

# 특허 인용 네트워크 분석을 활용한 국가연구개발사업 특허의 평가 방안\*

임홍래\*\*

## <목 차>

- I. 서론
- II. 이론적 논의와 선행연구의 검토
- III. 분석에 이용된 자료와 분석 모형
- IV. 분석 결과
- V. 결론

**국문초록** : 본 연구는 특허 인용 정보를 활용하여 국가연구개발사업의 특허를 평가할 수 있는 새로운 방법을 제시하였다. 이를 위해 가장 대표적으로 특허의 가치나 질을 나타내는 특허의 전방인용 수(피인용 수)를 활용하고, 특허 인용 네트워크에서 개별 특허가 얼마나 중요한 역할을 하고 있는지를 나타내는 네트워크의 중심성 지수를 활용하여 국가연구개발사업의 특허와 민간부문의 특허를 비교하였다. 분석 결과 국가연구개발사업의 특허는 특허의 특성과 출원인의 특성, 기술분야의 특성, 연도 효과를 통제하고도 전방인용 수, 연결중심성, 매개중심성, 페이지 랭크 모두 높은 것으로 나타났다. 즉, 국가연구개발사업의 특허는 민간부문의 특허에 비해 후행기술에 직접 더 많은 영향을 주며, 선행기술과 후행기술을 직접 연결한다. 또한 국가연구개발사업의 특허는 민간부문의 특허에 비해 기술의 효율적인 발전에 기여하며, 중요한 기술들을 연결하는 것으로 나타났다.

**주제어** : 국가연구개발사업, 평가, 특허의 질, 특허 인용, 네트워크 분석, 중심성 지수

\* 유익한 논평으로 논문의 발전에 도움을 주신 심사자들에게 감사드립니다. 본 연구에 남아있을 수 있는 오류는 전적으로 저자의 책임입니다.

\*\* 충남대학교 국가정책연구소 연구교수 (isitso7@gmail.com)

---

---

# New Evaluation Method of Patents by National R&D Program with Patent Citation Network Analysis

Hongrae Lim

---

---

**Abstract :** This study presents a new method to evaluate patents by public R&D program using patent citation network analysis. I used forward citation, degree centrality, betweenness centrality and page rank as the dependent variables which represents the quality of patents. I used primary independent variable as a dummy of public R&D program and controlled patents characteristics, applicant characteristics, technological characteristics and year effect. The empirical result shows that the patents of public R&D program is superior to other patents in regard to the number of forward citation, the degree centrality, the betweenness centrality and the page rank. This empirical result implies that patents of public R&D program directly and effectively connects technologies. Also patents from public R&D program connects important technologies.

Key Words : R&D evaluation, patent quality, citation, network analysis

# I. 서론

국가연구개발사업의 기획이나 관리, 수행 모두 쉬운 일은 아니지만, 국가연구개발사업의 평가는 가장 어려운 문제이다. 특히 논문과 특허의 질을 평가하는 것은 가장 어려운 문제 중의 하나로 남아 있다. 지금까지 논문의 질을 평가하기 위하여 다양한 지표들(SCI(E) Impact Factor, 피인용 수, mnrIF, mR2nIF 등)이 제시되었고 특허의 질을 평가하기 위해 피인용 건수, 삼극특허, 패밀리특허, SMART 등의 지표들이 제시되었다(한국과학기술기획평가원, 2017). 하지만 아직 하나의 지표를 활용하여 국가연구개발사업의 논문이나 특허를 평가할 방법은 제시되지 못하고 있다.

이와 같은 문제의식 하에서 본 연구는 네트워크 분석의 중심성 지수에 주목하였다. 네트워크 분석은 사회적 관계를 구조화하고, 그 관계의 패턴을 설명하고자 하는 것이다. 특히 네트워크는 밀도나 중심성 지표(Centrality Measure)를 이용하여 그 특성을 나타낼 수 있는데, 중심성 지표는 네트워크의 구성 요소가 네트워크에서 얼마나 중요한 역할을 차지하고 있는지를 나타낸다(Freeman, 2004). 따라서 특허 인용에 네트워크 분석을 적용하면 개별 특허가 기술의 발전과정에서 중요한 역할을 하고 있는지를 중심성 지수를 활용하여 나타낼 수 있다.

본 논문은 네트워크 분석을 활용하여 국가연구개발사업의 대표적인 성과인 특허가 민간부문의 특허에 비해 기술의 발전에 기여하는지를 실증분석 하고자 한다. 구체적으로 특허의 전방인용 수(피인용 수)와 특허 인용 네트워크에서 개별 특허가 얼마나 중요한 역할을 하고 있는지를 나타내는 네트워크의 중심성 지수<sup>1)</sup>를 활용하여 국가연구개발사업의 특허와 민간부문의 특허를 비교해보고자 한다. 본 연구는 국가연구개발사업을 네트워크의 중심성 지수라는 새로운 평가지표를 적용하여 실증적으로 분석해보는 연구라는 점에 의의가 있다. 또한 국가연구개발사업의 특허가 민간부문의 특허에 비해 질이 낮다(한국과학기술기획평가원, 2018)는 결과에 대해 다른 접근방법을 적용하여 실증분석 결과를 제시한다는 점에 의의가 있다. 본 연구의 결과는 논문의 인용 정보를 활용하여 논문의 질을 평가하는 방법으로도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

---

1) 특허 인용 정보를 활용한 네트워크의 중심성 지수는 특허의 인용 수와 피인용 수만을 이용하는 것을 넘어 특허 인용이라는 지식(기술)의 네트워크에서 각 특허가 차지하고 있는 중요성의 정도를 매개 정도나 중요한 지식(기술)과 연결되어 있는지를 네트워크 분석을 활용하여 측정하는 것이다. 자세한 내용은 분석방법에서 설명하였다.

## II. 이론적 논의와 선행연구의 검토

### 1. 네트워크 분석

Freeman(2004)은 네트워크 이론의 발전과정을 정리하면서 사회과학에서 사회적 행위자들 간의 상호작용을 연구하는 것을 사회네트워크 분석(SNA: Social Network Analysis)으로 정의하였다. 네트워크 분석은 사회적 관계를 구조화하고, 그 관계의 패턴을 설명하고자 하는 것이다. 네트워크는 네트워크를 구성하는 노드(node, vertex)와 그 노드들의 연결관계인 에지(edge)로 구성된다. 네트워크 분석에서 네트워크는 네트워크의 특성을 나타내는 밀도<sup>2)</sup>나 중심성 지표(Centrality Measure)를 이용하여 그 특성을 나타낼 수 있는데, 중심성 지표는 네트워크의 구성 요소가 네트워크에서 얼마나 중요한 역할을 차지하고 있는지를 나타낸다(Freeman, 2004). Freeman(1979)은 각 노드의 중심성을 측정하는 3개의 중심성 지표로 연결중심성(Degree Centrality), 근접중심성(Closeness Centrality)<sup>3)</sup>, 매개중심성(Betweenness Centrality)을 제시하였다. 이 외에도 최근에는 고유벡터 중심성(Eigenvector Centrality)이나 허브스코어(Hub Score), 페이지 랭크(Page Rank) 등도 네트워크의 특성을 분석하는 것에 활용되고 있다(Borgatti, 2005).

#### 1.1 연결중심성과 근접중심성

한 노드의 연결중심성은 그 노드와 직접 연결된 노드의 수 즉, 그 노드의 에지의 수를 의미한다(Freeman, 1979). 연결중심성은 노드가 얼마나 많은 관계를 맺고 있는지를 측정한다. 근접중심성은 한 노드가 다른 노드들과 얼마나 가까운 관계를 맺고 있는지를 측정하기 위한 것으로, 다른 모든 노드들과의 거리 합의 역수로 측정된다.

#### 1.2 매개중심성

어떤 노드의 매개중심성(betweenness centrality)은 다른 노드가 최단거리(shortest path)로 또 다른 노드에 도달하기 위해 거쳐야 하는 노드의 횟수(share of times)를 의미한다(Freeman, 1979). 간단하게 표현하면 한 노드의 매개중심성은 그 노드를 지나는 최

2) 밀도(density)는 네트워크 내의 행위자들 간의 연결된 정도를 의미한다.

3) 근접중심성은 본 연구의 대상과 같이 밀도가 낮고 네트워크의 연결이 되지 않은 부분이 존재하는 경우 적합하지 않은 지표이다. 따라서 본 연구에서는 근접중심성은 분석에서 제외하였다.

단거리 경로의 비율을 의미한다. 따라서 매개중심성은 다른 노드들이 그 노드를 거쳐야 하는 정도(volume of traffic)를 측정하기 위해 활용된다(Borgatti, 2005).

$$CB(v) = \sum_{s \neq t \neq v \in V} \frac{\sigma(s,t|v)}{\sigma(s,t)}$$

위 식에서  $\sigma(s,t|v)$ 는 s와 t를 연결하는 최단거리 경로 중 노드 v를 지나는 경로의 수를 의미하며,  $\sigma(s,t)$ 는 s와 t를 연결하는 최단거리 경로의 수를 의미한다(Kolaczyk Gábor Csárdi, 2014).

### 1.3 고유벡터중심성과 페이지 랭크

연결중심성이 한 노드의 직접적인 영향을 측정하는 반면, 고유벡터중심성(eigenvector centrality, eigencentality)<sup>4)</sup>은 한 노드의 직접적인 영향과 간접적인 영향을 함께 측정한다는 차이가 있다(Borgatti, 2005). 허브스코어(Hub & Authority score)는 Kleinberg가 1999년에 하이퍼링크로 연결된 네트워크에 순위를 부여하기 위해 제안한 이후 네트워크 분석에 활용되고 있다. 페이지 랭크(page rank)는 고유벡터 중심성을 변형하여 적용한 것으로, 구글(Google)의 창립자인 Brin과 Page가 1998년에 웹페이지의 중요도를 평가하는 방법을 제안한 이후 활용되는 지표이다. 페이지 랭크는 영향력 있는 페이지가 연결될 수록 해당 페이지의 페이지 랭크가 올라간다는 알고리즘에 기반한 것이다(Brin and Page, 2012). 페이지 랭크는 기본적으로 다음 수식으로 정의된다.

$$PR(v) = c \sum_{u \in B(v)} PR(u)/l(u)$$

위 식에서 c는 정규화 요소(normalization factor)  $B(v)$ 는 V가 연결된 노드,  $PR(u)$ 는 연결된 노드의 페이지 랭크를 의미하며,  $l(u)$ 는 연결비율을 의미한다. 페이지 랭크에서 주목할 점은 한 노드의 페이지 랭크가 그 노드에 연결된 다른 노드의 페이지 랭크에 영향을 받는다는 점이다.

4) 고유벡터중심성은 네트워크의 인접행렬의 고유벡터를 이용하여 측정한다. 즉,  $\lambda v = Av$ 에서 인접행렬이 A, 고유값(eigenvalue)이  $\lambda$ , 고유벡터는 v인 경우를 의미한다.

## 2. 선행연구의 검토

특허 인용은 기술의 가치에 대한 지표(Trajtenberg, 2006)로 활용되기도 하지만 지식의 흐름을 나타내거나 기술의 중요성을 보여주는 지표이기도 하다(Mina et al., 2007; Choe et al., 2013; 이민정 등, 2016; Park et al., 2018). 특허 인용 자료를 활용하여 네트워크 분석을 적용한 연구는 대부분 미국특허청(USPTO)의 자료를 활용하였다. 특허 인용에 네트워크 분석을 적용한 연구는 대부분 미국특허청(USPTO)의 특허 중 세부 기술 분야를 대상으로 네트워크 분석을 적용하여 해당 네트워크의 중심성 지표를 적용하여 기술분야에서 중요한 역할을 하는 특허를 제시하고 있다(Mina et al., 2007; Chang et al., 2009; Fontana et al., 2009; Wang et al., 2017; Park et al., 2018). 이 외에도 특허 인용 정보를 바탕으로 기술분류 간의 인용 관계를 분석하거나 출원인이나 기관, 국가 간의 인용 관계로 활용한 연구도 있다(Verspagen, 2007; Park et al., 2009; Choe et al., 2013; 이민정 등, 2016; Kim et al., 2016). 한국의 특허 인용 자료를 활용한 연구는 최병철 등(2015)이 유일한다<sup>5)</sup>, 특허 인용 정보를 활용하여 특허의 기술분류 간의 인용 관계와 출원인 간의 인용 관계로 네트워크를 재구성하여 분석에 활용하였다.

### 2.1 중심성 지수를 활용하여 중요한 기술을 제시한 연구

Mina et al.(2007)은 미국특허청에 등록된 의약 분야의 11,240건의 논문과 5,136건의 특허를 대상으로 네트워크 분석을 적용하여 지식의 발전과정을 제시하였다. 11,240건의 논문은 94,442건의 인용 관계(에지)로 구성되어 있었으며, 5,136건의 특허는 22,095건의 인용 관계로 구성되어 있었다. 저자들은 이를 바탕으로 의학기술 분야의 세부 분류에 따라 지식이 어떻게 전파되어 왔는지를 실증적으로 제시하였다. Fontana et al.(2009)은 1977년부터 2002년까지 미국특허청에 등록된 통신기술(data communication standards)에 네트워크 분석을 적용하여 기술의 발전과정(technological trajectories)을 제시하였다.

Park et al.(2009)은 1985년부터 2004년까지 미국특허청에 등록된 특허를 대상으로 산업유형(industrial clusters)을 구분하고 네트워크 분석을 적용하였다. 저자들은 미국특허청에 등록된 특허 중 출원인의 국적이 한국인 특허를 추출하여 해당 특허를 산업유형

---

5) 한국의 특허 인용 자료는 2014년 10월부터 활용이 가능했기 때문에 2014년 이전에는 한국의 특허 인용 자료를 활용한 연구가 없다. 2014년 이후에도 한국의 특허 인용 자료를 활용한 연구는 거의 없다.

(SIC)에 따라 분류하였다. 분류된 산업유형을 이용하여 군집분석(clustering analysis)을 실시한 결과 6개의 산업분류가 도출되었으며, 저자들은 6개의 산업분류 간의 특허 인용 관계를 네트워크 모형으로 제시하였다. 이민정 등(2016)은 1985년부터 2012년 사이에 미국 특허청(USPTO)에 등록된 약 400만 건의 특허 간의 인용 자료를 이용하여 기술군 간 인용(edge)을 네트워크를 구성하고 중요한 역할을 하는 기술군을 파악하기 위해 페이지 랭크(Page rank)와 중심도 지수(centrality)를 이용하였다. Kim et al.(2016)은 1995년부터 2014년까지 미국특허청에 등록된 10,826건의 무인항공기(UAV) 관련 특허를 대상으로 네트워크 분석을 적용하였다. 네트워크를 구성하는 분석단위는 기술분류(IPC)와 출원인(회사와 기관)을 이용하였는데, 무인항공기 분야는 25종류의 기술분류로 구성되어 있고 13개의 회사나 기관이 출원인이었다. 저자들은 시기별로 네트워크가 어떻게 달라졌는지를 비교하고, 기술의 확산(spillover)을 제시하면서, 연결중심성(degree centrality)을 적용하여 무인항공기 분야에서 핵심적인 위치를 차지하는 기술분류를 제시하였다.

## 2.2 중심성 지수를 활용하여 중요한 행위자를 제시한 연구

Verspagen(2007)은 1998년부터 2002년까지 미국특허청에 등록된 연료전지(fuel cell) 분야의 3,371건의 특허를 대상으로 네트워크 분석을 적용하여 해당 기술의 발전과정을 제시하였다. 3,371건의 특허는 15,506건의 특허 인용 네트워크로 구성되어 있었으며 저자들은 이를 출원인 간 인용으로 네트워크 분석을 적용하고 연료전지 분야에서 중심적인 역할을 한 주체를 제시하였다. Wang et al.(2017)은 미국특허청에 등록된 반도체산업(semiconductor industry)을 대상으로 네트워크 분석을 적용하였다. 저자들은 연구개발 협력(R&D cooperation)은 강한 연결(strong ties)로, 특허 인용 관계는 약한 연결(weak ties)로 정의하였다. 1976년부터 2011년까지 미국특허청에 등록된 특허 자료와 연구개발 협력 자료를 바탕으로 네트워크 분석을 적용하고, 이를 바탕으로 반도체산업의 연구개발 협력과 특허 인용 네트워크에서 중요한 역할을 하는 회사를 제시하였다. Choe et al.(2013)은 유기태양광전지(organic photovoltaic cell) 분야의 특허 172건의 특허 인용 정보를 활용하여 네트워크모형을 적용하였다. 저자들은 특허 인용정보를 바탕으로 유기태양광전지 분야에서 국가 간 특허 인용 네트워크 모형, 기관 간 특허 인용 네트워크 모형, 기술분야 간 특허 인용 네트워크 모형을 구축하고 각 모형에 네트워크 중심성 지표를 적용하여 중요한 역할을 하는 국가, 기관, 기술분야를 도출하였다.

최병철 등(2015)은 2006년부터 2013년까지 한국특허청에 출원된 특허를 대상으로 네

트위크 분석을 적용하였다. 저자들은 특허 인용 자료를 바탕으로 출원인과 기술분류(IPC)를 대상으로 네트워크를 구성하였다<sup>6)</sup>. 출원인 간의 인용관계는 132,204개의 노드와 553,508개의 에지로 구성되어 있었으며, 기술분류 간 인용관계는 129개의 노드와 7,921개의 에지로 구성되어 있었다. 저자들은 정보통신기술의 역할을 중심으로 네트워크를 해석하였는데, 기술 간 특허 인용의 경우 정보통신기술이 중요한 역할을 하는 것으로 나타났으며, 출원인 간 특허 인용의 경우 국내 법인의 특허는 다른 유형의 출원인에 의해 인용되며 특히 국내 개인에 의해 활발하게 인용되는 특징을 가진 것으로 나타났다.

### 2.3 개별 특허의 중심성 지수를 활용한 연구

Chang et al.(2009)은 미국특허청에 등록된 영업방식(business method)에 관한 특허를 대상으로 네트워크 분석을 적용하였다. 저자들은 1993년부터 2003년까지 미국특허청에 등록된 영업방식에 관한 특허 10,386건의 특허를 대상으로 특허의 직접인용과 특허 인용 네트워크에서 도출한 특허의 간접인용을 동시에 활용하였다. 기초 특허를 후행기술에 의해 다수 인용되고, 다양한 기술분야에 적용되는 기술로 정의하고, 기초특허 161건을 도출하였다. 이후 기초특허로 도출된 161건의 특허를 이용하여 기초특허 간의 인용 관계를 도출하고 위계적 군집분석(hierarchical cluster analysis)를 이용하여 기본특허를 8개의 집단으로 분류하고 기술의 전파과정(technology diffusion)을 제시하였다. 저자들은 이를 근거로 영업분야 방식의 특허는 크게 전자상거래(e-commerce)에 필요한 영업방식에 관한 기술과 보안(data security) 두 가지로 전개되었다고 주장하였다. Park et al.(2018)은 미국특허청에 출원된 건축정보모델링(building information modeling)분야의 특허를 대상으로 네트워크 분석을 적용하였다. 저자들은 1998년부터 2006년까지 출원된 건축정보모델링 분야의 특허 113건을 추출하고 이들의 인용정보를 수집하였다. 저자들은 이를 바탕으로 중요한 역할을 하는 특허를 두 가지 측면에서 고찰하였는데, 하나는 네트워크의 중심성(centrality) 지수를 활용한 것이고, 다른 하나는 노드의 연결방식에 따라 중개자 역할을 하는지를 분석하는 것(Brokerage analysis)이었다.

---

6) 특허인용 자료에 기반하여 출원인과 기술분류를 노드로 하는 네트워크를 구성하였으므로, 연구의 분석결과는 네트워크에서 중요한 역할을 차지하는 출원인과 기술분류를 제시하였다. 본 연구는 이와는 달리 개별 특허를 노드로 하여 네트워크를 구성하였으며, 따라서 개별 특허의 중요성을 제시하였다는 차이점이 있다.



### 3. 선행연구의 함의

네트워크 분석은 사회적 관계를 구조화하고, 그 관계의 패턴을 설명하고자 하는 것이며, 네트워크의 중심성 지표는 네트워크의 구성 요소가 네트워크에서 얼마나 중요한 역할을 차지하고 있는지를 나타낸다(Freeman, 2004). 대표적으로 활용되는 중심성 지표는 연결중심성과 근접중심성, 매개중심성, 고유벡터중심성과 페이지 랭크가 있다. 연결중심성이 노드의 영향력을 직접적으로 측정하는 것인 반면, 고유벡터중심성과 페이지 랭크는 간접적인 영향력을 모두 고려하여 측정하고자 하는 차이가 있다.

특허 인용 자료를 활용하여 네트워크 분석을 적용한 기존의 연구는 네트워크의 중심성 지수를 활용하여 특정 기술분야에서 기술의 발전에 중요한 역할을 한 기술이나 출원인, 기술분야를 제시하였다는 점에 의의가 있다. 하지만 대부분의 연구는 미국특허청에 등록된 특허의 인용 자료를 활용한 것이고, 한국특허청에 출원된 자료를 활용한 연구는 최병철 등(2015)이 유일하다. 최병철의 연구는 최초로 한국의 특허 인용 자료를 활용하여 네트워크 분석을 적용하였다는 의의가 있지만, 기술을 네트워크의 분석단위로 하여 정보통신기술의 중요성을 제시하였을 뿐, 개별 특허의 중심성 지수에는 주목하지 않았다.

본 연구는 이러한 사실에 기반하여 특허의 가치(value)나 질(quality)을 나타내는 가장 대표적인 지표(Trajtenberg, 2006)인 특허 인용 정보를 활용하여 국가연구개발사업의 특허를 평가할 수 있는 새로운 방법을 제시하고자 한다. 구체적으로 가장 대표적으로 특허의 가치나 질을 나타내는 특허의 전방인용 수(피인용 수)를 활용하고, 특허 인용 네트워크에서 개별 특허가 얼마나 중요한 역할을 하고 있는지를 나타내는 네트워크의 중심성 지수를 활용하여 국가연구개발사업의 특허와 민간부문의 특허를 비교해보고자 한다. 본 연구는 국가연구개발사업의 특허에 네트워크의 중심성 지표라는 새로운 평가지표를 실증적으로 적용해보는 연구라는 점에 의의가 있다. 또한 국가연구개발사업의 특허가 민간부문의 특허에 비해 질이 낮다(한국과학기술기획평가원, 2018)는 결과에 대해 다른 접근 방법을 적용하여 실증분석 결과를 제시한다는 점에 의의가 있다. 본 연구의 분석방법은 논문의 인용 정보를 활용하여 논문의 질을 평가하는 방법으로도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.<sup>7)</sup>

---

7) 국제저명학술지에 순위를 부여하는 JCR(Journal Citation Report)에서도 학술지의 평가에 IF나 Eigenfactor Score 등을 활용하고 있다. 하지만 아직 학술지를 분석단위로 하여 학술지의 평가 지표를 제시할 뿐 개별 논문에 대하여는 네트워크의 중심성 지수를 활용하고 있지는 않다.

### Ⅲ. 분석에 이용된 자료와 분석 모형

#### 1. 분석에 이용된 자료

분석에 이용된 자료는 2006년부터 2013년까지 한국특허청에 출원된 특허 자료이다. 동 자료는 특허의 출원번호와 출원일자, 청구항 수, 최종처분 내용 등 서지정보와 특허의 기술분류 정보, 특허출원인 정보, 특허패밀리 정보, 특허 인용 정보로 구성된다. 서지정보와 특허의 기술분류 정보, 특허출원인 정보, 특허패밀리 정보를 출원번호를 이용하여 1,028,614건의 특허에 대한 기본적인 정보에 관한 자료를 구축하였다. 분석 대상 기간을 2006년에 출원된 특허부터 설정한 이유는 국가연구개발사업의 성과로 출원된 특허를 구분할 수 있는 자료가 2006년부터 구축되어 있기 때문이다. 2013년 이후에 출원된 특허를 분석 대상에 포함하지 않은 이유는 특허 인용에 상당한 시간이 소요되기 때문에 인용되는데 5년의 기간을 고려하였기 때문이다<sup>8)</sup>. 본 연구의 분석 대상 자료는 2006년부터 2013년까지 출원된 특허 자료이나, 자료는 2018년 12월 기준으로 구성된 자료이다. 연구에 활용된 1,028,614건의 특허 중 국가연구개발사업의 성과로 출원된 특허는 120,818건이었다<sup>9)</sup>. 분석에 활용된 특허의 기본적인 특성은 <표 1>과 같다.

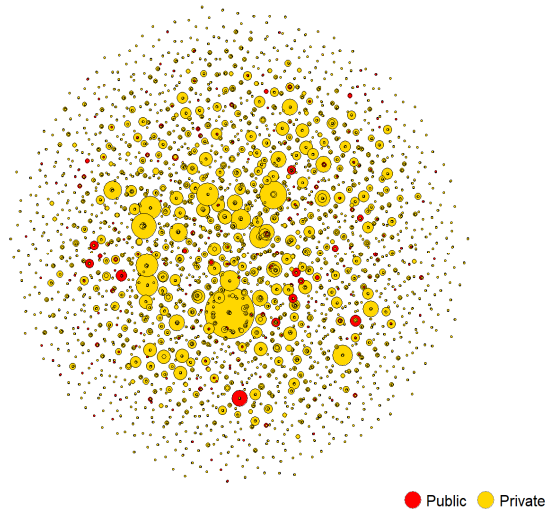
<표 1> 자료의 기술통계 (단위: 수)

	평균	표준편차	최소값	중위수	최대값
청구항 수	8.05	6.65	0	6	369
기술분류 수	2.25	0.97	0	2	11
특허패밀리 수	1.21	3.80	0	0	182
출원인 수	1.12	0.42	1	1	28
후방인용 수	6.02	4.43	0	6	74
전방인용 수	1.12	2.69	0	0	126

- 8) 특허의 전방인용은 시간이 지날수록 증가하므로 최근의 특허는 전방인용 수가 작은 절단(truncation) 문제가 발생한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 Lanjouw and Schankerman (1997)은 출원 후 5년이 지난 특허를 분석대상으로 할 것을 제시하였다. 또한 Hall 등(2001)은 미국특허청에 출원된 특허가 인용되는 것의 60%가 5년 이내에 이루어진다는 것을 보였다. 따라서 본 연구에서도 출원되고 5년이 지난 2013년까지 출원된 특허를 분석 대상으로 선정하였다.
- 9) 전체 특허 중 국가연구개발사업의 성과로 출원된 특허인지 여부는 정부R&D 성과관리시스템(www.rndip.or.kr)의 자료를 활용하였다.

## 2. 자료를 이용한 연구의 네트워크

특허의 인용을 네트워크로 보면 네트워크를 구성하는 노드(node)는 개별 특허이며, 개별 특허의 인용 관계가 에지(edge)가 된다. 즉, 특허 인용 정보를 활용하여 개별 특허를 관측단위로 하는 특허 인용 네트워크 자료를 구축하였다. 2018년 12월 기준으로 2006년부터 2013년까지 특허 인용 정보는 총 3,207,606건이며, 특허 인용 정보 중 2006년부터 2013년까지의 특허 간에 인용된 정보는 1,155,851건이었다. 특허의 서지정보와 연계되지 않는 인용 정보를 제외하면, 2006년부터 2013년까지의 특허 인용 네트워크는 1,028,614개의 노드와 1,155,851개의 에지로 구성되어 있으며, 달리 설명하면 1,028,614건의 특허에 대하여 1,155,851개의 인용 정보로 구성되어 있다. 이 중 중복되는<sup>10)</sup> 에지를 제외하고 1,028,614개의 노드와 662,188개의 에지로 구성된 네트워크를 연구에 이용하였다. 대표적으로 기계공학 분야 특허의 네트워크에서 국가연구개발사업의 특허와 민간부분의 특허를 연결중심성을 노드의 크기로 하여 그림으로 나타내면 다음과 같다<sup>11)</sup>.



<그림 1> 기계공학 분야의 특허인용 네트워크

10) 중복되는 인용이 존재하는 이유는 출원인이 인용한 정보와 심사관이 인용한 정보가 동시에 존재하며, 출원인과 심사관이 중복하여 인용하는 것이 가능하기 때문이다.

11) 일반적으로 네트워크 분석은 많지 않은 수의 노드에 대하여 적용한다. 노드가 너무 많은 경우 네트워크를 그림으로 파악하기가 어렵기 때문이다. 따라서 본 연구의 일부분인 기계공학 분야를 대표적으로 그림으로 제시하였다.

### 3. 분석 모형

특허 인용 정보를 바탕으로 계산된 전방인용 수(피인용 수)와 특허 인용 네트워크 분석을 이용하여 계산한 연결중심성과 매개중심성, 허브스코어, 페이지 랭크 각각을 종속 변수로 하여 국가연구개발사업이 각 종속변수에 미치는 영향을 회귀분석을 통하여 분석하였다<sup>12)</sup>. 각 종속변수의 함의를 간략하게 설명하면 다음과 같다. 첫째, 특허의 전방인용 수가 높다는 것은 해당 특허가 후행 특허에 의해 많이 인용된다는 것이며, 전방인용 수가 크다는 것은 해당 특허가 직접적으로 후행기술의 발달에 기여한다는 것을 의미한다. 둘째, 특허의 연결중심성이 높다는 것은 해당 특허가 인용하거나 인용되는 수가 많다는 것을 의미하는 것으로 특허의 전방인용(forward citation) 수<sup>13)</sup>와 후방인용(backward citation) 수<sup>14)</sup>의 합이 크다는 것을 의미한다. 즉, 연결중심성은 해당 특허가 선행기술과 후행기술을 직접 연결하는 정도를 의미한다. 셋째, 특허 인용 네트워크에서 매개중심성이 높다는 것은 해당 특허가 기술을 최단거리로 연결하는 특허라는 것을 의미하며<sup>15)</sup>, 특허 인용 네트워크에서 선행기술과 후행기술을 효율적으로 연결하는 중개자의 역할을 한다는 것을 의미한다. 넷째, 특허의 페이지 랭크가 높다는 것은 해당 특허가 영향력 있고 네트워크에서 중요한 역할을 하는 특허와 인용관계가 있다는 것을 의미한다<sup>16)</sup>.

독립변수로는 국가연구개발사업의 특허인지 여부를 나타내는 국가연구개발 사업 더미와 특허의 특성, 특허 출원인의 특성, 기술분류를 활용하였다. 국가연구개발사업 더미는 국가연구개발사업의 성과로 출원된 특허는 1로 측정하고, 국가연구개발사업의 성과가 아닌 특허를 민간부문의 특허로 정의하고 0으로 측정하였다. 국가연구개발사업의 성과로 출원된 특허인지 여부에 따라 특허의 전방인용 수와 중심성 지수가 다르다고 하여도 그것이 모두 국가연구개발사업 여부에 따른 차이라고는 할 수 없다. 국가연구개발사업의 특허와 민간부문의 특허가 특허 자체의 특성이나 출원인의 특성, 기술분야의 특성이 달라 특허의 전방인용 수와 중심성 지수가 다를 수 있기 때문에 특허의 특성, 출원인의 특성, 기술분야의 특성을 통제할 필요가 있다. 아직 특허인용 자료를 이용하여 네트

12) 본 연구에서 활용한 네트워크 분석은 R의 igraph 패키지를 활용하였다.

13) 전방인용(forward citation) 수는 특허가 다른 기술의 선행기술로 인용되는 수를 의미하는 것으로 특허의 피인용 수를 의미한다. 전방인용 수는 해당 특허가 다른 특허에 의해 인용되는 수를 이용하여 측정하였다.

14) 후방인용 수는 해당 특허가 선행기술로 인용하고 있는 문헌이나 기술의 수를 의미한다.

15) 상세한 내용은 1.2 매개중심성에서 정리하였다.

16) 상세한 내용은 1.3 고유벡터중심성과 페이지 랭크에서 정리하였다.

워크 분석을 적용하고 네트워크의 중심성 지수를 활용한 연구는 없기 때문에 본 연구는 일반적으로 특허인용과 특허의 질(quality)이나 가치(value)에 관한 연구에서 활용하는 변수인 특허의 특성, 출원인의 특성, 기술분류의 특성 통제하고 연도 더미<sup>17)</sup>를 활용하여 연도의 특성을 추가로 통제하였다.

특허의 특성은 청구항 수와 기술분류 수, 특허패밀리 수를 활용하였다. 청구항이란 발명에 대한 법적 보호 범위를 의미하며, 청구항 수가 많다는 것은 특허로 보호받을 수 있는 권리범위가 넓다는 것을 의미하며, 청구항 수는 특허의 가치와 연관되어 있다(Lanjouw and Schankerman, 1997; 2004). 기술분류란 특허의 기술분야를 국제특허분류(IPC: International Patent Classification)에 따라 각 특허에 부여된 기술분야를 의미한다. 기술분류의 수가 많다는 것은 해당 특허가 다양한 분야의 기술에 적용되는 기술이라는 것이며, 보다 가치 있는 특허라는 것을 의미한다(Lerner, 1994). 기술분류 수는 각 특허에 부여된 기술분류인 IPC 분류의 수를 이용하여 측정하였다. 특허패밀리(Patent Family)란 다른 나라의 특허청에 우선권 기한(priority year) 내에 출원된 동일한 특허를 의미하는 것으로, 특허패밀리 수가 많다는 것은 해당 특허가 다수의 국가에 출원되었다는 것을 의미하며, 보다 가치 있는 특허라는 것을 의미한다(Putnam 1996; Lanjouw et al., 1998; Harhoff et al., 2003; Cramer, 2004). 특허패밀리 수는 각 특허와 연관된 패밀리 특허의 수를 이용하여 측정하였다.

출원인의 특성으로는 출원인의 수와 출원인의 유형을 활용하였다. 출원인의 수는 특허를 출원하며 기재한 공동출원인의 수로 측정하였다. 출원인의 유형에 따라 특허인용에 차이가 있으며(Alcácer et al., 2009) 출원인의 유형은 출원인 유형은 국내 기업, 국가기관, 연구기관, 국내 개인, 외국 기업, 외국 개인이 있으며, 각 유형에 따라 더미변수를 구성하여 활용하였다. Alcácer et al.(2009)은 심사관 인용과 출원인 인용의 영향요인을 분석하면서 기술분류에 따라 특허 인용이 달라짐을 보였다. 본 연구도 기술분류를 통제변수로 포함하였다. 기술분류는 IPC에 따라 분류하였으며, 기술분류섹션 8가지<sup>18)</sup>로 구분하여 더미변수로 활용하였다. 각 연도의 특성은 연도 더미를 활용하여 통제하였다. 이상의 모형을 식으로 나타내면 <식 1>과 같다.

---

17) 연도는 출원연도를 기준으로 하였다.

18) A 섹션 생활필수품, B 섹션 처리조작, C 섹션 화학; 야금, D 섹션 섬유, 지류, E 섹션 고정구조물, F 섹션 기계공학; 조명; 가열; 무기; 폭발, G 섹션 물리학, H 섹션 전기

$$y_i = \alpha_0 + \alpha_1 D_i + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \varepsilon_i \quad \dots \text{<식 1>}$$

$y_i$  : 특허의 전방인용 수 및 네트워크 중심성 지표

$D$  : 국가연구개발사업 여부 (국가연구개발사업=1, 민간=0)

$X_1$  : 특허의 특성(청구항 수, 기술분류 수, 특허패밀리 수)

$X_2$  : 출원인의 특성(출원인 수, 출원인 유형)

$X_3$  : 특허분야 기술의 특성(IPC 기술분류 더미)

$X_4$  : 연도의 특성(연도 더미)

각각의 회귀모형은 4가지로 구성하였는데, 첫 번째 모형은 국가연구개발사업 여부와 특허의 기본적인 특성인 청구항 수와 기술분류 수, 특허패밀리 수를 독립변수로 활용한 것이다. 두 번째 모형은 첫 번째 모형에 출원인의 특성인 출원인 유형과 출원인 수를 추가로 독립변수에 포함한 것이다. 세 번째 모형은 두 번째 모형에 추가로 기술분류 유형을 통제한 것이며, 네 번째 모형은 세 번째 모형에 연도를 통제한 것이다. 각각의 종속변수에 대하여 모두 네 번째 모형이 AIC가 가장 작은 것으로 나타나 가장 적합한 것으로 나타나 네 번째 모형의 결과를 분석 결과로 제시하였다.

## V. 분석 결과

회귀분석 결과는 다음 <표 2>와 같다<sup>19)</sup>. 하나의 특허가 얼마나 많은 후행기술에 인용되고 있는지를 의미하는 전방인용 수를 종속변수로 한 분석 결과 국가연구개발사업의 특허는 민간부문의 특허보다 후행기술에 의해 평균적으로 약 0.04회 더 많이 인용되는 것으로 나타났다. 또한 청구항 수가 많아 권리범위가 넓은 경우 후행기술에 더 많이 인용되는 것으로 나타났다. 반면 넓은 기술분류에 적용되는 기술인 경우와 공동출원인 수가 많은 경우, 다수의 국가에 동시에 출원된 기술인 경우는 후행기술에 인용되는 수에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

특허가 얼마나 많은 선행기술과 후행기술에 연결되는지를 의미하는 연결중심성을 종속변수로 한 회귀분석 결과 국가연구개발사업의 특허는 민간부문의 특허보다 연결중심

19) 고유벡터중심성과 허브스코어는 분석 결과 유의하지 않은 것으로 나타나 모형에서 제외하였다.

성이 0.13 높아 선행기술과 후행기술을 더 많이 연결되는 것으로 나타났다. 청구항 수가 많은 경우와 넓은 기술분류에 적용되는 기술인 경우, 공동출원인 수가 많은 경우 선행기술과 후행기술에 더 많이 연결되는 것으로 나타났다. 반면 다수의 국가에 동시에 출원된 기술인 경우 선행기술과 후행기술에 연결되는 수는 작은 것으로 나타났다.

특허가 얼마나 다른 기술들을 최단거리로 연결하고 있는지를 의미하는 매개중심성을 종속변수로 한 회귀분석 결과 국가연구개발사업의 특허는 민간부문의 특허보다 매개중심성이 약 0.23 더 높은 것으로 나타났다. 즉, 국가연구개발사업 특허의 경우 다른 기술들을 효율적으로 연결하는 특허인 경우가 더 많았다. 청구항 수가 많아 권리범위가 넓은 경우와 넓은 기술분류에 적용되는 기술인 경우, 공동출원인 수가 많은 경우 매개중심성은 높은 것으로 나타났다. 반면 다수의 국가에 동시에 출원된 기술인 경우 매개중심성은 작은 것으로 나타났다.

특허가 다른 중요한 특허와 연결되고 있는지를 의미하는 페이지 랭크를 종속변수로 한 회귀분석 결과 국가연구개발사업의 특허는 민간부문의 특허에 비해 페이지 랭크가 높은 것으로 나타나 보다 중요한 역할을 하는 특허와 연결되는 것으로 나타났다. 기술분류 수가 많거나 공동출원인 수가 많은 경우 페이지 랭크가 높은 것으로 나타났다. 반면 청구항 수가 많아 권리범위가 넓은 경우와 다수의 국가에 동시에 출원된 기술인 경우 페이지 랭크는 작은 것으로 나타났다.

종합하면 국가연구개발사업의 특허는 특허의 특성과 출원인의 특성, 기술분야의 특성, 연도 효과를 통제하고도 전방인용 수가 높아 민간부문의 특허에 비해 더 많이 인용되어 후행기술에 영향을 많이 미치는 것으로 나타났다. 또한 연결중심성이 높아 선행기술과 후행기술을 더 많이 연결하는 것으로 나타나 기술의 발전에 기여하는 것으로 나타났다. 국가연구개발사업의 특허는 매개중심성이 높아 기술을 최단거리로 연결하여 기술의 효율적인 발전에 기여하는 것으로 나타났으며, 페이지 랭크가 높아 더 중요한 기술들을 연결하는 것으로 나타났다. 즉, 국가연구개발사업의 특허는 민간부문의 특허에 비해 특허의 질이 높은 것으로 나타났다.

본 연구에서는 국가연구개발사업의 성과로 창출된 특허는 민간 연구개발사업으로 창출된 특허에 비해 질이 낮다는 일반적인 인식 및 국가연구개발사업 성과분석 결과(한국과학기술기획평가원<sup>20</sup>, 2018)와 상반되는 결과가 도출되었다. 국가연구개발사업의 성과로 창출된 특허가 질이 낮다는 한국과학기술기획평가원의 결과는 권리성(무효심판 기각

20) 이와 같은 결과는 국가연구개발사업의 특허의 질을 평가하면서 특허분석평가시스템(SMART 3)을 활용하여 특허를 AAA부터 C까지 9개의 등급으로 구분하여 평가한 결과이다.

수, 독립항 수, 청구항 거절 수 등)과 기술성(독립항의 길이, 총 피인용 수, IPC 수 등), 활용성(해외패밀리 국가 수, 실시권자 수, 권리자 변동 수 등) 32개 변수를 바탕으로 구조방정식 모형을 활용하여 평가한 결과이다. 자료의 구성과 모형 설정은 타당하지만, 본 연구와 같이 직접적으로 특허의 전방인용 수나 네트워크의 중심성 지수를 활용한 것은 아니라는 한계가 있다. 즉, 국가연구개발사업의 성과로 창출된 특허가 질이 낮다는 한국 과학기술기획평가원의 평가 결과는 모형에 의한 특허 질의 추정치(estimate)를 활용한 것인 반면, 본 연구는 직접 특허의 질을 나타내는 전방인용 수와 네트워크의 중심성 지수를 활용한 것이라는 차이가 있다.

<표 2> 회귀분석 결과

	전방인용 수	연결중심성	매개중심성	페이지 랭크
국가연구개발 더미	0.041*** (0.010)	0.136*** (0.007)	0.236*** (0.036)	0.054*** (0.002)
청구항 수	0.001*** (0.000)	0.005*** (0.000)	0.019*** (0.001)	-0.0003*** (0.000)
기술분류 수	-0.003 (0.003)	0.041*** (0.002)	0.066*** (0.010)	0.010*** (0.001)
특허패밀리 수	0.0001 (0.001)	-0.002*** (0.001)	-0.006** (0.003)	-0.001*** (0.000)
출원인 수	-0.003 (0.006)	0.050*** (0.004)	0.066*** (0.022)	0.013*** (0.001)
출원인 유형	통제	통제	통제	통제
기술분류	통제	통제	통제	통제
연도	통제	통제	통제	통제
관측치 수	1,026,337	1,026,337	1,026,337	1,026,337
AIC	5,917,051	4,061,803	7,478,799	1,434,584
Adjusted R2	0.047	0.021	0.006	0.059
F Statistic	1,937.029***	855.782***	253.499***	439.106***

Note: \*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01



## VI. 결론

본 연구는 특허 인용 정보를 활용하여 국가연구개발사업의 특허를 평가할 수 있는 새로운 방법을 제시하고 이를 실증분석하였다. 이를 위해 가장 대표적으로 특허의 가치나 질을 나타내는 특허의 전방인용 수를 활용하고, 특허 인용 네트워크에서 개별 특허가 얼마나 중요한 역할을 하고 있는지를 나타내는 네트워크의 중심성 지수를 활용하여 국가연구개발사업의 특허와 민간부문의 특허를 비교하였다. 구체적으로는 국가연구개발사업의 특허 여부를 독립변수로 하고 특허의 특성, 출원인의 특성, 기술분야의 특성과 연도의 특성을 통제한 후 특허의 전방인용 수와 연결중심성, 매개중심성, 페이지 랭크 각각을 종속변수로 하여 국가연구개발사업 여부가 각 종속변수에 미치는 영향을 회귀분석을 통하여 분석하였다. 국가연구개발사업의 특허는 특허의 특성과 출원인의 특성, 기술분야의 특성, 연도 효과를 통제하고도 전방인용 수가 높아 민간부문의 특허에 비해 더 많이 인용되어 후행기술에 영향을 많이 미치는 것으로 나타났다. 또한 연결중심성이 높아 선형기술과 후행기술을 더 많이 연결하는 것으로 나타나 기술의 발전에 기여하는 것으로 나타났다. 국가연구개발사업의 특허는 매개중심성이 높아 기술을 최단거리로 연결하여 기술의 효율적인 발전에 기여하는 것으로 나타났으며, 페이지 랭크가 높아 더 중요한 기술들을 연결하는 것으로 나타났다. 국가연구개발사업의 성과로 창출된 특허가 질이 낮다는 한국과학기술기획평가원의 평가 결과는 모형에 의한 특허 질의 추정치를 활용하였지만, 본 연구는 직접 특허의 질을 나타내는 전방인용 수와 네트워크의 중심성 지수를 활용한 것이라는 차이가 있다.

본 연구는 국가연구개발사업에 네트워크의 중심성 지표라는 새로운 평가지표를 실증적으로 분석한 연구라는 점에 의의가 있다. 본 연구의 방법은 특허와 함께 국가연구개발사업의 대표적인 성과지표인 논문의 인용 정보를 구축하여 논문의 질을 평가하는 방법으로도 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 특허 인용에는 긴 시간이 소요되는데 본 연구는 5년이라는 기간을 고려하여 2006년부터 2013년까지의 특허를 분석 대상으로 하였다. 향후 특허 인용에 관한 자료를 추가로 구축하여 연구의 강건성(robustness)을 확보할 필요가 있을 것이다. 또한 한국과학기술기획평가원(2018)과 상반된 결과가 도출되었는데, 이에 대한 깊이 있는 연구가 진행될 필요가 있을 것으로 보인다.

## 참고문헌

### (1) 국내문헌

- 한국과학기술기획평가원 (2018), “2017년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서”
- 한국과학기술기획평가원 (2017), “국가 연구개발 성과에 대한 질적 평가 고도화 기반 연구”
- 이민정 · 김용대 · 장원철 (2016), “Patent citation network analysis”, 『Korean Journal of Applied Statistics』, 제29권 제4호, pp. 613 - 625.
- 최병철 · 백현미 · 김명숙 (2015). “특허 인용 네트워크 분석을 통한 기술지식의 확산 경로 분석 - 정보통신기술을 중심으로”, 『Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship』, 제10권 제1호, pp. 143 - 151.

### (2) 국외문헌

- Alcácer, J., Gittelman, M., and Sampat, B. (2009), “Applicant and examiner citations in U.S. patents: An overview and analysis”, *Research Policy*, Vol. 38, No. 2, pp. 415 - 427.
- Borgatti, S. P. (2005), “Centrality and network flow”, *Social Networks*, Vol. 27, No. 1, pp. 55 - 71.
- Brin, S., and Page, L. (2012), “Reprint of: The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine”, *Computer Networks*, Vol. 56, No. 18, pp. 3825 - 3833.
- Chang, S. Bin, Lai, K. K., and Chang, S. M. (2009), “Exploring technology diffusion and classification of business methods: Using the patent citation network”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 76, No. 1, pp. 107 - 117.
- Choe, H., Lee, D. H., Seo, I. W., and Kim, H. D. (2013), “Patent citation network analysis for the domain of organic photovoltaic cells: Country, institution, and technology field”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 26, pp. 492 - 505.
- Cremers, K. (2004). “Determinants of Patent Litigation in Germany”, *In Centre for European Economic Research Discussion Paper* (No. 04-072). <https://doi.org/10.2139/ssrn.604467>
- Eric D. KolaczykGábor Csárdi. (2014) “Statistical Analysis of Network Data with R”, *Springer*.
- Fontana, R., Nuvolari, A., and Verspagen, B. (2009), “Mapping technological trajectories as patent citation networks. An application to data communication standards”, *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 18, No. 4, pp. 311 - 336.
- Freeman, L. C. (1978), “Centrality in social networks conceptual clarification”, *Social Networks*, Vol. 1, No. 3, pp. 215 - 239.
- Freeman, L. C. (2004), “The development of social network analysis”, *In Empirical Press*.
- Hall, Bronwyn, Jaffe, Adam and Trajtenberg, Manuel. (2001), “The NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools”, *Tel Aviv, Papers*. 8498.

- Harhoff, D., Frederic M. Scherer and Katrin Vopel. (2003), "Citations, family size, opposition and the value of patent rights", *Research Policy*, Vol. 32, No. 8, pp. 1343 - 1363
- Kim, D. H., Lee, B. K., and Sohn, S. Y. (2016), "Quantifying technology-industry spillover effects based on patent citation network analysis of unmanned aerial vehicle (UAV)", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 105, pp. 140 - 157.
- Lanjouw, J. O., and Schankerman, M. (1997), "Stylized Facts of Patent Litigation: Value, Scope and Ownership", *In NBER Working Paper (No. 6297)*.
- Lanjouw, J. O., and Schankerman, M. (2004), "Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators", *The Economic Journal*, Vol. 114, No. 495, pp. 441 - 465
- Lanjouw J. O., Ariel Pakes and Jonathan Putnam. (1998), "How to Count Patents and Value Intellectual Property: The Uses of Patent Renewal and Application Data *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 46, No. 4, pp. 405 - 432
- Mina, A., Ramlogan, R., Tampubolon, G., and Metcalfe, J. S. (2007), "Mapping evolutionary trajectories: Applications to the growth and transformation of medical knowledge", *Research Policy*, Vol. 36, No. 5, pp. 789 - 806.
- Park, J., Lee, H., and Park, Y. (2009), "Disembodied knowledge flows among industrial clusters: A patent analysis of the Korean manufacturing sector", *Technology in Society*, Vol. 31, No. 1, pp. 73 - 84.
- Park, Y. N., Lee, Y. S., Kim, J. J., and Lee, T. S. (2018), "The structure and knowledge flow of building information modeling based on patent citation network analysis", *Automation in Construction*, Vol. 87, pp. 215 - 224.
- Putnam, Jonathan. (1996), "The Value of International Patent Rights", *Ph.D. dissertation*, Yale University.
- Sternitzke, C., Bartkowski, A., and Schramm, R. (2008), "Visualizing patent statistics by means of social network analysis tools", *World Patent Information*, Vol. 30, No. 2, pp. 115 - 131.
- Trajtenberg, M. (2006), "A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations", *The RAND Journal of Economics*, Vol. 21, No. 1, pp. 172-187.
- Verspagen, B. (2007), "Mapping Technological Trajectories As Patent Citation Networks: a Study on the History of Fuel Cell Research", *Advances in Complex Systems*, Vol. 10, No. 01, pp. 93 - 115.
- Wang, C. C., Sung, H. Y., Chen, D. Z., and Huang, M. H. (2017), "Strong ties and weak ties of the knowledge spillover network in the semiconductor industry", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 118, pp. 114 - 127.

□ 투고일: 2019.06.26. / 수정일: 2019.11.27. / 게재확정일: 2019.11.29.