

# DEA를 활용한 제조 및 서비스 산업의 기술혁신활동 효율성 비교 연구

서용윤<sup>1</sup> · 김문수<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 산업공학과 박사과정 / <sup>2</sup>한국외국어대학교 산업경영공학과 교수

## A Comparative Study on Efficiency of Technologically Innovative Activities between Manufacturing and Service Industries Using DEA

Yongyoon Suh<sup>1</sup> · Moon-Soo Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D candidate, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

<sup>2</sup>Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Hankuk University of Foreign Studies

This research aims at conducting a comparative study on the relative efficiency of technologically innovative activities between manufacturing and service industries using data envelopment analysis (DEA). First, as an individual approach, efficiency of technologically innovative activities between manufacturing and service industries is separately evaluated. The results show that efficiency of both industries is similarly low, but patterns of technologically innovative activities differ from each other. Manufacturing industries usually do innovation focusing on various outputs with a single input, whereas service industries tend to do innovation emphasizing on a single output with mixed inputs. Second, as a holistic approach to both industries, efficiency is collectively assessed. The analysis demonstrates that efficiency of service industries is higher than that of manufacturing industries, and there are similar patterns of technologically innovative activities between both manufacturing and service industries. This study provides industrial managers with policy implications based on similarities and differences between manufacturing and service industries.

**Keyword:** technologically innovative activities, efficiency, DEA, manufacturing and service industries

### 1. 서론

현대경제사회에서 기술혁신은 기업의 지속적인 성장과 경쟁 우위를 달성하기 위한 핵심 원천으로 인식되고 있다. 이는 기술혁신이 기술수명주기의 단축과 제품간 융합화 심화, 연구개발 투자 효율성의 감소 및 글로벌 네트워크의 확산 등에 따라 이를 해결하기 위한 필수 불가결한 요소이기 때문이다(Sirilli and Evangelista, 1998; Chesbrough, 2003). 혁신(innovation)은 새롭거나 획기적으로 개발된 제품 혹은 서비스, 그리고 공정, 마케팅,

조직적 개선 등이 포함된다. 우리나라 경제는 70, 80년대 산업화 시대를 거치면서 화학, 조선, 철강, 전자, 자동차 산업에 기반한 경제 성장을 달성하면서, 현재에 이르기까지 제조업 중심의 기술혁신이 주를 이루고 있다. 그러나 90년대 이후 금융, 비즈니스 서비스, 미디어 서비스 등 고부가가치의 서비스 산업이 성장하면서 기술혁신은 비단 제조업뿐만 아니라 서비스 산업에도 중요한 요인으로 부각되고 있다(Hipp and Grupp, 2005).

기존 기술혁신에 대한 연구는 현대경제를 주도했던 제조업이 중심이었다. 신제품과 공정 개발 횟수, 연구개발 투자규모,

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2009-327-B00220).

\*연락처 : 김문수 교수, 449-791 경기도 용인시 처인구 모현면 왕산리 산89 한국외국어대학교 산업경영공학과,

Fax : 031-330-4093, E-mail : kms@hufs.ac.kr

투고일(2011년 08월 31일), 심사일(1차 : 2011년 09월 28일, 2차 : 2011년 10월 18일), 게재확정일(2011년 10월 29일).

혁신원천, 혁신목적, 특허전략 등을 토대로 제조업의 기술혁신활동을 분석하여 특징을 탐색한 연구가 대표적이다(Pavitt, 1984). 그리고 혁신활동의 특성들을 토대로 세부 제조업을 유형화하거나 제조업 내의 산업별로 혁신활동의 규모나 횟수, 효율성 등을 비교, 분석하고 기술혁신을 촉진하기 위한 전략적, 정책적 대안이나 시사점을 도출하고자 하는 연구가 주류를 이루었다(Hartmann, 2003; Timmer, 2003). 그러나 서비스 산업이 선진국을 중심으로 현대경제를 지배하기 시작하면서 최근에는 서비스업에서의 기술혁신의 중요성이 부각되고 있다. 실제로 선진국의 경우 서비스업이 전체 경제에서 차지하는 부가가치비중이 70%를 상회하면서 서비스업에 대한 산업정책이나 서비스 기술혁신의 중요성이 주요 관심사로 떠오르고 있다(Howells and Barefoot, 2007; Muller and Doloreux, 2009). 서비스업의 기술혁신 연구는 기존 제조업 기반의 연구 분석들을 바탕으로 주로 수행되고 있으며, 이는 기술혁신이나 결과물들을 탐색하여 서비스업의 특징이나 정책적 시사점을 찾는다는 점에서 제조업의 연구와 그 방법이나 목적이 유사하기 때문이다(de Jong and Marsili, 2006).

이러한 배경에서 본 연구는 제조업과 서비스업의 기술혁신활동의 성과를 경영과학의 선형계획법(Linear Programming)에 기반한 자료포괄분석(Data Envelopment Analysis : DEA) 방법을 활용하여 비교 분석한다. 혁신활동의 성과로서는 기존의 절대적인 혁신 개수나 효율성이 아닌 다수의 투입과 산출에 따른 상대적 효율성(relative efficiency)을 기반으로 평가한다. 과거에는 혁신 그 자체에서 경쟁우위를 달성하는 것이 주목적이었지만, 혁신활동의 관리 측면에서 보다 적은 투입물로 많은 산출물을 생산하는 효율성의 개념도 중요하게 부각되어야 한다. 상대적 효율성은 기존의 연구에서 주로 수행되는 혁신 개수나 절대 효율성이 혁신의 정도를 비교 평가하기 위한 기준치를 제공하지 못하는 한계점을 해결하는 방안으로 적용할 수 있다. 즉, DEA는 다수의 투입과 산출 변수들을 동시에 고려하여 가장 효율적인 개체와의 상대적 효율성(relative efficiency)을 측정한다는 점에서 성과 평가를 위한 효과적인 방법론으로 사용되어 왔다(Lee *et al.*, 2009). 또한, DEA의 결과는 효율적으로 혁신활동을 수행하는 개체를 도출하고, 효율적 개체를 바탕으로 혁신활동을 벤치마킹하도록 유도한다는 점에서 전략적, 정책적 측면에서 유용한 시사점을 제공한다.

본 연구의 기술혁신활동의 효율성 비교 분석은 두 가지 점에서 기존연구와 차이가 있다. 첫째, 제조업과 서비스업의 효율성과 상대적으로 높은 비중을 두고 있는 혁신활동들을 개별적으로 비교 분석한다. 기존 연구들의 대부분은 한 산업에 집중하여 혁신활동을 비교하였을 뿐(Bergendahl and Lindblom, 2008; Giokas and Pentzaropoulos, 2008), 제조업과 서비스업의 비교 분석 관점에서 효율성을 분석하고, 전체 산업 측면에서 제조 및 서비스 산업에서의 혁신 활동에 대한 효율성의 개선을 위한 시사점을 제공하지 못하고 있다. 그리고 앞서 언급한 바와 같이 두 산업을 비교 분석하더라도 단순히 혁신활동의 횟수나

빈도수와 같은 절대적인 수치에 기반한 단순 연구가 아닌 보다 전략적이고 정책적인 시사점을 도출하기 위한 보다 정밀한 분석이 필요하다. 본 연구는 DEA를 통해 상대적 효율성을 평가하고 비교하며, 집중하고 있는 혁신활동을 파악하기 위하여 DEA로부터 도출되는 투입과 산출 요소의 가중치를 활용한다. 이는 효율성을 달성하기 위해 각 개체가 노력하고 있는 활동들의 가중치를 나타낸다는 점에서 역량을 집중하고 있는 기술혁신활동의 유형들을 도출할 수 있다.

둘째, 보다 중요한 연구목적으로서 두 산업의 혁신 효율성을 동시에 통합 분석하여 전체 산업에 대한 새로운 평가와 분류 체계를 제시한다는 점이다. 현대경제는 제품과 서비스가 서로 통합된 새로운 제품-서비스 시스템이 도래하면서(Goedkoop *et al.*, 1999), 제조업과 서비스업의 경계가 벌어지고 두 산업 간의 상호작용이나 혁신활동들이 점차 유사해지고 있다(Hipp and Grupp, 2005). 특히 제품의 서비스화, 서비스의 제품화 등 두 산업분야의 활동들이 서로 결합되어 가면서(Baines *et al.*, 2007), 산업의 비즈니스 모델을 변화시키고 혁신활동을 주도하고 있다(Auernhammer and Stabe, 2002; Pateli and Giaglis, 2005). 따라서 개별적인 산업 비교 분석 외에도 두 산업을 통합하여 분석하고 유사한 제조업과 서비스업을 구분하고 특징화하는 것이 필요하다. 이는 제조-서비스 융합시대에 두 산업을 통합적으로 발전시키고 관리하기 위해 활용될 수 있다. 따라서 본 연구는 제조업과 서비스업에 대한 총체적 접근으로서, DEA를 사용하여 유사한 혁신활동을 수행하는 제조업과 서비스업을 확인하고 그로부터 현재의 제조-서비스의 통합 정도를 살펴볼 수 있는 근거를 제시한다. 이와 같은 결과물들은 제조업과 서비스업을 넘어 산업 전반에 관한 통찰력과 전략적, 정책적 시사점을 제공하리라 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 제조업과 서비스업의 기술혁신활동을 분석한 기존연구에 대해 살펴보고, 제 3장에서는 이를 분석하기 위한 방법론을 제시한다. 그리고 제 4장에서는 제조업과 서비스업의 기술혁신활동의 개별 효율성 분석과 통합 효율성 분석 결과를 정리하고, 마지막 제 5장에서는 연구결과에 대한 전략적, 정책적 시사점을 도출하고 추후 연구 내용을 제시한다.

## 2. 제조 및 서비스 산업의 기술혁신활동

전통적으로 기술혁신은 제조업에서 수익창출과 지속적인 성장을 위하여 필수 불가결한 요소로 인식되었다. 이와 같은 이유로 기술혁신의 결정요인에 대한 분석이나 기업의 성과에 미치는 영향에 대한 연구가 주로 수행되었다. 초기 기술혁신의 활동이나 결정요인으로는 기술원천, 공급자, 지적보호, 혁신목적, 혁신동기와 같이 질적이고 정성적인 변수들로 다루어졌다(Pavitt, 1984). 이후 신제품의 개수나 공정 개선의 횟수 등이 기술혁신의 결정요소 중 하나로 부각되고, 이는 점차 조직적,

마케팅적인 활동까지 포함되기에 이르렀다(Galende and de la Fuente, 2003; OECD, 2005). 이는 기업의 유형적, 무형적 자산과 활동, 전략을 모두 아울러 총체적인 관점에서 혁신활동을 분석하기 위함이다. 이와 같은 혁신활동 가운데, 기업의 규모, 연구개발 투자 등이 제품이나 공정 혁신 및 특허 수의 증가에 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과도 있었다(Vanhaverbeke *et al.*, 2002; Becheikh *et al.*, 2006).

최근에는 서비스업이 경제시스템의 주요 견인 요소로 인식됨에 따라 서비스 산업에서의 혁신활동의 효과에 대한 연구가 관심을 받고 있다. 이는 서비스 산업 사이의 성과 차이를 정량적으로 비교 분석하는 것으로부터 시작한다(Evangelsita, 2000; Hipp and Grupp, 2005; Tehter, 2005; Oke, 2007). 기본적으로 서비스 산업의 기술혁신연구 프레임워크는 제조업의 프레임워크와 크게 다르지 않다. 실제로 제조업의 기술혁신연구에서 사용하던 신제품, 공정혁신의 횟수, 연구개발 투자비용, 혁신원천, 혁신 목적, 지식 재산권의 수 등을 통해 서비스 기술혁신의 성과나 효과를 분석한다. 이 중에서도 Sirilli and Evangelista(1998)의 경우, 서비스 산업의 기술혁신을 제조업과 비교 분석하였으며, 혁신원천이나 산출물, 전략, 혁신 저해 요소에 있어서 차이점보다는 유사점이 존재한다는 결과를 제시하였다. 또한 Tether(2005)의 연구에서는 서비스 산업의 경우 보다 조직적 혁신에 초점을 맞추고 있으며, 연구개발 시에도 고객이나 공급자와의 협력을 통하여 기술혁신을 달성하고 있음을 보여주었다. 마지막으로, Oke(2007)의 경우 통신과 금융 산업보다 운송과 소매 산업에서 더 많은 기술혁신이 이루어지고 있다는 결과를 보여주었다. 이와 같이 서비스업에서의 기술혁신활동이 주목받으면서, 서비스업 내에서의 혁신활동 분석이나 제조업과의 비교 분석이 수행되고, 산업적 정책 시사점을 지속적으로 제시하고 있다.

제조업과 서비스업의 독립적인 연구 외에 두 산업을 동시에 비교분석한 연구도 존재한다. 앞서 제시한 Sirilli and Evangelista(1998)의 경우, 주목적인 제조업의 혁신 분석 프레임워크를 서비스업에 적용한 것 외에도 서비스업의 혁신활동 결과를 제조업의 경우와 비교 분석하여 많은 유사점이 있음을 나타내었다. de Jong and Marsili(2006) 역시 제조업과 서비스업의 중소기업을 대상으로 두 산업 간의 혁신활동이 유사하며, 두 산업간 특성을 구별하기 힘들다고 제시하였다. 최근, Castellacci(2008)의 경우, Pavitt(1984)의 네 가지 분야별 기술혁신유형을 기반으로 제조업과 서비스업을 모두 고려하여 새로운 혁신유형을 제시하였다.

제조업과 서비스업의 기술혁신활동을 평가하는 것 외의 기술혁신 연구로는 기술혁신활동에 따라 산업을 분류하는 연구가 있다(Pavitt, 1984; de Jong and Marsili, 2005). 이는 기술혁신활동들을 토대로 산업을 분류하여 그 차이점을 비교 분석하는 것을 주요 목적으로 한다. 이와 같은 연구는 기본적으로 국가에서 제시하는 표준산업분류가 산업간 기술혁신 특성차이를 부각시키기 어렵다는 한계점을 극복하기 위하여 기술혁신활

동의 유사성에 기반한 산업 재분류를 수행하여 그에 맞는 적절한 정책 시사점을 제공하였다(Bougrain and Haudeville, 2002; Hipp and Grupp, 2005).

실제로 우리나라도 기술혁신활동과 관련된 연구는 2000년을 기점으로 제조업을 넘어 서비스업까지 그 대상으로 삼고 있다. 가장 대표적인 연구로는 과학기술정책연구원(Science and Technology Policy Institute : STEPI)이 3년 단위로 진행하고 있는 “한국의 기술혁신 조사”를 들 수 있다. 이 조사는 기술혁신과 비기술혁신을 포함한 일체의 혁신활동, 목적, 주체들을 다루고 있으며, Oslo Manual에 따라 제조업과 서비스업을 대상으로 각각 수집하고 있다.

그러나 기존연구들은 연구인력, 투자비용, 혁신의 개수나 횟수, 혁신전략, 목적 등을 단순히 기술통계나 간단한 회귀분석만을 통해 그 차이나 연관성을 찾아내려고 노력하고 있다. 이는 개체간의 상대적 평가의 중요성을 간과할 수 있으며, 다수의 투입과 산출물을 동시에 고려하지 않고 단순 평가 비교에만 치우친다는 한계점을 지닌다. 또한, 다수의 논문에서 제조업과 서비스업이 유사함을 증명했지만, 전체적인 효율성이나 산업적 차원에서의 활동유형 분류를 제시하지 않았다. 하지만 제조업과 서비스업 경계가 무너지면서 점차 결합되고 융합되는 형태로 변화하고 있는 현대 경제사회에서 통합적인 산업 정책을 조망하기 위해 두 산업의 정량적이고 구체적인 분석이 필요하다. 따라서 본 논문은 다수의 투입과 산출물을 동시에 고려함과 동시에, 개체들의 상대적 성과 평가를 가능케 하는 DEA를 사용하여 제조업과 서비스업의 기술혁신활동을 비교 분석하고, 상대적 효율성 관점에서 산업 정책 시사점을 제공한다.

### 3. 제조 및 서비스 산업의 혁신 효율성 분석 방법론

#### 3.1 분석 개요

분석 개요는 앞서 제시한 본 연구의 목적에 맞추어 크게 두 가지 모듈로 구성된다. 첫 번째 모듈은 제조업과 서비스업의 기술혁신활동을 DEA를 활용하여 개별적으로 분석하고 비교하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 동일한 기술혁신활동 변수를 활용하여 각 산업의 기술혁신활동 효율성 및 높은 가중치를 두고 있는 혁신활동들을 도출한다. 두 번째 모듈은 제조업과 서비스업을 동시에 DEA로 분석하여 통합 분석을 수행하고 결과를 비교하는 것을 목적으로 한다. 이는 제조업과 서비스업을 총체적으로 비교 분석하며, 유사한 제조업과 서비스업을 동시에 분류하여 새로운 산업 분류체계를 제시한다는 데 의미가 있다. 또한 현대의 제품-서비스 시스템의 출현과 함께 제조업과 서비스업의 공통적인 혁신활동과 산업 간의 융합 정도를 파악할 수 있다는 점에서 전략적, 정책적 시사점을 제공할 수 있다. 전체적인 분석 개요는 다음의 <그림 1>과 같다.

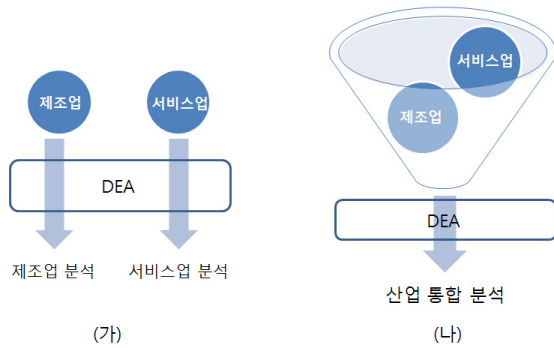


그림 1. (가) 제조업, 서비스업의 개별 분석 비교(제4장 제1절);  
 (나) 제조업, 서비스업의 통합 분석 비교(제4장 제2절)

3.2 데이터 수집

본 연구에서는 한국과학기술정책연구원(STEPI)에서 제공하는 제조업과 서비스업의 기술혁신조사 데이터를 활용한다. 제조업의 경우 2005년도 기술혁신조사 자료를, 서비스업의 경우 2006년도 기술혁신조사 자료를 사용하였다. 앞서 주지했다시피, 기술혁신 조사는 OECD의 Osle Manual을 바탕으로 수행되었으며, 그 핵심목적은 우리나라 제조업과 서비스업의 기술혁신과 비기술혁신 활동의 수준과 특징을 파악함에 있다. 따라서 다양한 제품, 공정, 서비스 혁신과 프로세스 혁신, 마케팅 혁신, 조직적 혁신 수준, 특허활동 등의 정량적인 혁신활동 자료들이 포함되어있다. 또한 혁신목적, 협력수준, 혁신원천, 정부정책 등 산업과 환경 요인들과 같은 정성적 자료들도 수록되어있다.

2005년도 제조업의 기술혁신 조사는 2,731개의 기업을 대상으로 기술혁신 조사를 수행하였으나, 부정확한 정보와 구체적인 질문에 대한 답변의 누락으로 인해 735개 기업의 가용데이터를 사용하였다. 이와 마찬가지로, 2006년도 서비스업의 기술혁신 조사는 2,498개의 기업 중 359개 기업의 데이터만을 사용하였다. 각각의 조사는 세부산업 수준으로 이루어졌기 때문에, 보다 상위 산업 수준으로 통합할 필요성이 있다. 본 연구의 분석에 사용할 세부 산업들은 부록에 제시되어 있으며, 산업의 통합은 한국은행의 산업연관표와 통계청의 표준산업분류를 기준으로 수행하였다. 다음으로, 제조업 735개 기업과 서비스업 359개 기업의 데이터를 통해 기술혁신활동 및 산업 특성을 DEA로 분석하기 위하여 <표 1>과 같이 7개의 변수를 선정하였다. 우선 연구인력과 투자규모의 경우, 노동과 자본의 대용 지표로 사용되었다. 나머지 5개의 변수들은 혁신활동의 성과 측면에서 산출 요소로 다루어진다. 신제품(서비스)개발 혁신, 제품(서비스)개선 혁신, 공정 혁신은 기존의 혁신연구에서 기업의 혁신 성과로서 주로 제시되어 왔으며(Pavitt, 1984; Barras, 1986; Gallouj and Weinstein, 1997; Hipp and Grupp, 2004; Kirner et al., 2009), 특허의 경우는 역시 기업의 혁신활동 혹은 연구개발 프로젝트의 직접적인 산출물로서 사용되어 왔다(Vanhaverbeke et al., 2002; Lee et al., 2009).

표 1. 기술혁신활동의 효율성 분석을 위한 투입 및 산출변수

변수		정의
투입 변수	연구인력	기술혁신과 관련된 연구개발 및 관련 프로세스에 참여하는 전문 연구 인력의 수
	투자규모	기술혁신과 관련된 연구개발 및 관련 프로세스에 투자되는 비용
산출 변수	신제품(서비스) 개발 혁신	기존 제품(서비스)과 완전히 다른 신제품(서비스)의 출시 개수
	제품(서비스) 개선 혁신	기존 제품(서비스)에 비해 크게 개선된 제품(서비스) 출시 개수
	공정혁신	기존과 아주 다른 생산방식, 물류방식, 지원활동의 운영방식 도입
	제품 특허	제품(서비스)의 발명이나 혁신을 보호하기 위한 특허 개수
	공정 특허	공정의 개선이나 혁신을 보호하기 위한 특허 개수

<표 2>는 제조업과 서비스업 기술혁신활동의 기술통계로 일반적인 특성을 살펴볼 수 있다. 투입 변수 중 평균 연구인력은 제조업의 경우 22명, 서비스업의 경우 20명으로 큰 차이를 보이지 않지만, 평균 투자규모의 경우 제조업은 43억 원, 서비스업의 경우 23억 원으로 약 20억 원의 차이를 보이고 있다. 또한, 신제품 개발혁신과 제품 개선혁신, 제품 특허의 경우에도 제조업이 서비스업보다 더 많이 수행되고 있음을 살펴볼 수 있다. 이와 반대로 공정혁신과 공정 특허는 서비스업이 제조업보다 더 많이 이루어지고 있다. 즉, 제조업은 제품 위주의 혁신을 수행하는 반면, 서비스업은 공정 위주의 혁신에 보다 집중적으로 수행하고 있음을 알 수 있다. 이러한 차이는 제조업이 유형적인(tangible) 형태로 혁신 활동과 결과를 생성하지만 서비스는 그 특성상 보다 무형적인(intangible) 형태로서 활동과 결과를 발생하는 특성에 기인하는 것으로 판단할 수 있으며, 이는 서비스의 무형성이 기술혁신활동에 있어서 서비스 그 자체보다는 서비스 프로세스를 보다 개선하고 발전시키는 방향으로 이루어지는 경향이 크기 때문인 것으로 보인다.

표 2. 기술혁신활동의 기술통계

	제조업	서비스업
개수	735	359
연구인력(명)	22	20
투자규모(백만원)	4,369	2,348
신제품개발 혁신(개)	5.29	1.71
제품개선 혁신(개)	5.19	1.64
공정혁신(개)	1.25	5.60
제품 특허(개)	9.91	3.11
공정 특허(개)	1.70	3.68

### 3.3 자료포괄분석(data envelopment analysis : DEA)

본 연구는 기업, 넓게는 산업 간의 상대적 효율성 분석을 위하여 DEA를 활용한다. 앞서 설명했듯이 상대적 효율성이란, 절대적인 투입물과 산출물의 비율에 따라 그 차이를 비교하는 것이 아니라 가장 효율적인 개체와의 비교를 통하여 효율성을 측정하고 활동들의 가중치를 산출하는 것을 뜻한다. DEA는 이와 같은 목적을 수반함과 동시에, 다수의 투입 요소와 산출 요소를 고려할 수 있다는 점에서 보다 응용성이 높으며, 의사결정단위(DMU : Decision making unit)의 상대적 효율성을 측정하는 선형계획 모형이라는 수학적 견고성도 동시에 지니고 있다(Charnes *et al.*, 1978). 즉, DEA는 다수의 투입요소와 산출요소를 통하여 효율성 지수를 산출결과로 나타내며 비교 대상인 DMU들 중에서 가장 효율적인 DMU를 기준으로 비효율적인 DMU를 상대적으로 평가하여 효율성을 측정한다.

DEA의 효율성 측정 모형은 가정하는 규모의 수익과 목적에 따라 크게 두 가지로 구분된다. 우선 수익 측면에서, Charnes *et al.*(1978)에 의해 처음 제시된 수익의 불변을 가정하는 CCR 모형은 규모의 수익성(return to scale)이 일정하다고 가정하고 있다. 그 후 CCR 모형의 대안으로서 Banker *et al.*(1984)은 규모의 수익변화를 가정하는 BCC 모형을 제시하였다. 두 번째로 목적 측면에서, DEA 모형은 그 목적에 따라 투입지향(input-oriented) 모형과 산출지향(output-oriented) 모형으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 기업의 혁신 활동이 투입을 줄이는 것보다 산출을 높이는 것에 초점을 맞춘다는 가정 아래, 각 기업별 투입 요소의 수준을 유지하면서 산출 요소의 수준을 최대화하는 산출지향(output-oriented) 모형을 사용한다. 또한, 혁신 성과의 효율성의 경우 규모의 수익의 불변이라고 가정할 수 없으므로 CCR 모형을 사용하지 않고 일반적인 모형인 BCC 모형을 사용한다. 산출지향의 기본모형은 아래와 같이 볼 수 있다.  $z$ 는 DMU의 효율성을 나타내며,  $X$ 는 투입요소 벡터 행렬이며,  $Y$ 는 산출요소 벡터 행렬을 나타낸다. 또한,  $(x_0, y_0)$ 는 측정될 DMU의 투입과 산출량이며,  $(u, v)$ 는 투입과 산출에 대한 가중치를 의미한다.

$$\begin{aligned} \max \quad & z = uy_0 \\ \text{s.t.} \quad & uY - vX \leq 0 \\ & vx_0 = 1 \\ & u \geq 1, v \geq 1. \end{aligned}$$

본 연구에서 주목할만한 DEA의 특징은 바로 효율성( $z$ )과 가중치( $u, v$ )에 있다. 우선 효율성은 각 기업과 산업들을 비교할 최종 결과물로서 활용되며, 그 0~100%의 효율성 범위를 지니며 100%의 효율성을 지니는 DMU를 효율적 DMU라 칭한다. 또한, 가중치는 DMU의 효율성을 최대화하기 위한 변수들의 가중치로서 기술혁신활동의 집중도로 해석할 수 있다는 점에서 유사한 기술혁신활동을 하는 기업들을 유형화하기 위하여 사용된다. 다음 제 4장에서는 연구인력과 투자규모는 DEA의 투입변수로, 신제품개발 혁신, 제품개선 혁신, 공정혁신, 제품

특허, 공정 특허는 산출변수로 설정하여 분석한 결과를 보여 준다. 또한, 분석 결과를 토대로 산업의 관리적, 정책적 시사점도 같이 살펴본다.

## 4. 분석 결과

### 4.1 제조업과 서비스업의 혁신 효율성 : 개별 분석

#### 4.1.1 제조업의 혁신 효율성

제조업의 기술혁신활동 효율성 및 효율적 기업의 분포는 <표 3>과 같이 볼 수 있다. 우선 제조 산업의 경우 효율성이 16.92%로 전반적으로 그 혁신활동의 효율성이 낮음을 살펴볼 수 있다. 구체적인 산업 수준으로 그 효율성의 정도를 살펴보면, 전체 산업 중 목재 및 종이, 인쇄산업(48.11%)과 석유 및 석탄 산업(45.51%)이 가장 높은 효율성을 나타내고 있다. 또한 효율적 기업 역시 이 산업에서 가장 많이 나타났다. 목재 및 종이 산업, 석탄 산업 등은 매우 많은 양의 일용품(commodity)을 일괄적으로 생산하는 방식(continuous production)에 집중하고 있는 전통적인 제조 산업이다. 따라서 아주 획기적이고 위험한 기술혁신을 이루기보다는 점진적인 기술혁신이 이루어질 가능성이 많다. 이에 따라 더 많은 기술혁신이 이루어지며, 그 효율성이 다른 산업 비해 보다 높게 나왔으리라 예상된다. 이에 반해 일반기계 산업(12.40%), 정밀기기 산업(11.61%) 등은 그 효율성이 낮으며, 이는 비교적 진보된 기술을 바탕으로 급진적 기술 혁신이 이루어질 필요성이 있기 때문이다. 가장 높은 산업과 가장 낮은 산업의 효율성 차이가 37%에 이를 정도로 제조업에서의 혁신활동은 그 산업별로 차이가 크다는 문제점이 있다. 심지어 섬유 및 가죽 산업, 비금속제품 산업, 정밀기기 산업의 경우는 효율적 기업이 하나도 없는 산업으로 나타났다. 따라서 이는 산업 정책적으로 비금속제품, 일반기계, 전자기기, 정밀기기 산업에 혁신활동을 진흥시킬 수 있는 방안이 필요함을 보여준다.

표 3. 제조업의 효율성 및 효율적 기업의 분포

산업	효율성(%)	효율적 기업(%)
음식료 산업	14.07	1(7.69%)
섬유 및 가죽 산업	16.76	0(0%)
목재 및 종이, 인쇄 산업	48.11	6(33.33%)
석유 및 석탄 산업	45.51	2(22.22%)
화학제품 산업	22.17	11(8.03%)
비금속제품 산업	13.65	0(0%)
금속 산업	18.82	4(4.88%)
일반기계 산업	12.40	2(1.46%)
전자기기 산업	14.29	7(4.09%)
정밀기기 산업	11.61	0(0%)
수송장비 산업	18.92	2(3.03%)
기타 제조 산업	24.50	1(5.26%)
총 제조 산업	16.92	36(4.90%)

표 4. 가중치에 기반한 제조업의 기술혁신활동 분류

	집단 1-1	집단 1-2	집단 1-3	집단 1-4
유형	투자기반 공정혁신활동	투자기반 특허활동	인력기반 제품특허활동	신제품개발 혁신활동
개수	242	175	293	25
효율성	16.07	17.24	15.61	38.37
연구인력	3.33	10.13	97.24	35.02
투자규모	96.67	89.87	2.76	64.98
신제품개발 혁신	2.82	5.68	7.01	85.68
제품개선 혁신	5.75	12.48	10.95	2.14
공정혁신	76.18	8.28	24.44	0.65
제품 특허	13.02	49.89	43.80	10.47
공정 특허	2.24	23.66	13.80	1.05

주) 집단간 차이는 유의수준 0.01에서 유의함.

다음으로 <표 4>는 DEA를 통해 도출한 제조업의 기혁신 활동들의 가중치를 바탕으로 군집화 분석(clustering analysis)을 수행하여 분류한 결과이다. 군집화 분석 수행 결과 집단이 4개일 경우 모든 집단의 차이점이 유의하게 나타났으며, 그 특성 또한 뚜렷이 나타났다. 집단 1-1의 경우는 투자를 바탕으로 공정혁신을 주목적으로 하는 제조업들을 보여준다. 유사하게 집단 1-2 역시 투자를 바탕으로 혁신을 이루지만, 이 집단의 경우는 특허활동에 보다 초점을 맞추어서 혁신활동을 수행하고 있다. 반면 집단 1-3은 투자보다는 전문 인력 인력을 바탕으로 혁신을 달성하도록 노력하고 있다. 또한 공정혁신과 제품 특허를 바탕으로 그 혁신활동을 수행하고 있다. 마지막으로 집단 1-4는 연구인력과 투자를 바탕으로 신제품 개발 혁신에 치우치고 있는 집단이다. 전체적으로 제조업의 기술혁신은 집단 1-1(투자 기반 공정혁신), 집단 1-2(투자기반 특허활동), 집단 1-3(연구인력기반 제품 특허 활동)의 형태가 주를 이루고 있다. 반면 집단 1-4의 경우(연구인력-투자 기반 신제품개발 혁신)는 개체수가 25개일 정도로 그 수가 적으며, 이는 제조업의 경우 전반적으로 신제품개발 혁신 보다는 공정혁신 그리고 특허활동에 보다 치우쳐 혁신활동을 수행하고 있음을 보여주며, 이는 신제품개발 혁신이 제조업에서 어려운 혁신활동임을 나타낸다. 따라서 기업측면에서는 신제품개발 혁신을 위한 전략적 방안을 강구할 필요가 있으며, 기술정책적인 측면에서는 기업들로 하여금 제품개선이나 공정혁신 활동보다는 신제품 혁신 활동을 유인할 수 있는 직간접적인 방안을 제공할 필요가 있다.

#### 4.1.2 서비스업의 혁신 효율성

서비스업의 기술혁신활동 효율성 및 효율적 기업의 분포는 <표 5>에 정리되어 있다. 전체적인 서비스 산업의 효율성은 14.82%로 활동 측면에 있어서 질적인 개선이 요구된다. 또한 전체적인 효율적 기업이 불과 5개일 정도로 서비스업의 혁신 성과는 크게 떨어짐을 볼 수 있다. 구체적인 산업 수준에서 살펴보면, 효율성이 높은 산업으로는 비교적 전통적인 서비스

산업인 도매산업(19.02%), 운송산업(20.93%), 금융산업(19.52%)이 도출되었다. 또한 세 산업의 공통점으로는 IT 기술이 집약되어 물류 프로세스와 고객 관계 프로세스가 크게 발전한 산업이라는 점이 있다. 즉, IT 기술이 적용되는 응용산업이라는 점에서 그 혁신활동 효율성이 보다 높게 나타났다고 볼 수 있다. 반면 정보처리 산업(9.50%), 연구개발 산업(10.43%), 소프트웨어 산업(11.23%)과 같은 비교적 공급자 위치의 기반 산업들은 그 효율성이 상대적으로 낮음을 확인할 수 있다. 이들은 기술을 직접 개발하고 생산하는 산업으로서 혁신을 달성하기 어려운 산업들이다. 즉, 응용산업 측면에서 서비스업은 비교적 높은 혁신활동 효율성을 보이고 있지만, 직접 기술을 개발하고 생산하는 서비스업은 효율성이 낮음을 확인할 수 있다.

표 5. 서비스업의 효율성 및 효율적 기업의 분포

산업	효율성(%)	효율적 기업(%)
도매 산업	19.02	1(2.13%)
운송 산업	20.93	0
통신 산업	13.81	0
금융 산업	19.52	1(5.88%)
정보처리 산업	9.50	0
소프트웨어 산업	11.23	1(0.96%)
연구개발 산업	10.43	0
사업서비스 산업	13.58	0
기술서비스 산업	14.56	1(1.64%)
기타서비스 산업	22.43	1(2.17%)
총 서비스 산업	14.82	5(1.40%)

<표 6>은 제조업과 마찬가지로 DEA를 통해 도출된 서비스업 기술혁신활동의 가중치로 군집화 분석을 수행한 분류 결과를 나타낸다. 서비스업 역시 집단이 4개일 경우 집단간 차이점이 유의하게 나타났으며, 그 특성을 파악하기에 용이하였다.

표 6. 가중치에 기반한 서비스업의 기술혁신활동 분류

	집단 2-1	집단 2-2	집단 2-3	집단 2-4
유형	공정특허활동	신서비스 개발 혁신활동	공정혁신활동	서비스 개선 혁신활동
개수	255	33	39	32
효율성	13.48	10.63	13.11	31.92
연구인력	67.22	69.61	54.51	76.59
투자규모	32.78	30.39	45.49	23.41
신서비스개발 혁신	13.93	100.00	0.00	12.92
서비스개선 혁신	0.00	0.00	0.00	71.46
공정혁신	0.00	0.00	100.00	0.00
서비스 특허	1.29	0.00	0.00	15.63
공정 특허	84.78	0.00	0.00	0.00

주) 집단간 차이는 유의수준 0.01에서 유의함.

표 7. 제조 및 서비스 산업의 기술혁신활동 비교

		제조업	서비스업
효율성		낮음	낮음
효율적 집단		집단 1-4 : 신제품개발 혁신 유형	집단 2-4 : 서비스 개선 혁신 유형
기술혁신활동 (투입요소)	유형	독립적 혁신	혼합적 혁신
	구체적 활동	연구인력 혹은 투자 기반 혁신	연구인력과 투자의 혼합 혁신
기술혁신활동 (산출요소)	유형	분산 혁신	집중 혁신
	구체적 활동	제품특허-공정특허활동(집단 1-2) 제품특허-공정혁신활동(집단 1-3)	공정특허활동(집단 1-1) 신서비스 개발 혁신(집단 1-2) 공정혁신(집단 1-3) 서비스 개선 혁신(집단 1-4)

전반적으로 서비스업 기술혁신활동의 연구인력과 투자규모 간의 집중 정도는 크게 드러나지 않고 있다. 그러나 산출 변수 측면에서 기술혁신활동의 차이는 집단 간 뚜렷한 목적 차이가 있음을 확인할 수 있다. 우선 집단 2-1의 경우는 서비스업에서 가장 많이 이루어지고 있는 형태로 공정 특허 활동에 집중하고 있음을 확인할 수 있다. 또한 집단 2-2는 신서비스 개발 혁신에 활동 역량을 집중하는 반면, 집단 2-3은 공정혁신에 보다 역량을 집중하여 혁신활동을 수행하고 있음을 볼 수 있다. 마지막으로, 집단 2-4는 서비스 개선 혁신 활동에 집중하고 있다. 즉, 서비스업은 혁신 활동을 다양하게 수행하기 보다는 한 분야에 집중하여 수행하는 경향이 크다. 그러나 모든 집단에 있어 서비스 특허는 그 역량 집중도가 상대적으로 떨어지는데, 이는 서비스가 무형적인 형태로 개발되는 경우가 많아 특허 등록이 곤란하기 때문이다.

#### 4.1.3 제조 및 서비스 산업의 기술혁신 효율성 비교

국내 2005년 제조업과 2006년 서비스업의 기술혁신활동에 대한 효율성 분석 결과, 두 산업에서의 효율성은 각각 16.92%, 14.82%로 모두 매우 낮다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 효율적인 기업 수가 전체 기업의 5%를 넘지 않을 정도로 매우 적

다는 것이 더 큰 문제로 판단된다. 그러나 기술혁신활동의 효율성에 영향을 미치는 세부 가중치를 살펴보면 제조업과 서비스업에서 다소 차이가 있음을 알 수 있다.

우선 <표 7>의 집단 간 효율성 측면에서 고려하면 첫째, 제조업의 경우 신제품개발 중심 혁신을 하는 집단 1-4(38.37%)가 서비스업의 경우는 서비스 개선 중심 혁신을 하는 집단 2-4(31.92%)가 보다 효율성이 높음을 파악할 수 있다. 이는 유형적인 산출물을 개발하는 제조업과 무형적인 서비스 프로세스를 개선하는 서비스업의 근본적인 특성 차이에 기인한다. 둘째, 투입요소 측면에서 제조업의 경우는 연구인력 혹은 투자 중 한 쪽에 집중하는 경향(집단 1-1과 집단 1-2: 투자, 집단 1-3: 연구인력)이 있는 반면, 서비스업의 경우 연구인력과 투자를 혼합하여 혁신을 달성하고 있다. 이는 제조업의 경우 오랜 기간 동안 확고히 정립한 연구개발 체제로 인력 양성과 연구개발 투자 증진의 유연한 전략 선택이 가능한 반면, 서비스업은 아직 초기 연구개발 시스템을 지니고 있으며 인력이 무엇보다 필수적인 요소로 반영되기 때문에 투자에 의존적인 기술혁신 활동을 하기에는 어려움이 있기 때문에 풀이된다. 따라서 서비스업은 연구인력이 비중이 높은 형태로 투자와 함께 이루지는 반면, 제조업은 두 투입요소를 유연하게 다루어 선택과

집중이 가능한 형태로 이루어진다. 마지막으로, 산출요소 측면에서 제조업의 경우는 제품 특허와 공정 특허를 동시에 집중(집단 1-2)하거나 공정혁신과 제품 특허를 동시에 달성(집단 1-3)하는 형태를 보이는 반면, 서비스업의 경우는 산출요소 중 하나에 집중하여 혁신을 달성하고 있다. 이는 서비스업의 산출요소 효율성들이 극단적으로 치우치고 있음으로부터 확인할 수 있다. 이와 같은 차이는 제조업의 경우 기술혁신시스템이 그 기획에서부터 산출물의 관리까지 일괄적으로 이루어져 있는 경우가 많은 반면, 서비스업의 경우 무형성과 고객 참여의 관점에서 모든 자원의 관리를 일괄적으로 하기 어렵기 때문에 한 부분에 치우쳐 집중하는 경우가 많기 때문으로 고려된다.

#### 4.2 제조 및 서비스 산업의 기술혁신 효율성 : 통합 분석

제조업과 서비스업을 통합적으로 분석하여 유사성과 차이점을 구별하는 것은 모든 산업을 망라하여 기술혁신활동을 동일선상에서 직접적으로 비교하고, 높은 효율성을 달성하는 산업과 산업간 기술혁신활동의 유사성을 탐색하기 위함이다. 이를 위하여 제조 기업과 서비스 기업의 기술혁신활동을 동시에 표본으로 고려하여 DEA 분석을 수행하였다.

<표 8>은 분석 결과로서 두 산업 간의 효율성 분포를 보여준다. 우선, 제조업과 서비스업의 전체 효율성은 각각 16.32%와 52.67%로 제조업이 서비스업보다 확연히 낮음을 볼 수 있다. 보다 구체적으로 제조업의 경우 0~10%에 속한 기업이 57%에 달할 정도로 혁신 효율성이 극히 낮다. 또한 50% 이하의 기업의 경우 제조업은 34.83%, 서비스업의 경우 52.65%로 비교적 서비스업이 더 많은 것을 볼 수 있다. 50% 이상의 기업의 경우는 서비스업이 약 50% 가량 차지하고 있는 반면, 제조업의 경우는 10%도 채 안되는 비율을 보이고 있다. 즉, 기술혁신활동의 경우 서비스업이 제조업보다는 효율적으로 수행하고 있음을 나타낸다. 개별 효율성 분석의 경우 제조업(16.92%)이 서

비스업(14.82%)보다 다소 높은 수치를 보였던 반면, 통합 효율성 분석에서는 서비스업이 효율성이 높은 기업을 보다 많이 포함하고 있음을 확인할 수 있다. 이는 제조업의 경우 그 연구개발 비용이나 인력의 투입이 많으며, 기술의 빠른 발전이나 급격한 시장 환경 변화로 인해 신제품 개발과 같은 혁신의 성공 위험성이 보다 크기 때문이다. 기술통계에서 보듯이 제조업은 신제품 개발과 관련한 혁신이 많은 수를 차지한다는 것도 이를 뒷받침한다. 그러나 서비스업의 경우는 비교적 연구개발 규모가 작고 공정혁신을 통한 비용절감과 프로세스 개선에 집중하기 때문에 제조업에 비해 효율성이 더 높은 결과를 보이고 있다.

표 8. 제조업과 서비스업의 효율성 분포

효율성	제조업	서비스업
0~10%	419(57.01%)	0(0.00%)
10~50%	256(34.83%)	189(52.65%)
50~70%	19(2.58%)	91(25.35%)
70~100%	41(5.58%)	79(22.00%)
효율성 평균	16.32%	52.67%

제조업과 서비스업을 동시에 고려한 기술혁신활동의 유형 역시 군집화 분석을 수행한 결과 4개의 집단일 경우 집단 간 유의한 차이를 보였다. <표 9>의 내용을 살펴보면 집단 3-4에 가장 많은 기업들이 포함되었음을 볼 수 있으며, 효율성은 집단 3-2와 집단 3-4가 각각 32.46%와 34.94%로 비교적 높은 것을 볼 수 있다. 혁신활동은 집단 3-1의 경우 연구인력 기반 제품 특허에 집중하는 형태를 보이는 반면, 집단 3-2는 연구인력 기반 공정혁신에 초점을 맞추어 혁신을 이루고 있다. 집단 3-3과 집단 3-4는 투자규모에 바탕을 둔 혁신으로 각각 제품 특허와 공정혁신에 집중하고 있다.

표 9. 가중치에 기반한 제조업과 서비스업의 통합 분류

	집단 3-1	집단 3-2	집단 3-3	집단 3-4
유형	연구인력기반 제품특허활동	연구인력기반 공정혁신활동	투자기반 제품특허활동	투자기반 공정혁신활동
개수	169	223	155	547
효율성	11.99	32.46	16.38	34.94
연구인력	96.88	96.94	11.42	6.04
투자규모	3.12	3.06	88.58	93.96
신제품개발 혁신	10.34	2.18	18.20	1.53
제품개선 혁신	15.62	2.45	14.69	3.18
공정혁신	4.86	52.01	6.61	67.50
제품 특허	67.91	7.26	58.96	6.82
공정 특허	1.26	36.10	1.53	20.98

주) 집단간 차이는 유의수준 0.01에서 유의함.



특히, 주목할 만 한 점은 제품 특허와 공정혁신에 초점을 맞추는 경향이 크다는 것이다. 이는 <표 10>의 제조업-서비스업 분포를 통해서 그 이유를 살펴볼 수 있다. 제품 특허에 초점을 맞춘 집단 3-1과 집단 3-3의 경우는 제조업 기업들이 거의 대부분을 포함하고 있는 반면, 공정혁신에 초점을 맞춘 집단 3-2와 집단 3-4는 서비스업이 제조업과 같이 다수 분포됨을 살펴볼 수 있다. 일반적으로 공정혁신에 초점을 맞춘 서비스업들은 기존의 제조업들에 비해 높은 효율성을 달성하고 있음이 앞선 결과로 확인할 수 있었고 <표 9>에서 집단 3-2와 집단 3-4의 효율성이 상대적으로 높은 것도 같은 결과로 파악된다.

표 10. 통합 분류에서의 제조업-서비스업 분포

	제조업	서비스업
집단 3-1	168(22.86%)	1(0.28%)
집단 3-2	135(18.37%)	89(24.79%)
집단 3-3	154(20.95%)	1(0.28%)
집단 3-4	278(37.82%)	268(74.65%)

산업정책 측면을 고려하여 제조업-서비스업 분포를 <표 11>과 같이 보다 세분화하여 산업의 분포를 살펴보았다. 대부

분의 산업에서 집단 3-4 형태의 기술혁신활동을 하는 기업이 많았다. 하지만 섬유 및 석탄 산업, 금속 산업, 기타 제조 산업, 운송 산업, 금융 산업의 경우는 집단 3-4 형태보다는 다른 집단에 속한 경향이 큼을 보이고 있다. 섬유 및 석탄 산업과 기타 제조 산업에 속하는 기업들의 상당수가 집단 3-1 및 3-3 형태의 전통적인 제조업 형태의 기술혁신활동을 보이고 있다. 이는 석유 및 석탄 산업과 기타 제조 산업의 경우 공정혁신이외에 다른 유형의 혁신을 유인하여 보다 균형적인 혁신을 통해서 집단 3-2와 집단 3-4와 같은 효율성이 높은 유형으로 전환할 수 있는 노력이 요구된다. 반면에 금속 산업, 운송 산업, 금융 산업의 경우는 집단 3-2인 연구자 기반 공정혁신을 주도적으로 수행하고 있는 산업으로, 집단 3-2의 금속 산업, 운송 산업, 금융 산업은 제조업과 서비스업의 개별 정책보다는 통합 정책 하에서 정책적 지원이 이루어져야 할 것으로 보인다. <표 11>에서 무엇보다 중요한 결과는 상기 5가지 산업을 제외한 집단 3-4의 다른 제조업과 서비스업의 경우, 매우 유사한 기술혁신활동 형태를 보이고 있다는 점이다. 이는 이미 제조업과 서비스업의 모든 산업 분야에서 기술혁신활동의 형태가 점차 유사한 형태로 이루어지고 있으며, 개별적이 아닌 통합적인 관점에서 제조업과 서비스업의 기술혁신 정책을 조망해야 할 필요성을 제기하고 있다.

표 11. 통합 분류에서의 산업 분포

	집단 3-1	집단 3-2	집단 3-3	집단 3-4
<b>제조업</b>				
음식료 산업	26.83%	17.07%	21.95%	34.15%
섬유 및 가죽 산업	23.08%	23.08%	7.69%	46.15%
목재 및 종이, 인쇄 산업	22.22%	16.67%	22.22%	38.89%
섬유 및 석탄 산업	33.33%	22.22%	22.22%	22.22%
화학제품 산업	18.98%	16.79%	24.82%	39.42%
비금속제품 산업	17.65%	29.41%	11.76%	41.18%
금속 산업	25.61%	30.49%	12.20%	31.71%
일반기계 산업	22.63%	13.14%	22.63%	41.61%
전자기기 산업	24.42%	16.28%	22.67%	36.63%
정밀기기 산업	28.00%	16.00%	0.00%	56.00%
수송장비 산업	16.67%	25.76%	21.21%	36.36%
기타 제조 산업	33.33%	0.00%	44.44%	22.22%
<b>서비스업</b>				
도매 산업	0.00%	26.09%	0.00%	73.91%
운송 산업	0.00%	50.00%	0.00%	50.00%
통신 산업	0.00%	15.79%	0.00%	84.21%
금융 산업	0.00%	70.59%	0.00%	29.41%
정보처리 산업	0.00%	17.86%	0.00%	82.14%
소프트웨어 산업	0.96%	15.38%	0.00%	83.65%
연구개발 산업	0.00%	26.09%	0.00%	73.91%
사업서비스 산업	0.00%	31.58%	0.00%	68.42%
기술서비스 산업	0.00%	26.51%	0.00%	73.49%
기타서비스 산업	0.00%	20.00%	10.00%	70.00%

## 5. 결 론

본 연구는 제조업과 서비스업의 기술혁신활동 효율성을 DEA를 활용하여 분석하는 것을 목적으로 하며, 이를 위해 산업별로 DEA 분석을 개별적으로 수행하여 간접 비교 분석하는 경우와 두 산업을 통합하여 DEA 분석을 통해 제조업과 서비스업을 직접 비교 분석하는 경우로 구분하여 수행하였다. 우선 개별 분석의 결과로 제조업과 서비스업의 대부분의 기업들의 기술혁신활동 효율성이 낮게 도출되었으며, 이는 우리나라 전체 산업의 기술혁신활동의 효율성 제고를 위한 노력이 절실함을 보여주는 결과라 할 수 있다. 또한 기술혁신활동 측면에서는 제조업의 경우, 독립적인 투입요소와 다양한 산출 요소에 역량을 분산하는 혁신 형태를 보인 반면에, 서비스업의 경우 혼합적인 투입요소와 특정 요소의 산출 요소에 역량을 집중하는 혁신 형태를 보이고 있다. 이는 다각화와 집중화 관점에서 그 시사점을 도출할 수 있다. 예를 들어, 다각화 측면에서 서비스업의 경우는 투입요소의 집중도를 높일 수 있는 유연성을 제고하고, 다양한 산출 요소에 그 역량을 분산하여 혁신의 다양성을 높이는 정책적인 지원이 필요할 것으로 보인다.

두 번째로 통합 분석의 경우, 서비스업의 경우가 제조업보다 높은 효율성을 달성하고 있음을 알 수 있었다. 이는 제조업의 경우 신제품 혁신이나 제품 특허처럼 보다 새로운 제품 중심의 기술혁신 활동을 하는 반면, 서비스업의 경우는 서비스 개선 혁신이나 공정 혁신에 보다 초점을 두고 있기 때문으로 파악된다. 일반적으로 투자규모나 위험성 측면에서 신제품개발 관련 기술혁신이 개선이나 공정과 같은 기술혁신보다 더 비효율적일 가능성이 크다. 특히 전체적인 산업 분포(industry composition) 측면에서 투자 기반 공정 혁신의 형태(집단 3-4)를 취하고 있는 제조 기업과 서비스 기업들이 가장 지배적임을 확인할 수 있었다. 이는 혁신활동이 산업에 의존적이지 않고 (sector-independent) 제조업과 서비스업 간 혁신활동의 유사성이 높다는 사실을 반영하고 있다. 그러나 섬유 및 석탄 산업(집단 3-1), 기타 제조 산업(집단 3-3)은 보다 제품 중심의 혁신활동을 취하고 있었으며, 금속 산업, 운송 산업, 금융 산업은 연구인력 기반의 공정 혁신 형태(집단 3-2)로 구분되는 특징을 지니고 있었다. 이러한 기술혁신활동 효율성에 근거한 산업유형의 특성은 정책 측면에서 개별 산업의 단순한 기술혁신 유인제도 보다는 유형별 특성에 따른 효율성 제고를 위한 제도 모색에 매우 중요한 자료로 활용할 수 있을 것이다.

그러나 본 연구는 추후 연구가 필요한 여러 한계점을 내포하고 있다. 첫째, 제조업과 서비스업은 서로 다른 목적을 지니고 기술혁신활동을 수행하는 경우가 많다는 점에서, 기술혁신활동 자체에 가중치를 먼저 할당하여 DEA를 수행하는 방법이 요구된다. 본 연구에서는 가중치를 선형계획법에 따른 최적화 알고리즘에 따라 계산되었지만, 만약 제조업에서 현재 집중하고 있는 신제품개발의 집중도, 서비스업에서 집중하고 있는 공정 혁신의 집중도를 산출할 수 있다면 보다 현실적인 효율

성 측정이 가능할 것이다. 또한, 신제품개발이나 공정혁신이 매출액과 같은 기업 성과 측면에서 다른 영향을 미치지 때문에 그 가중치를 달리 부여할 필요성이 있다. 둘째, 정성적 자료들의 활용 여부도 본 연구의 정량적 결과를 뒷받침할 수 있는 근거로 중요하게 활용될 수 있다. 예를 들어, 혁신 원천이나 혁신 동기들을 통해 각 집단 간의 혁신활동의 차이의 근거까지 분석한다면 연구 결과와의 관계를 보다 심도 있게 제시할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 한계점에도 불구하고, 본 연구는 제조 및 서비스 산업 등 우리나라 전체 산업 분야의 기업측면에서 혁신전략이나 정부의 기술혁신정책 측면에서 매우 유용한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- Auernhammer, K. and Stabe, M. (2002), Integrated Development of Products and Services, In : Mařík, V., Camarinha-Matos, L., and Afsarmanesh, H. (Eds), *Knowledge and Technology Integration in Production and Services : Balancing Knowledge and Technology in Product and Service Life Cycle*, Springer.
- Baines, T., Lightfoot, H., Evans, S., Neely, A., Greenough, R., Peppard, J., Roy, R., Shegab, E., Braganza, A., Tiwari, A., Alcock, J., Angus, J., Basti, M., Cousens, A., Irving, P., Johnson, M., Kingston, J., Lockett, H., Martinez, V., Michele, P., Tranfield, D., Walton, J., and Wilson, H. (2007), State of the art in product-service system, *Journal of Engineering Manufacture, Part B*, 221, 1543-1551.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984), Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Barras, R. (1986), Towards a theory of innovation in services, *Research Policy*, 15(4), 161-173.
- Becheikh, N., Landry, R., and Amara, N. (2006), Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector : a systematic review of the literature from 1993~2003, *Technovation*, 26(5/6), 644-664.
- Bergendahl, G. and Lindblom, T. (2008), Evaluating the performance of Swedish savings banks according to service efficiency, *European Journal of Operational Research*, 185(3), 1663-1673.
- Bougrain, F. and Haudeville, B. (2002), Innovation, collaboration and SMEs internal research capacities, *Research Policy*, 31(5), 735-747.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978), Measuring efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Chesbrough, H. (2003), *Open Innovation: the New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston, MA.
- de Jong, J. P. J. and Marsili, O. (2006), The fruit flies of innovations: a taxonomy of innovative small firms, *Research Policy*, 35(2), 213-229.
- Evangelista, R. (2000), Sectoral patterns of technical change in services, *Economic Innovation and New Technology*, 9(3), 183-221.
- Galende, J. and de la Fuente, J. M. (2003), Internal factors determining a firm's innovative behaviour, *Research Policy*, 32(5), 715-736.
- Gallouj, F. and Weinstein, O. (1997), Innovation in services, *Research Policy*, 26(4/5), 537-556.
- Giokas, D. I. and Pentzaropoulos, G. C. (2008), Efficiency ranking of the OECD member states in the area of telecommunications : a composite AHP/DEA study, *Telecommunications Policy*, 32(9/10), 672-685.
- Goedkoop, M., van Haler, C., te Riele, H., and Rommers, P. (1999), Product-

service systems, ecological and economic basics, Report for Dutch Ministreis of Environment and Economic Affaris.

Hartmann, G. C. (2003), Linking R&D spending to revenue growth, *Research Technology Management*, 46(1), 39-46.

Howells, T. F. and Barefoot, K. B. (2007), Annual Industry Accounts : Advanced Estimates for 2006, Survey of Current Business, US Department of Commerce, *Bureau of Economic Analysis*, 12-25.

Hipp, C. and Grupp, H. (2005), Innovation in the service sector : the demand for service specific innovation measurement concepts and typologies, *Research Policy*, 34(4), 517-535.

Kirner, E., Kindel, S., and Jaeger, A. (2009), Innovation paths and the innovation performance of low-technology firms : an empirical analysis of German industry, *Research Policy*, 38(3), 447-458.

Lee, H., Park, Y., and Choi, H. (2009), Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives : a DEA approach, *European Journal of Operational Research*, 196(3), 847-855.

Muller, E. and Doloreux, D. (2009), What we should know about knowledge intensive business services, *Technology in Society*, 31(1), 64-72.

OECD (2005), Oslo Manual : Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd ed. OECD.

Oke, A. (2007), Innovation types and innovation management practices in service companies, *International Journal of Operations and Production Management*, 27(6), 564-587.

Pateli, A. G. and Giaglis, G. G. (2005), Technology innovation-induced business model change : A contingency approach, *Journal of Organizational Change Management*, 18(2), 167-183.

Pavitt, K. (1984), Sectoral patterns of technical change : towards a taxonomy and a theory, *Research Policy*, 13(6), 343-373.

Tether, B. S. (2005), Do services innovate (differently)? Insights from the European innobarometer survey, *Industry and Innovation*, 12(2), 153-184.

Timmer, M. P. (2003), Technological development and rates of return to investment in a catching-up economy : the case of South Korea, *Structural Change and Economic Dynamics*, 14(4), 405-425.

Sirili, G. and Evangelista, R. (1998), Technological innovation in services and manufacturing : results from Italian surveys, *Research Policy*, 27(9), 881-899.

Vangaverbeke, W. P. M., Duysters, G. M., and Beerkens, B. E. (2002), Technology Capability Building through Networking Strategies within High-tech Industries, *Academy of Management Best Paper Proceedings, Academy of Management*, Denver, CO.

<부 록>

1. 제조업과 서비스업의 산업 분류표

	세부산업
제조업	
음식료 산업	음식료품, 담배제조업
섬유 및 가죽 산업	섬유제품, 의복 및 모피제품, 가죽, 가방, 마구류 및 신발
목재 및 종이, 인쇄 산업	목재 및 나무제품, 펄프 및 종이, 인쇄
섬유 및 석탄 산업	코크스, 석유 정제품 및 핵연료
화학제품 산업	화합물 및 화학제품, 고무 및 플라스틱 제품
비금속제품 산업	비금속 광물제품
금속 산업	제 1차 금속, 조립금속 제품
일반기계 산업	기계 및 장비
전자기기 산업	사무, 계산 및 회계용 기계, 기타 전기기계 및 전기 변환장치, 영상, 음향 및 통신장비
정밀기기 산업	의료, 정밀, 광학기기 및 시계
수송장비 산업	자동차 및 트레일러, 기타 운송 장비
기타 제조 산업	가구 및 기타 제조업
서비스업	
도매 산업	도매 및 상품 중개업
운송 산업	육상운송 및 파이프라인 운송업, 수상운송업, 항공운송업, 창고 및 운송관련 서비스업
통신 산업	통신업
금융 산업	금융업, 보험 및 연금업, 금융 및 보험관련 서비스업
정보처리 산업	정보처리 및 기타 컴퓨터 운영관련업
소프트웨어 산업	소프트웨어 자문, 개발 공급업
연구개발 산업	연구 및 개발업
사업서비스 산업	법무 및 회계 서비스, 시장조사 및 경영상담, 광고업, 전문 디자인업
기술서비스 산업	기술서비스, 과학 및 기술 서비스, 기타 전문, 과학, 기술 서비스업
기타서비스 산업	영화 및 방송업



서용운

서울대학교 산업공학과 학사  
 서울대학교 산업공학과 석사  
 현재 : 서울대학교 산업공학과 박사과정  
 관심분야 : 서비스 공학, 서비스 산업 분석,  
 서비스 시스템 설계



김문수

서울대학교 산업공학과 공학박사  
 ETRI, 기술전략연구본부, 선임연구원  
 강릉대 산업시스템공학과 조교수  
 현재 : 한국외국어대학교 산업경영공학과 교수  
 관심분야 : 기술경영전략, 정보통신서비스경영,  
 네트워크경제