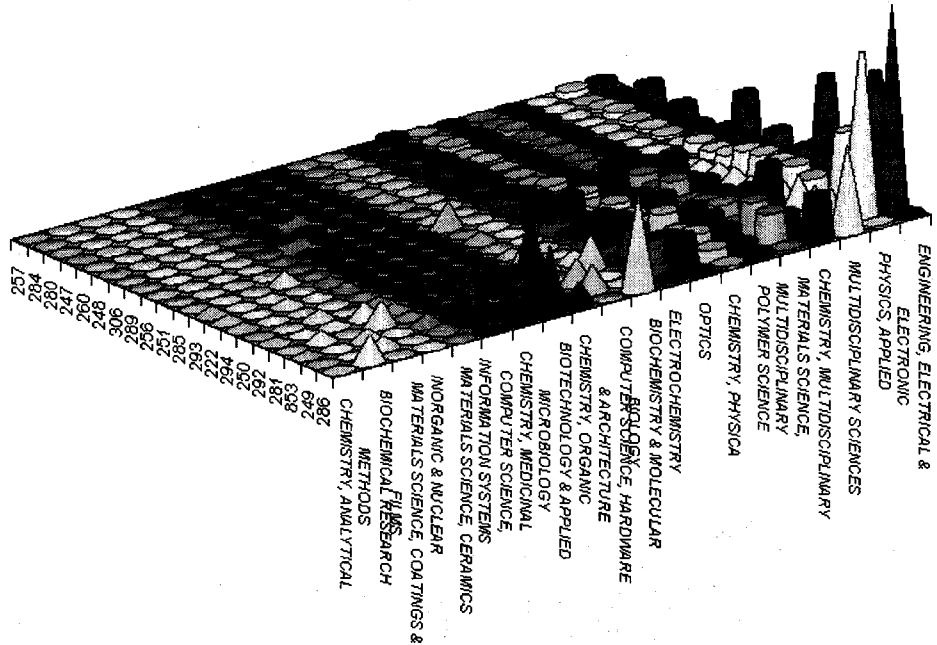


<그림 10> 기술-산업간 지식흐름 (technology → OECD_ISIC SOU)
상위 20개만 선택

산업 활용영역으로 지식흐름이 많이 발생한 기술영역은 H01L, A61K, H04N, G06F, C07D였으며, 기술로부터 지식흐름이 많이 발생한 산업 SOU 영역은 44, 49, 122, 117, 45이었다. H01L 으로부터 SOU 49, 122, 44 으로, A61K으로부터 SOU 117으로, H04N으로부터 SOU 51, 44로 지식흐름 발생량이 높았다. SOU 44의 경우 IPC H01L, H04N, H04L, H04B로부터 지식흐름이 높게 발생했다. SOU 117의 경우 IPC A61K, C12N, C12P 등으로부터, SOU 45의 경우 IPC G06F, G11C, H03M 등으로부터, SOU 31의 경우 C07D, C12N, G11C 등으로부터 지식흐름이 높게 발생했다(그림 10)

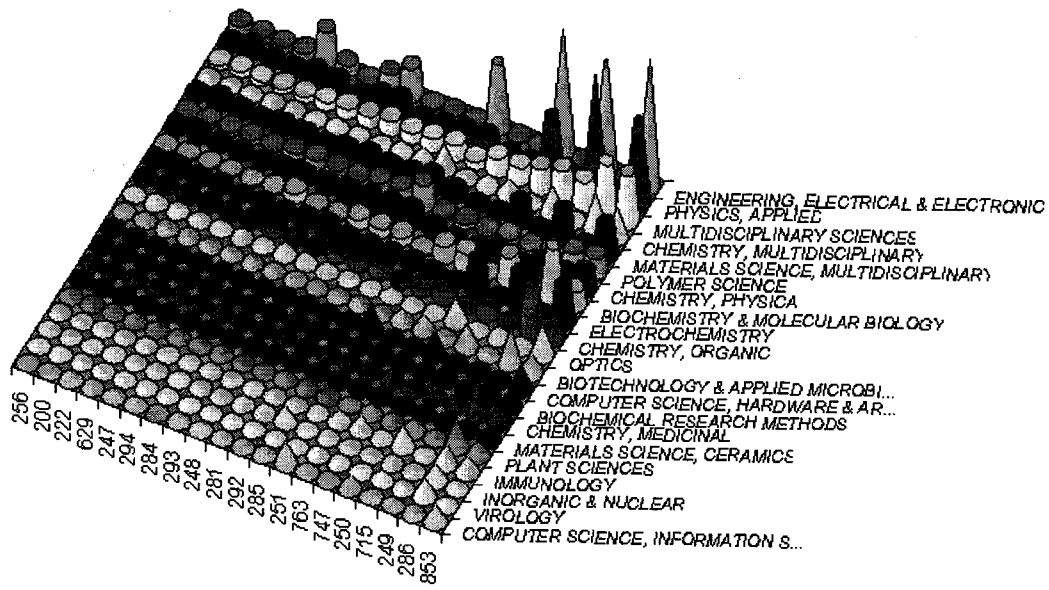
4.3 과학과 산업간 지식흐름

여러 연구를 통해 기초과학이 산업의 산출에 직·간접적으로 영향을 미친다는 것이 밝혀졌다. 이에 따라, 과학기술 정책 및 산업정책을 개발하는데 과학이 궁극적으로 산업과 어떤 관계를 가지고 있는지 과학-기술-산업의 분류적 틀을 한꺼번에 묶어서 관찰하는 것이 필요하다.



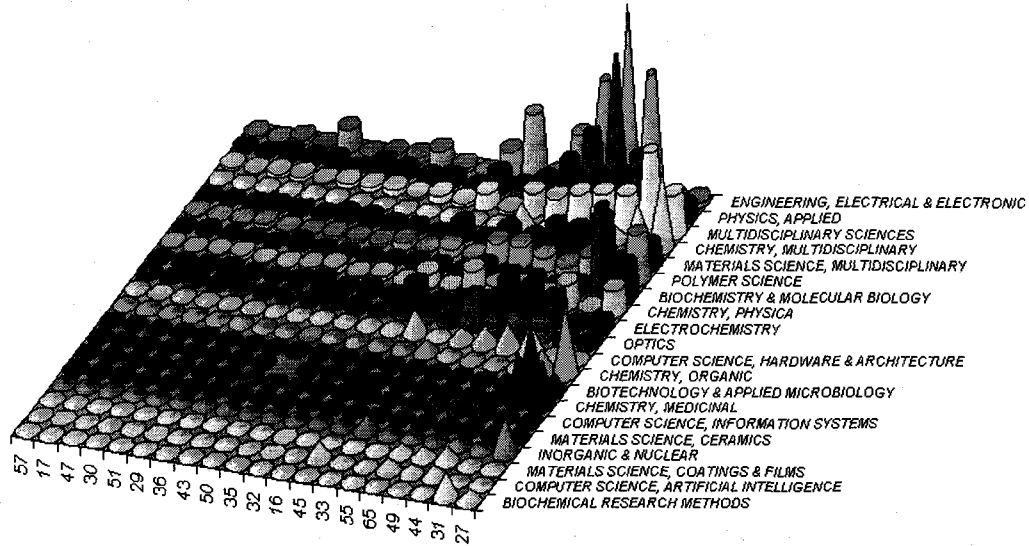
<그림 11> 과학-기술-산업간 지식흐름 (Science → technology → CAN_SIC IOM) 상위 20개만 선택

산업 IOM으로 지식흐름이 많이 발생한 과학영역은 전기전자공학, 응용물리학, 다학문분야, 화학 분야였으며, 과학으로부터 지식흐름이 많이 발생한 산업 IOM 영역은 286, 249, 853, 281, 292이었다. 전기전자공학분야로부터 IOM 249, 853, 250 으로, 응용물리학분야로부터 IOM 249, 853, 250으로, 다학문분야로부터 IOM 286, 281, 249로 지식흐름 발생량이 높았다. IOM 286의 경우 생화학 및 분자생물학, 다학문분야, 화학(다학문)으로부터 지식흐름이 높게 발생했다. IOM 250의 경우 전기전자공학, 컴퓨터과학, 응용물리학으로부터, IOM 281의 경우 유기화학, 화학(다학문), 의화학 등으로부터 지식흐름이 높게 발생했다(그림 11).



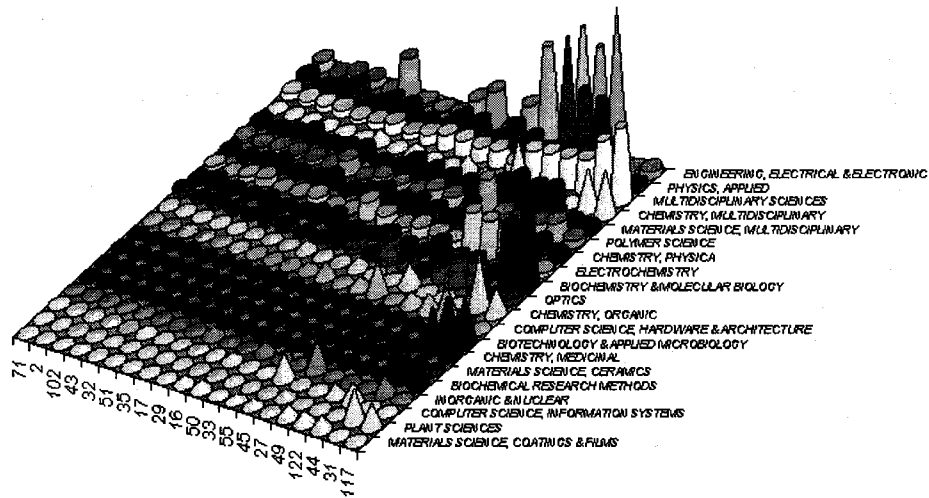
<그림 12> 과학-기술-산업간 지식흐름 (Science → technology → CAN_SIC SOU) 상위 20개만 선택

산업 SOU으로 지식흐름이 많이 발생한 과학영역은 전기전자공학, 응용물리학, 다학문분야, 화학 분야였으며, 과학으로부터 지식흐름이 많이 발생한 산업 IOM 영역은 853, 286, 249, 175, 250이었다. 전기전자공학분야로부터 SOU 853, 250, 249으로, 응용물리학분야로부터 SOU 249, 853, 250으로, 다학문분야로부터 SOU 286, 853, 715로 지식흐름 발생량이 높았다. SOU 286의 경우 생화학 및 분자생물학, 다학문분야, 유기화학으로부터 지식흐름이 높게 발생했다. SOU 715의 경우 다학문분야, 생화학 및 분자생물학, 화학(다학문), 무기화학으로부터, SOU 853의 경우 전기전자공학, 응용물리학, 다학문분야로부터, SOU 249는 응용물리학과 전기전자공학으로부터 지식흐름이 높게 발생했다(그림 12).



<그림 13> 과학-기술-산업간 지식흐름 (Science → technology → ISIC IOM)
 상위 20개만 선택

산업 IOM으로 지식흐름이 많이 발생한 과학영역은 전기전자공학, 응용물리학, 다학문분야, 화학 분야였으며, 과학으로부터 지식흐름이 많이 발생한 산업 IOM 영역은 27, 31, 44, 49, 65이었다. 전기전자공학분야로부터 IOM 49, 44, 65, 45, 55으로, 응용물리학분야로부터 IOM 49, 65, 44, 55으로, 다학문분야로부터 IOM 31, 27, 44, 49로 지식흐름 발생량이 높았다. IOM 27의 경우 화학(다학문), 유기화학, 고분자, 의화학, 다학문분야로부터 지식흐름이 높게 발생했다. IOM 31의 경우 생화학 및 분자생물학, 다학문분야, 바이오기술 및 응용미생물학, 의화학으로부터, IOM 44, 49, 65, 55의 경우 전기전자공학과 응용물리학으로부터 지식흐름이 높게 발생했다. IOM 65의 경우 전기화학분야로부터 지식흐름이 두드러지게 발생했다(그림 13).



<그림 14> 과학-기술-산업간 지식흐름 (Science → technology → ISIC SOU)
상위 20개만 선택

산업 SOU으로 지식흐름이 많이 발생한 과학영역은 전기전자공학, 응용물리학, 다학문분야, 화학 분야였으며, 과학으로부터 지식흐름이 많이 발생한 산업 SOU 영역은 117, 31, 44, 122, 49이었다. 전기전자공학분야로부터 SOU 44, 49, 122, 45으로, 응용물리학분야로부터 SOU 49, 122, 44으로, 다학문분야로부터 SOU 117, 31로 지식흐름 발생량이 높았다. SOU 117의 경우 다학문분야, 생화학 및 분자생물학, 의화학으로부터 지식흐름이 높게 발생했다. SOU 31의 경우 다학문분야, 생화학 및 분자생물학, 화학(다학문), 유기화학, 의화학으로부터, SOU 44, 122, 49의 경우 전기전자공학과 응용물리학으로부터 지식흐름이 집중적이면서 높게 발생했다(그림 14).

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 계량적인 측면에서 한국인이 출원한 미국특허의 인용정보를 이용하여 과학-기술-산업에 대한 지식흐름을 측정하였다. 지금까지 과학, 기술, 산업 간의 관계를 규명하기 위한 연구는 과학과 기술 측면, 기술과 산업 측면에서 주로 연구되었고, 과학-산업측면에 대한 연구는 미진한 상황이다. 본 연구는 특허 인용정보를 이용하여 과학-기술, 기술-산업에 대한 지식흐름을 계량적으로 측정하고 네트워크 링크 가중치 계산 방법인 오버레이 함수를 적용하여 과학-산업에 대한 지식흐름을 측정하는 방법을 제시하였다. 향후 지식흐름을 측정하기 위해 시간 소모적인 데이터 정비작업을 줄이기 위한 노력으로 특허에 인용된 과학문헌 데이터베이스 구축 및 우리나라 실정에 맞는 기술-산업간 매핑 소프트웨어 개발에 대한 연구가 진행되어야 한다.

참고문헌

- 노경란. “특허분석을 통한 과학기술자의 과학논문 인용행태에 관한 연구”, 연세대학교 박사학위 논문. 2006.
- 박규호. 지식흐름의 지리적 국지화. Science Times 2005년 1월 10일자.
- 박현우, 박선영. “과학-기술-산업 지식연계에 관한 탐색적 연구”, 한국기술혁신학회 2006년도 춘

- 계학술대회, pp.291-305.
- 박현우. “과학기술·산업 지식흐름과 기술혁신 확산”, 한국과학기술정보연구원 정보분석센터 소
과제 중간발표 자료. 2006.
- 이원영, 박용태, 윤병운 등. “특허 데이터베이스를 활용한 기술-산업간 연계구조 분석과 한국
기업의 특허전략 평가”, 서울 : STEPI. 2004.
- 조황희, 박수동. “과학기술의 자본화 : 과학기반산업의 혁신”, 서울 : STEPI. 2000.
- 한유진. “산업수준에서의 지식스톡과 흐름의 측정과 해석 : 한국의 전통산업과 신흥산업을 중심
으로”, 서울대학교 공학박사학위논문, 2006.
- Johnson, D.K.N., “The OECD Technology Concordance (OTC) : Patents by Industry of Manufacture
and Sector of Use”, OECD STI Working Papers 2002/5.
- Morris, S.A., “Unified mathematical treatment of complex cascaded bipartite networks : The case of
collections of journal papers”, Ph.D. Thesis of Oklahoma State University. 2005.

부록 1. 캐나다 산업분류 코드

code	Content
27	Veterinary Services
92	Other food Products Industries nec
106	Other Plastic Products Industries
177	Platemaking
200	Custom Coating of Metal Products
222	Other Machinery & Equipment
224	Motor Vehicle Industry
247	Record Players
248	Telecommunication Equipment
249	Electronic Parts & Components
250	Other Electronic Equipment
251	Electronic Computers & Peripheral Equipment
256	Other Electrical Industrial Equipment
260	Other Electrical Products nec
280	Industrial Inorganic Chemical nec
281	Industrial Organic Chemical nec
284	Other Agricultural Chemical
285	Plastic & Synthetic Resin Industry
286	Pharmaceutical & Medicine
289	Toilet Preparation Industry
292	Other Chemical Products
293	Indicating & Recording Instruments
294	Other Instruments & Related Products
306	Other Manufactured Products Inds
629	Other Scientific & Technical Services
715	General Hospitals
747	Offices of Physicians
749	Offices of Dentists
763	Medical Laboratories
853	Other Services nec

부록 2. OECD 산업분류 코드

code	Content
2	Agriculture, hunting and related service activities
16	Manufacturing
17	Manufacture of food products and beverages
19	Manufacture of textiles
22	Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture; manufacture of articles of straw and plaiting materials
23	Manufacture of paper and paper products
24	Publishing, printing and reproduction of recorded media
25	Manufacture of coke, refined petroleum products and nuclear fuel
27	Manufacture of basic chemicals
29	Manufacture of pesticides and other agrochemical products
30	Manufacture of paints, varnishes and similar coatings, printing ink and mastics
31	Manufacture of pharmaceuticals, medicinal chemicals and botanical products
32	Manufacture of soap and detergents, cleaning and polishing preparations, perfumes and toilet preparations
33	Manufacture of other chemical products n.e.c.
35	Manufacture of rubber and plastics products
36	Manufacture of other nonmetallic mineral products
38	Manufacture of basic iron and steel
39	Manufacture of basic precious and nonferrous metals
43	Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment
44	Manufacture of machinery and equipment n.e.c.
45	Manufacture of office, accounting and computing machinery
47	Manufacture of insulated wire and cable
49	Manufacture of electronic valves and tubes and other electronic components
50	Manufacture of television and radio transmitters and apparatus for line telephony and line telegraphy
51	Manufacture of television and radio receivers, sound or video recording or reproducing apparatus, and associated goods
55	Manufacture of instruments and appliances for measuring, checking, testing, navigating and other purposes, except industrial process control equipment
57	Manufacture of optical instruments and photographic equipment
59	Manufacture of motor vehicles, trailers and semitrailers
63	Manufacture of aircraft and spacecraft
65	Manufacture of furniture; manufacturing n.e.c.