

기술혁신의 특성이 파급효과에 미치는 영향에 대한 분석 : 반도체산업의 실증분석

박영빈
국방기술품질원

Effects of Innovation Characteristics on Spillover: An Empirical Evidence from US Semiconductor Industry

Young-Bin Park

Defense Agency for Technology and Quality

요약 이 논문의 목적은 기술혁신의 특징과 그에 따른 파급효과를 알아보는 것이다. 기존의 기술혁신에 대한 연구에서 기술혁신의 특징을 정의하고 분류하는 연구가 많이 진행되었다. 이런 다양한 기술혁신의 특징들 중에서 기술혁신에 대한 의사결정에 영향을 미치는 위험부담(Risk)과 관계되는 특징들을 이 연구에서 사용하였다. 첫 번째는 산업의 관점에서 본 위험부담에 관계되는 특징으로, 과거에 개발했던 기술혁신과의 연관성을 나타내는 산업기술연관성이다. 두 번째는 기업의 관점에서 본 위험부담에 관계되는 특징으로, 기업의 범위에서 과거에 개발했던 분야의 기술혁신과의 연관성을 나타내는 기업기술연관성이다. 세 번째는 시간의 관점에서 본 위험부담에 관계되는 특징으로, 기술혁신이 개발 당시 얼마나 최근의 연구인지 알려주는 최신성(Recency)이다.

2000년도 미국 반도체 산업의 특허자료(USPTO)로 분석한 결과, 기술혁신의 특징들 중 산업기술연관성과 기업기술연관성이 기술의 파급효과에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 발견하였다. 즉, 산업의 관점과 기업의 관점 모두 위험부담이 적은 기술혁신이 더 큰 파급효과를 가지고, 시간의 관점에서 본 기술혁신의 최신성은 기술의 파급효과에 중요한 요인이 아니라는 것을 알 수 있었다. 즉, 성숙기 시장에서는 기존의 기술혁신을 향상시키는 혁신과 자기기업기술을 많이 이용한 기술혁신이 큰 파급효과를 가진다는 것을 알 수 있었다.

Abstract Technology innovation is regarded as the quintessential process to acquire a competitive advantage. This is especially true in high-tech industries, and firms that recognize the importance of technological innovation concentrate their capacities on developing new technologies, new products, and new processes. In general, such research requires many resources, but not all technological breakthroughs are followed by positive feedbacks. Consequently, the firms in high-tech industries are compelled to find new directions in acquiring technologies. This study examines the factors that influence technological innovation and empirically tests the effect these factors have on its diffusion. Radicality, discontinuity, and exploitation/exploration were selected as the factors from the previous literature on technological innovation and organizational learning. For the empirical test, patent data from the US semiconductor industry were used to describe innovation activities from various fields. From the result, these three factors (Ed- is this what you mean, i.e., radicality, discontinuity, and exploitation/exploration?) were found to have significant meaning as proxies for the diffusion of technological innovation.

Keywords : Diffusion effect, Discontinuity, Exploitation, Exploration, Patent, Radical, Technology innovation

*Corresponding Author : Young-Bin Park(DTaQ)

Tel: +82-55-751-5523 email: youngbinth@dtaq.re.kr

Received March 3, 2017

Revised (1st April 17, 2017, 2nd May 12, 2017)

Accepted June 9, 2017

Published June 30, 2017

1. 서론

1.1 연구의 목적

R&D 활동을 통한 기술혁신은 기업의 차별화된 경쟁력과 지속 가능한 성장을 이루기 위한 핵심요소로 여겨져 왔었다. 그렇기 때문에 오래 전부터 지금까지 기술혁신에 대한 많은 연구가 진행되어왔다.

특히는 기술혁신활동에 관련한 연구를 수행할 수 있는 유일한 자료로 받아들여지고 있고, 모든 분야의 혁신활동을 명확하게 설명할 수 있으며, 장기간 동안 축적되어 있는 특성을 가진다[1]. 또 오랫동안 기술혁신과 기술변화에 대한 연구분야에서 유용한 자료로 인식되고 있다[2]. 따라서 특허자료를 이용한 기술혁신에 관한 연구가 많이 이루어져왔다[1,3-10]. 기술혁신에 관한 연구는 주로 기술혁신을 시행하는 집단 즉, 국가, 산업, 기업의 범위로 해석해왔다. 기술혁신의 성과는 해당 집단의 특허발행 수로 나타냈다. 하지만 단순 특허 발행 수는 혁신활동의 결과(output)보다는 투입(input)부분, 특히 R&D 지출에 큰 관련이 있었고[11,12], 다른 가치와의 관계를 보여주지 못하였다.

게다가 단순 특허의 발행 수는 연구의 방향을 확장함에 있어 심각한 한계를 가지고 있다[13]. 그 한계 중 하나는 특허 하나하나의 가치를 평가할 수 없는 점이다.

이렇게 단순 특허의 발행 수의 한계들을 극복하기 위해서 전방특허(Forward citations)의 정보가 특허의 가치를 나타내는 새로운 지표로 사용되었다. Jaffe et al.(2002)[14]과 Harhoff et al.(2003)[15]의 연구에서 설문조사를 통해 조사한 특허의 가치와 전방특허의 수가 양의 관계를 가진다 것을 보여준다. 많은 연구에서 전방특허의 정보가 특허의 가치 또는 기술혁신의 가치로 사용되었으며, 이렇게 측정된 특허의 가치는 다른 가치와의 관계와 관련이 있음을 보여주고 있다. 기업이 출원한 특허의 총 전방특허의 수와 기업의 시장가치와의 관계를 보인 연구[16-18]가 있고, 전방특허의 정보를 이용한 가중 특허의 수가 단순 특허의 수보다 기술혁신의 가치와 더 관련 있는 것을 보인 연구[12] 등이 있다.

이 새로운 지표는 어떤 집단에 대한 기술혁신의 가치뿐만 아니라 특허 하나하나의 가치 즉, 개별 기술혁신의 가치를 나타낼 수 있는 자료이지만 대부분의 연구들은 여전히 국가, 산업, 기업의 범위의 기술혁신의 가치로 사용하고 있다.

기술혁신은 특허자료를 이용한 연구 이외에도 기술혁신의 특징을 정의하고 분류하는 연구도 이루어져왔다[19-26]. 기술혁신에 대한 다양한 특징들이 있지만 본 연구에서는 의사결정에 영향을 미치는 위험부담(Risk)에 영향을 미치는 특징들을 고려할 것이다. 첫 번째는 산업의 관점에서 본 위험부담에 관계되는 특징으로, 과거에 개발했던 기술혁신과의 연관성을 나타내는 산업기술연관성이다. 두 번째는 기업의 관점에서 본 위험부담에 관계되는 특징으로, 기업의 범위에서 과거에 개발했던 분야의 기술혁신과의 연관성을 나타내는 기업기술연관성이다. 세 번째는 시간의 관점에서 본 위험부담에 관계되는 특징으로, 기술혁신이 개발 당시 얼마나 최근의 연구인지 알려주는 최신성(Recency)이다.

특허자료를 이용하여 기술혁신의 특징에 관한 연구를 하기 위해서는 집단범위의 분석이 아닌 개별특허 수준의 분석으로 이루어져야 한다. 따라서 이 연구에서는 특허의 인용자료를 이용하여 기술혁신의 특징에 대한 기술혁신의 파급효과를 분석할 것이다.

본 연구의 의의는 기술혁신의 특징에 대한 파급효과를 분석함으로써 이론에 머물렀던 기술혁신의 특징을 개별특허분석으로 특허의 자료와 접목시키는데 있다. 또 주로 집단의 범위로만 이루어진 특허분석을 특허 하나의 범위로 분석함으로써 특허분석의 다양성을 부여한다. 본 연구를 통해 기업들이 R&D 전략을 세울 때 단순히 매출을 올리기 위한 전략이 아닌 파급효과라는 기술적 가치를 기준으로 의사결정을 할 수 있고, 정부는 산업의 육성을 위한 정책적 지원을 하게 될 때 기술적 가치를 고려한 정책을 세울 수 있을 것이다.

1.2 기술혁신의 특성

1.2.1 기술변화와 기술수명곡선

선행연구에서 연구자들은 종종 기술변화를 점진적 변화(Incremental)와 급진적 변화(Radical)의 두 가지 형태로 분류했다. 점진적 변화는 사람들이 향상된 새로운 기술을 개발하기 위해서 기존에 존재하는 지식이나 기술을 사용하는 것이다[25]. Foster에 따르면, R&D 투자를 X축에 두고, 기술적인 유효성 지표(technical effectiveness indicator)를 Y축에 둔다면 그 관계는 S자 모양의 곡선이 그려진다고 하였다[22]. 이 같은 곡선상의 기술변화를 점진적인 변화라고 하며, 이것은 기술의 '효율성(efficiency)'을 향상시키는 것을 의미한다. 급진적인 변

화는 사람들이 새로운 기술을 개발하기 위해 기존의 지식이나 기술을 이용하지 않는 것이다. 이때 개발된 새로운 기술은 기존의 기술을 대체하게 된다. 이 같은 변화는 Competence-destroying 한 변화라고 불리기도 한다[19]. Foster는 급진적인 변화를 기술적 불연속성(technology discontinuity)라 표현했다[22]. 이 변화는 불연속적인 새로운 S자 곡선을 만들고 이것은 기술의 '효과성(effectiveness)'을 향상시키는 것을 의미한다.

기업이 점진적인 변화 혹은 급진적인 변화를 경험하는 이유에 대해 설명하는 다양한 모델들이 있다. 예를 들면 Schumpeter의 관점[24], Abernathy-Clark의 혁신모델[20], Henderson-Clark 모델[23] 등이 있다. 이 모델들은 혁신이론에 정적인 모델로 분류된다. 반면 신기술의 등장부터 소멸까지의 과정을 나타내는 모델은 동적 모델이라 한다. 이 모델의 예로 Utterback-Abernathy의 동적 모델[21], Tushman-Rosenkopf의 기술수명주기 모델[26], S자 곡선[22] 등이 있다. 이 동적 모델들은 수명주기의 성질을 가지고 이 수명주기는 신흥단계(emerging), 성장단계(growth), 성숙단계(mature), 포화단계(saturation)의 4가지 단계로 나눌 수 있다. 만약 수명주기곡선을 수직좌표에 나타내면 X축은 R&D 투자(시간, 비용, 활동), Y축은 기술의 효과성(속도, 능력, 양)이나 대용지표(특허)로 잡아야 한다. 이 수직좌표 위에 기술수명주기곡선은 S자모양의 커브로 그려진다.

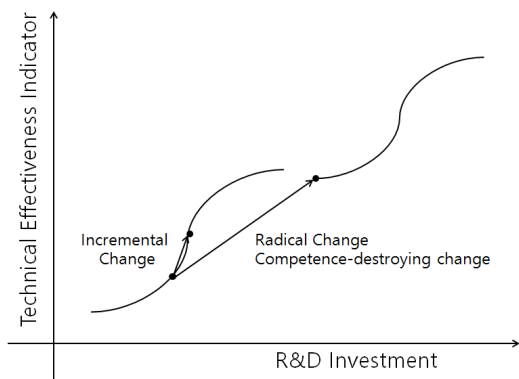


Fig. 1. Incremental/Radical change of technology

이런 기술변화의 특성은 산업기술연관성과 크게 관련이 있다. 산업의 관점에서 과거의 기술과 관련이 있는 기술은 점진적인 기술변화이고, 과거의 기술과 관련이 없는 기술은 급진적인 기술변화라고 할 수 있다.

1.2.2 기술의 최신성

새로운 기술개발에 있어 이전 지식은 매우 중요한 투입요소라는 것은 잘 알려져 있다. 이전의 연구에 따르면 투입된 지식의 특성이 성공적인 혁신의 중요한 요소로 확인되고 있다. 예를 들면 지식의 원천(source)[27], Recombinant uncertainty[28], 융합된 지식의 관련도[29]에 따라 혁신의 결과(output)가 달라진다.

최근 연구[30]에서는 기술에 투입된 지식의 최신성(recency)과 주식 배당금이 양의 관계를 가진다는 것을 보였다. 투입된 지식의 최신성(recency)에 따라 기술의 불확실성(uncertainty), 복잡성(complexity) 등이 차이가 나게 되어 기술혁신을 구분하는 특성이라 할 수 있다.

1.2.3 기업기술연관성

앞에서는 산업의 범위에서 기술연관성과 기업의 범위에서 기술연관성은 큰 차이가 있다. 산업기술연관성은 그 기술에 연관된 모든 기술들을 분석하면 되지만 기업 기술연관성은 그 기술에 관련된 기술들 중에서 같은 기업에서 개발한 기술들만 대상으로 분석을 해야 한다. 즉, 과거 기술들과의 연관성을 알기 위해서는 해당기업이 과거에 어떤 분야의 기술혁신활동을 했는지 알아야 한다.

이 기업기술연관성은 자기인용(Self-citation)과 같은 맥락을 가진다. 자기인용은 논문의 저자가 자신의 예전 논문을 인용하는 것을 말한다. 하지만 이 용어는 다양한 분야와 범위로 사용된다. 예를 들어 같은 저널의 논문을 인용한 경우(journal self-citation), 같은 기관의 논문이나 특허를 인용한 경우(institutional self-citation) 등이 있다[31]. 특허의 인용자료를 이용하는 연구에도 출원인이 같은 특허를 인용하는 경우 자기인용(Self-citation)이라 말한다[2].

인용자료를 다루는 연구분야에서는 자기인용(Self-citation)을 보통인용과 다르게 구분하고 있다. 대표적으로 지식흐름에 대한 연구에서는 자기인용을 내부화된 지식흐름이라 여기고, 보통인용을 순수한 지식흐름이라 여긴다[2].

인용형태에 따라 기술혁신의 특성을 나눌 수 있다. 자기인용이 많은 기술은 기업(출원인)이 기존에 연구하던 기술의 분야와 관련이 많다는 것, 즉, 기업기술연관성이 크다는 것을 뜻하고, March[32]의 이론에 따르면 Exploitation의 개념에 속하게 된다. 반대로 자기인용이 없는 기술은 기업이 기존에 연구한적이 없는 분야를 연

구하는 것, 즉, 기업기술연관성이 작다는 것을 이므로 Exploration의 개념에 속하게 된다.

1.2.4 특허

특허는 기술혁신활동에 관련한 연구를 수행할 수 있는 유일한 자료로 받아들여지고 있고, 모든 분야의 혁신 활동을 명확하게 설명할 수 있으며, 장기간 동안 축적되어 있는 특성을 가진다[1]. 각각의 특허는 발명자, 출원인, 기술분야 등 기술혁신의 자세한 정보를 포함하고 있다[2]. 뿐만 아니라 특허는 인용정보를 포함하고 있는데 이것은 발명가들, 과학자들, 기업들, 지역들 사이의 다양한 연결(linkage)을 추적할 수 있는 가능성을 주며, 각각의 특허의 중요성과 가치의 척도로 사용된다[2].

특허자료는 국가, 산업, 기업의 수준의 경제학적 연구에 쓰였다[11,33,34]. 이 연구들은 공통적으로 기업이나 산업의 특허의 수를 혁신의 지표로 사용하였다. 하지만 단순 특허의 수는 각각의 특허가 가지고 있는 다양성을 무시하기 때문에 심각한 한계성을 가지고 있었다[11]. 하지만 이 한계는 특허자료의 인용정보로 극복하게 되었다. 특허의 인용정보는 기술혁신의 가치와 관련이 있고 [12], 지식흐름의 지표로 사용되었다[35,36].

본 연구에서 사용하는 기술혁신의 특성과 가치의 정보를 특허자료로 모두 나타낼 수 있었다.

2. 본론

2.1 가설도출

2.1.1 산업기술연관성

기술혁신의 파급효과는 현재 산업 내 기업들의 연구 성향에 따라서 달라질 것이다. 만약 산업 내 기업들의 점진적인 기술혁신을 추구하는 성향이면 산업기술연관성이 적은 기술혁신들이 더 많이 인용을 당해 더 큰 파급효과를 가지게 될 것이고, 점진적인 기술혁신을 추구하는 성향이면 산업기술연관성이 큰 기술혁신이 더 큰 파급효과를 가지게 될 것이다.

기술혁신의 특징에서 급진적인 기술혁신은 점진적인 기술혁신보다 성공가능성이 낮고, 개발비용이 많이 필요하며, 복제(imitation)에 대한 위험성이 높다. 그래서 급진적인 기술혁신은 위험부담(risk)이 큰 기술변화이고 점진적인 기술혁신은 위험부담이 작은 기술변화이다

[37].

산업기술연관성이 낮은 기술혁신은 기존의 기술과 관련이 낮아 급진적인 기술혁신에 해당하고, 산업기술연관성이 높은 기술혁신은 기존의 기술과 관련이 높아 점진적인 기술혁신에 해당한다. 따라서 기술혁신의 산업기술연관성이 클수록 위험부담이 작은 기술혁신이고 기술혁신의 산업기술연관성이 작을수록 위험부담이 큰 기술혁신이다.

산업 내에 시장을 지배하고 있는 기업들(incumbents)이 기술혁신을 이끌게 되는데 일반적으로 이들은 위험부담이 적은 점진적인 혁신을 추구한다[38,39].

따라서 산업 내의 연구성향은 위험부담이 적은 점진적인 혁신을 많이 하는 성향이기에 때문에 다음과 같은 가설을 도출할 수 있다.

가설 1: 기술혁신의 산업기술연관성이 높을수록 파급효과가 크다.

2.1.2 최신성

지식의 융합관점에서 최신의 기술들을 인용한 기술혁신은 오래된 기술들을 인용한 기술혁신보다 불확실성이 클 것이다[30]. 따라서 최신의 기술들을 인용한 기술혁신은 오래된 기술들을 인용한 기술혁신보다 같이 성공가능성이 낮고, 개발비용이 많이 필요하며, 복제(imitation)에 대한 위험성이 높다.

앞에서 언급했듯이 산업 내에 시장을 지배하고 있는 기업들(incumbents)이 기술혁신을 이끌게 되는데 일반적으로 이들은 위험부담이 적은 점진적인 혁신을 추구한다[38,39].

따라서 최신성이 낮은 기술혁신이 위험부담이 적어 기업들이 추구하게 되므로 다음과 같은 가설을 도출할 수 있다.

가설 2: 기술혁신의 최신성이 낮을수록 파급효과가 크다.

2.1.3 기업기술연관성

Cohen and Levinthal의 연구[6]에서 기술혁신은 이전의 혁신경험과 조직 내 무형자산으로부터 나오는 학습과 흡수능력에 의해 혁신활동이 결정된다고 보고 있다. Helfat의 연구[46]에서는 혁신활동에 대한 의사결정이

경로의존적이고, 연구개발활동이 기업마다 각각의 역사를 거쳐 만들어진 경쟁력에 의해 영향을 받는다고 하였다. 따라서 과거에 자신들이 개발했던 기술혁신과 관련이 많은 연구(기업기술연관성이 높은 연구)는 그렇지 않은 연구보다 더 기술적으로 전문화 되어있고 경쟁력이 있을 것이다. 이 같은 이유로 해당기업은 물론 다른 기업에서도 이런 기술혁신을 참조하여 연구하는 것을 선호할 것이다.

각 기업의 관점에서 기업기술연관성이 큰 기술혁신을 개발할 때가 기술연관성이 작은 기술혁신보다 기업이 소유하고 있는 지식을 많이 사용하기 때문에 지식습득이 빠르고 불확실성이 줄어들 것이다. 즉, 기업의 관점에서 기업기술연관성이 클수록 위험부담이 적어서 각 기업들은 기업기술연관성이 큰 기술혁신을 선호할 것이다.

따라서 기업기술연관성은 기술혁신의 가치에 긍정적인 영향을 미치므로 다음과 같은 가설을 도출할 수 있다.

가설 3: 기술혁신의 기업기술연관성이 높을수록 파급효과가 크다.

2.2 연구 모형 및 방법론

2.2.1 데이터

본 연구는 미국 반도체 산업을 분석하였다. 미국 반도체 기업은 Osiris에서 미국반도체산업에 등록되어있는 기업을 대상으로 하였고, 이 기업들의 특허데이터는 특허검색 사이트 WIPS를 이용하여 미국특허자료(USPTO)를 사용하였다. 본 연구의 목적변수인 특허의 인용된 횟수(Forward citations)는 특허들의 공개된 기간에 큰 영향을 받기 때문에 2000년도에 등록된 특허들을 대상으로 하였다.

미국의 특허제도는 2001년을 기준으로 공개특허제도가 생겼기 때문에 특허의 출원일이 2001년 이전이면 등록일과 공개일이 같고, 2001년 이후면 특허가 사전공개특허인지 아닌지에 따라서 공개일이 차이가 난다. 만약 사전공개특허이면 출원일에 공개가 되고, 사전공개특허가 아니면 출원일 기준으로 6개월이 지난 날짜에 공개가 된다. 본 연구의 특허데이터는 등록일이 2000년도인 즉, 출원일이 모두 2001년 이전인 특허이기 때문에 모두 2000년도에 등록과 동시에 공개가 되었다고 말할 수 있다.

반도체산업의 특허들은 국제특허분류(IPC)의 B, G,

H section으로 이루어져 있다. B section은 처리조작, G section은 물리학, H section은 전기이다. 각 분야별로 특허관련 지표들을 정규화(Normalize) 하였다.

2000년도 미국반도체 산업에 등록된 특허의 수는 모두 3279개이며 그 중에서 난수표를 이용하여 500개를 무작위 추출하였다.

특허의 출원인(기업)에 대한 재무정보는 Osiris에서 특허정보는 미국특허자료(USPTO)를 사용하였다. 출원인에 대한 재무정보는 각 특허의 출원일자를 기준으로 작성하였다.

2.2.2 방법론

이 연구에서 우리는 기술혁신의 파급효과를 측정하기 위해 전방특허의 수를 사용하였다. 이 전방특허의 수는 음이 아닌 가산자료(non-negative, countable integer value)의 특성을 갖는다. 이 같은 종속변수를 분석할 때는 포아송 회귀모형(Poisson regression)이나 음이항 회귀모형(Negative binomial regression)을 이용한다. 이 종속변수의 평균값과 분산이 같지 않고, 분산이 평균값보다 많이 크기 때문에 과산포문제(over-dispersion problem)가 발생하게 되어 포아송 회귀모형으로 분석을 할 수가 없었다. 따라서 음이항 회귀모형을 이용하여 분석을 수행하였다.

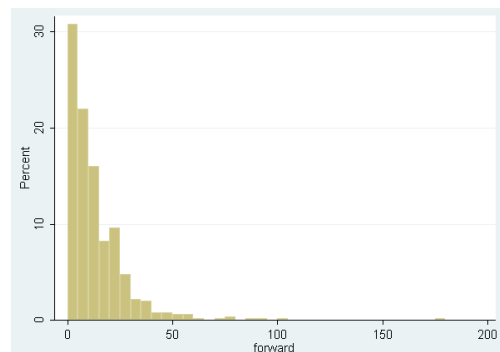


Fig. 2. Distribution of Dependent Variable

2.2.3 종속변수

특허의 인용자료는 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 후방인용특허(Backward citation)로 기준이 되는 특허가 인용한 특허(citing patents)이며, 다른 하나는 전방인용특허(Forward citation)로 기준이 되는 특허를 인용한 특허(cited patents)를 말한다[2].

특허의 인용은 기술혁신들 사이의 관계를 나타내는 자료이다. 그 중 전방특허의 수는 그 특허의 중요도와 가치를 나타낸다[2]. Austin[47]은 미국의 생명공학 기업을 대상으로 실증분석을 하여, 인용분석을 통해 부여한 특허의 가중치와 시장가치가 양의 관계임을 확인하였다. 이외에도 전방특허의 수가 특허, 기술의 중요성을 나타낸다는 연구가 있다[12,14-18].

지식확산(knowledge spillover)에 관한 연구에서도 특허의 인용자료를 기술 확산의 지표로 사용하고 있다 [35,36,48]. 기술평가에 관한 연구에서 기술의 파급효과가 기술의 가치를 결정하는 요소 중 하나로 여기고 있다. 본 연구에서도 전방특허의 수를 더 구체적인 개념인 기술의 파급효과를 나타내는 종속변수로 사용하였다.

2.2.4 독립변수

독립변수는 네 가지가 있다. 기술혁신의 산업기술연관성을 나타내는 후방특허의 수(Backward citations), 기술혁신의 최신성을 나타내는 후방특허와의 시간차(Backward lag), 최대 후방특허시차 그리고 기술혁신의 기업기술연관성을 나타내는 자기특허인용도(Self-citation ratio)이다.

기술혁신의 산업기술연관성은 기존의 기술들과 관계와 관련이 있다. 기술혁신이 불연속적일 때 즉, Competence-destroying한 기술변화이거나 Radical innovation일 때 기존의 기술들과 관계가 없을 것이고, 기술혁신이 연속적일 때 즉, Competence-enhancing한 기술변화이거나 incremental innovation일 때 기존의 기술들과 큰 관련이 있을 것이다.

Radical innovation과 Incremental innovation의 구분은 이산적인 구분이 아니라 연속체의 개념이다[49]. 그렇기 때문에 과거기술들과의 연관성을 나타내는 후방특허의 수를 기술혁신의 산업기술연관성을 나타내는 연속변수로 사용하였다.

독립변수 1: 후방특허의 갯수(Backward_Citations)

기술혁신의 최신성이란 해당 특허가 얼마나 최신의 기술을 인용하는지를 나타내는 척도로서 특허의 인용정보에서 관련 정보를 찾을 수 있다. 기준특허의 출원일과 후방특허의 등록일의 차이가 기준특허가 몇 년 지난 기술을 인용했는지를 나타낸다. 보통 후방특허의 수는 보

통 여러 개이기 때문에 평균값을 사용하고 이것을 Backward lag이라 부른다.

독립변수 2: 후방특허와의 시간차(Backward_Lag)

$$= \frac{\sum(\text{해당특허출원년도} - \text{후방특허등록년도})}{\text{후방특허의 수}}$$

후방특허와의 시간차는 최신기술을 얼마나 인용했는지를 나타내지만 해당 특허의 기술분야가 얼마나 오랫동안 연구된 것인지를 나타내는데 한계가 있다. Fig 3를 보면 Case1이 Case2보다 오랫동안 연구된 분야이지만 후방특허와의 시간차는 Case2가 더 크게 나온다. 이 부분을 보완하기 위해서 최대 후방특허 시간차를 이용하였다.

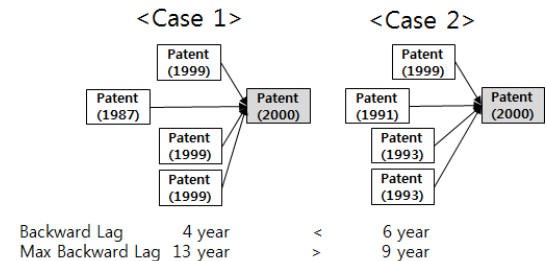


Fig. 3. Difference of Backward lag and Max backward lag

독립변수 3: 최대 후방특허시차(Max_Backward_Lag)

$$= \text{Max}\{\text{해당특허 출원년도} - \text{후방특허 등록년도}\}$$

마지막으로 기술혁신의 기업기술연관성을 나타내는 변수로 자기기술인용도가 있다. 이 변수는 후방특허 중에서 출원인이 같은 특허의 인용수를 나타내는 자기특허 인용수(Self-citations)에 후방특허 인용수를 나눈 자기특허 인용도(Self-citation ratio)를 사용하였다.

독립변수 4: 자기특허인용도(Self-citation_ratio)

$$= \frac{\text{자기특허인용수}}{\text{후방특허의 수}}$$

2.2.5 통제변수

기술혁신의 활동과 기업특성의 관계는 많은 학자들이 연구해왔던 분야이다[7,9,10,50]. 기존 연구들은 기업규모와 인적자원, 자본규모 등을 지표로 사용하여 기술혁

신의 활동과의 관계를 구했다. 뿐만 아니라 연구개발비와 기술혁신의 관계가 양의 관계임을 밝힌 연구[8]와 기업의 특허의 수가 기술혁신의 지표로 사용할 수 있음을 밝히는 많은 연구들이 있다[1,4,5,51].

위의 연구들은 기업의 특성과 기술혁신의 관계를 보인 연구들로 기업의 특성이 기술혁신의 과급효과에 어느 정도 영향을 미친다고 볼 수 있기 때문에 각 특허의 출원일에 해당하는 기업의 특성(총매출, R&D Intensity, 지난 5년 동안의 특허수, 특허생산성)을 통제변수로 사용하였다.

통제변수 중에서 연구개발집중도와 총매출의 Correlation을 낮추기 위해서 총매출에 자연로그를 취하여 사용하였다.

$$\begin{aligned} & \text{연구개발집중도(R\&D_Intensity)} \\ &= \frac{R\&D \text{ 총매출}}{\text{총매출}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{특허생산성(Patents_productivity)} \\ &= \frac{\text{해당년도출원특허수}}{R\&D\text{지출}} \end{aligned}$$

2.3 분석결과

Table 1은 기본 기술통계량을 보여준다. (평균, 표준편차, 최대값, 최소값) 목적변수인 Forward citations을 보면 평균이 13.168이고 표준편차가 15.661이기 때문에 과산포문제(over-dispersion problem)가 발행한다.

Table 1. Descriptive Statistics of Variable

Variable	Obs	Mean	Std.Dev	Min	Max
Forward_Citations	500	13.17	15.66	0	179
Backward_Citations	500	1	1.09	0	11.19
Backward_Lag	500	0.99	0.56	0	3.30
Max_Backward_Lag	500	1	0.70	0	2.55
Self-citation_Ratio	500	1	1.81	0	9.83
R&D_Intensity	500	0.16	0.05	0.06	0.25
Net_Sales	500	8.48	1.25	4.40	10.29
Patents(5yr)	500	2701.02	1338.12	2	4979
Patents_Productivity	500	0.97	0.70	0.003	2.37

Table 2는 기술혁신의 특징이 과급효과에 미치는 영향을 분석한 음이항 회귀분석표이다. 각각의 모델은 R&D_Intensity, Net_Sales, Patent(5years), Patents_Productivity의 통제변수를 포함하고 있다.

Model 1은 통제변수들만 포함된 기본모델이고 Model 2는 기술혁신들의 특징(Backward_Citations, Backward_Lag, Self-citation_Ratio)이 과급효과에 미치는 영향을 분석한 모델이다.

Model 2에서 Backward_citations의 계수가 유의하며 양수이기 때문에 기술혁신의 산업기술연관성이 과급효과에 긍정적 영향을 미친다는 가설 1을 지지한다. Backward_lag와 Max_Backward_Lag의 계수는 유의하지 않기 때문에 기술혁신의 최신성이 과급효과에 긍정적 영향을 미친다는 가설 2를 지지하지 못한다. Self_citation_Ratio의 계수는 유의하며 양수이기 때문에 기술혁신의 기업기술연관성이 과급효과에 긍정적 영향을 미친다는 가설 3을 지지한다.

Model 2에서 Backward_citations의 계수가 유의하며

Table 2. Result of Negative binomial regression

Model	I		II	
	Forward_citations		Forward_citations	
Dep. variable				
Indep. variable	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
Backward_Citations			0.1425524***	0.0413267
Backward_Lag			0.0290965	0.1300038
Max_Backward_Lag			-0.0917827	0.1089831
Self-citation_Ratio			0.0642001***	0.0242954
R&D_Intensity	-0.6769844	1.432355	-0.0849753	1.437774
Net_Sales	-0.1018441	0.0841575	-0.1175176	0.0844265
Patents(5yr)	-0.000028	0.0000645	-0.0000874	0.0000674
Patents_Productivity	-0.1964812**	0.0922577	-0.2484061***	0.751369
No. of obs.	500		500	
Log likelihood	-643.45		-634.29	
Chi-square	14.21***		32.52***	

*p < 0.1. **p < 0.05. ***p < 0.01.

양수이기 때문에 기술혁신의 산업기술연관성이 파급효과에 긍정적 영향을 미친다는 가설 1을 지지한다. *Backward_lag*와 *Max_Backward_Lag*의 계수는 유의하지 않기 때문에 기술혁신의 최신성이 파급효과에 긍정적 영향을 미친다는 가설 2를 지지하지 못한다. *Self_citation_Ratio*의 계수는 유의하며 양수이기 때문에 기술혁신의 기업기술연관성이 파급효과에 긍정적 영향을 미친다는 가설 3을 지지한다.

통계변수 중에 특허생산성이 음의 계수로 유의하게 나타났다. 특허생산성이 떨어질수록 그 해당 기술혁신의 파급효과가 커진다는 뜻이다. 특허생산성이 떨어진다는 것을 다르게 표현하면 특허 하나당 투자비용이 크다는 의미이다. 결국 투자비용이 클수록 기술의 파급효과에 긍정적인 영향을 미친다고 볼 수 있다.

3. 결론

우리는 기술혁신의 특성이 기술혁신의 파급효과에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 기술혁신의 산업기술연관성과 기업기술연관성이 모두 높을수록 파급효과가 크게 나타났다. 이것은 기술혁신의 가치관점에서 산업의 수준, 기업의 수준 모두에서 위험부담이 적은 안전한 기술혁신 전략이 더 파급효과가 좋은 기술혁신을 만들어낸다는 것을 의미한다. 반면 기술혁신의 최신성은 파급효과와 관계가 없는 것으로 나타났다. 그 이유는 우리가 일반적으로 생각하는 오랫동안 이어져온 것은 위험부담이 적다라는 상식이 기술개발분야에서는 적용되지 않는다고 해석된다.

급진적인 기술혁신이 만약 성공을 하게 되면 시장의 판도가 바뀌는 큰 영향력을 발휘하게 된다. 하지만 급진적인 기술혁신은 위험부담이 크다. 즉, 기존의 기술의 성능보다 매우 좋은 성능이나 가능성을 보여주지 못하는 이상 그 급진적인 기술혁신은 실패하게 된다. 따라서 급진적인 기술혁신은 성공확률이 성공했을 때의 파급효과를 상쇄할 만큼 낮다고 해석할 수 있다. 기업의 관점에서도 기업기술연관도가 낮은 기술혁신이 성공했을 때 가지는 파급효과가 크지만 그 성공확률이 그 파급효과를 상쇄시킬 만큼 낮다고 해석할 수 있다.

본 연구는 기술혁신을 이분법(급진적인 기술혁신/점진적인 기술혁신)으로 분리하지 않았다. 과거 기술혁신

과의 관계를 산업기술연관성이란 연속적인 값으로 해석했기 때문에 이분법이 아닌 level의 개념으로 이해해야 한다. 즉, 기술혁신에 대한 전략을 세울 때 기술개발을 할 연구분야가 과거 기술과 어떠한 연관성을 보이는지 그리고 기업의 과거 기술과 어떠한 연관성을 보이는지를 고려해야 한다는 것이다.

분석의 결과에서 통제변수 중 특허생산성과 기술혁신의 파급효과가 음의 관계에 있다는 것을 보였다. 이제까지 특허생산성이란 값이 높을수록 효율적인 R&D활동을 나타내는 지표였지만, 특허나 기술의 가치가 전방특허의 개수를 이용하는 현재의 상황에서 특허생산성도 전방특허의 수를 이용한 지표로 수정되어 사용되면 좀 더 효율적인 R&D활동을 나타내는 지표로 사용될 수 있을 것이다.

본 연구는 그 동안 주로 이루어진 특허의 집단분석이 아닌 특허 하나하나를 분석의 대상으로 여긴 점에 의의가 있다. 특허자료는 주로 집단의 기술혁신활동의 평가나 성과의 의미로 해석되어 집단을 대상으로 많이 쓰여왔다. 하지만 이 연구에서는 특허 하나하나를 각각의 기술혁신활동의 결과로 봄으로써 집단의 기술혁신활동에서 벗어난 프로젝트 단위의 기술혁신활동 단위로 분석을 하였다. 게다가 특허분석에서 자주 사용되는 변수들을 기술혁신의 특징으로 해석하였다. 더 나아가서 특허의 집단분석에서 사용되는 다양한 변수들을 이용하여 기술혁신의 새로운 특징을 정의할 수 있을 것이다.

이 연구의 결과를 일반화 시키는 데에는 몇 가지 한계점이 있다. 우선 본 연구는 반도체 산업 데이터를 기준으로 하였기 때문에 다른 사업에서도 적용이 되는지 알 수 없다. 특히 기존의 기업(*incumbents*)들의 비중이 작은 산업은 고려되지 않았다. 그리고 2000년 단일 년도의 데이터만 사용한 것도 한계점이다.

특허는 기술혁신을 가장 잘 표현해주는 자료이지만, 한계점도 가지고 있다. 이 연구에서는 목적변수인 파급효과가 전방특허의 수로 표현되었기 때문에 특허로 파급된 효과만 고려할 수밖에 없었다. 특허의 기술이 제품이나 공정에 반영되는 파급이 반영이 되지 않았다. 또 기업에서 이루어지는 기술혁신들이 전부 특허로 등록되지 않기 때문에 특허자료를 이용해서 모든 기술혁신을 다루는 데에는 한계가 있다.

향후에는 기술혁신의 특징을 나타내는 특허 데이터들을 더욱 정밀하게 정의할 것이다. 게다가 다양한 산업과

다양한 년도의 특허 데이터를 활용하여 본 연구의 일반화의 한계점을 극복할 것이다.

References

- [1] Giliches, Z., "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey," *Journal of Economic Literature* 28, pp. 1661-1707, 1990.
- [2] Hall, B.H., A.B. Jaffe and M. Trajtenberg, "The NBER patent citation data file: Lessons, insights and methodological tools," NBER Working Papers 8498, National Bureau of Economic Research, Inc, Oct.2001.
- [3] Acs, Z.J. and D.B. Audretsch, "Patents as a measure of innovative activity," *Kylos*, 42, pp. 151-180, 1989.
- [4] Archibugi, D. and M. Pianta, "Measuring technological change through patents and innovation surveys," *Technovation*, 16(9), pp. 451-468, 1996.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(96\)00031-4](https://doi.org/10.1016/0166-4972(96)00031-4)
- [5] Brouwer, E. and A. Kleinknecht, "Innovative Output, and a Firm's Propensity to Patent: An Exploration of CIS Micro Data," *Research Policy*, 28, pp. 615-624, 1989.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00003-7](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00003-7)
- [6] Cohen, W.M. and D.A. Levinthal, "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D," *Economic Journal*, 99, September, pp. 569-596, 1997.
- [7] Galende, J. and J. M. de la Fuente, "Internal Factors Determining a Firm's Innovative Behavior," *Research Policy*, 32, pp. 715-736, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00082-3)
- [8] Kondo, M., "R&D Dynamics of Creating Patents in the Japanese Industry," *Research Policy*, 28, pp. 587-600, 1999.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00129-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00129-2)
- [9] Shefer, D. and A. Frenkel, "R&D, Firm Size and Innovation: An Empirical Analysis," *Technovation*, 25(1), pp. 25-32, 2005.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00152-4](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00152-4)
- [10] Wan, D., C.H. Ong and F. Lee, "Determinants of Firm Innovation in Singapore," *Technovation*, 25(3), pp. 261-268, 2005.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00096-8](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00096-8)
- [11] Griliches, Z., *R&D, Patents, and Productivity*, NBER Conference Proceedings. University of Chicago Press, 1984.
DOI: <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226308920.001.0001>
- [12] Trajtenberg, M., "A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovation," *The Rand Journal of Economics*, 21(1), pp. 172-187, 1990.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2555502>
- [13] Griliches, Z., Hall, B.H. and A. Pakes, "The Value of Patents as Indicators of Inventive Activity," in P. Dasgupta and P. Stoneman, eds., *Economic Policy and Technological Performance*, Cambridge, England: Cambridge University Press, pp. 97-124, 1987.
DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511559938.006>
- [14] Jaffe, A., M. Trajtenberg and M.S. Fogarty, "The Meaning of Patent Citations: Report on the NBER/Case-Western Reserve Survey of Patentees," in A. Jaffe and M.Trajtenberg, eds., *Patents, Citations, and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*, Cambridge, MA: MIT Press, 2002.
- [15] Harhoff, D., F.M. Scherer and K. Vopel, "Citations, Family Size, Opposition and the Value of Patent Rights," *Research Policy*, 32(8), pp. 1343-1363, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00124-5](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00124-5)
- [16] Deng, Z., B. Lev and F. Narin, "Science and Technology as Predictors of Stock Performance," *Financial Analysts Journal*, 55(3), pp. 20-32, 1999.
DOI: <https://doi.org/10.2469/faj.v55.n3.2269>
- [17] Hall, B.H., A. Jaffe and M. Trajtenberg, "Market Value and Patent Citations: A First Look," NBER Working Paper 7741, 2000.
- [18] Nagaoka, S., "Patent Quality, Cumulative Innovation and Market Value: Evidence from Japanese Firm Level Panel Data," Working Paper WP#05-06, *Institute of Innovation Research*, Hitotsubashi University, 2005.
- [19] Afuah, A., *Innovation management: strategies, implementation and Profits*, Oxford University Press, New York, 1998.
- [20] Abernathy, W. J. and K.B. Clark, "Mapping the winds of creative destruction," *Research Policy*, 14, pp. 3-22, 1985.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(85\)90021-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(85)90021-6)
- [21] Abernathy, W.J. and J.M. Utterback, "Patterns of innovation in technology," *Technology Review*, 80(7), pp. 40-47, 1978.
- [22] Foster, R.N., *Innovation: The attacker's advantage*, Summit Books, New York, 1986.
DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-322-83742-4>
- [23] Henderson, R. and K.B. Clark, "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms," *Administrative Science Quarterly*, 35, pp. 9-30, 1990.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2393549>
- [24] Schumpeter, J.A., *Both of Schumpeter's Positions are outlined in Schumpeter, Capitalism, Socialism and Democracy*, 3rd ed.Harper, New York, 1950.
- [25] Tushman, M.L. and P. Anderson, "Technological discontinuities and organizational environments," *Administrative Science Quarterly*, 31, pp. 439-465, 1986.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2392832>
- [26] Tushman, M.L. and L. Rosenkopf, "On the organizational determinants of technological evolution: Towards a sociology of technology," *Research in Organizational Behavior*, 14, pp. 311-347, 1992.
- [27] Rosenkopf, L. and A. Nerkar, "Beyond local search: boundary-spanning, exploration, and impact in the optical disk industry," *Strategic Management Journal*, 22(4), pp. 287-306, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.160>
- [28] Fleming, L., "Recombinant uncertainty in technological search," *Management Science*, 47(1), pp. 117-132, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.47.1.117.10671>
- [29] Ahuja, G. and R. Katila, "Technological acquisitions and

- the innovation performance of acquiring firms: a longitudinal study," *Strategic Management Journal*, 22(3), pp. 197-220, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.157>
- [30] Heeley, M.B. and R. Jacobson, "The recency of technological input and financial performance," *Strategic Management Journal*, 29, pp. 723-744, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.682>
- [31] Egghe, L. and R. Rousseau, Introduction to *Informetrics: Quantitative Methods in Library, Documentation and Information Science*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, p.220, 1990.
- [32] March, J.G., "Exploration and Exploitation in Organizational learning," *Organization Science*, 2, pp. 71-87, 1991.
DOI: <https://doi.org/10.1287/orsc.2.1.71>
- [33] Scherer, F.M., "Inter-Industry Technology Flows and Productivity Growth," *Review of Economics and Statistics*, 64, November 1982.
DOI: <https://doi.org/10.2307/1923947>
- [34] Schmookler, J., *Invention and Economic Growth*, Cambridge: Harvard University Press, 1966.
DOI: <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674432833>
- [35] Caballero, R.J. and A.B. Jaffe, "How High are the Giants' Shoulders. An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth," *NBER Macroeconomics Annual 1993*, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, 1993.
DOI: <https://doi.org/10.1086/654207>
- [36] Jaffe, A.B., R. Henderson and M. Trajtenberg, "Geographic Localization of Knowledge Spillover as Evidenced by Patent Citations," *Quarterly Journal of Economics*, 108, pp. 577-598, 1993.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2118401>
- [37] Kaluzny, A.D., J.E. Veney and J. T. Gentry, "Innovation in health services: A comparative study of Hospitals and Health Departments," *Milbank Memorial Fund Quarterly/Health and Society*, 52(1), pp. 51-82, 1974.
DOI: <https://doi.org/10.2307/3349503>
- [38] Hill, W.L. Charles and Frank T. Rothaermel, "The Performance of Incumbent Firms in the Face of Radical Technological Innovation," *The Academy of Management Review*, 28(2), Apr., pp. 257-274, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.2307/30040712>
- [39] Schumpeter, J. A., *Capitalism, socialism and democracy*, New York: Harper & Row, 1942.
- [40] Christensen, C.M. *The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*, Boston: Harvard Business School Press, 1997.
- [41] Cooper, A.C. and D. Schendel, "Strategic responses to technological threats", *Business Horizons*, 19(1), pp. 61-69, 1976.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(76\)90024-0](https://doi.org/10.1016/0007-6813(76)90024-0)
- [42] Rosenbloom, R.S. and C.M. Christensen, "Technological discontinuities, organizational capabilities, and strategic commitments," In G. Dosi, D. J. Teece, & J. Chytry (Eds.), *Technology, organization, and competitiveness: Perspective on industrial and corporate change*, pp. 215-245, 1998.
DOI: <https://doi.org/10.1093/0198290969.003.0007>
- [43] Sull, D.N., R.S. Tedlow and R.S. Rosenbloom, "Managerial commitments and technological change in the U.S. tire industry," *Industrial and Corporate Change*, 6, pp. 461-501, 1997.
DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/6.2.461>
- [44] Tripsas, M. and G. Gavetti, "Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging," *Strategic Management Journal*, 21, pp. 1147-1161, 2000.
DOI: [https://doi.org/10.1002/1097-0266\(200010/11\)21:10/11<1147::AID-SMJ128>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1097-0266(200010/11)21:10/11<1147::AID-SMJ128>3.0.CO;2-R)
- [45] Utterback, J. M., *Mastering the dynamics of innovation*, Boston: Harvard Business School Press, 1994.
- [46] Helfat, C.E., "Know-how and Assert Complementarity and Dynamic Capability Accumulation: The Case of R&D," *Strategy management journal*, 18(5), pp. 339-360, 1997.
- [47] Austin, D.H., "An event-study approach to measuring innovative output: the case of biotechnology," *The American Economic Review*, 83(2), pp. 253-258, 1993.
- [48] Narin, F., K.S. Hamilton and D. Olivastro, "The increasing linkage between US technology and public science," *Research Policy*, 26, pp. 317-330, 1997.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00013-9](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00013-9)
- [49] Hage, J., *Theories of Organization*, Wiley Interscience, New York, 1980.
- [50] Crespi, F., "Notes on the Determinants of innovation: A Multi-perspective Analysis," Working Paper 42, Department of Economics, University of Roma Tre, Rome, Italy, 2004.
- [51] Arundel, A. and I. Kabla, "What percentage of innovations are patented? Empirical estimates for European firm," *Research Policy*, 27, pp. 127-141, 1998.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00033-X)

박 영 빈 (Young-Bin Park)

[정회원]



- 2008년 8월 : 한국과학기술원 산업 및 시스템공학과 (산업 및 시스템공학 학사)
- 2011년 2월 : 서울대학교 기술경영경제정책과정 (기술경영 석사)
- 2011년 1월 ~ 2012년 11월 : ㈜에코시안 연구원
- 2012년 12월 ~ 현재 : 국방기술 품질원 연구원

<관심분야>

기술경영, 기술혁신, 국방기술기획, R&D성과분석